

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇİNKO-ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ KOROZYON
DAVRANIŞINA ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ETKİSİNİN
YAPAY SİNİR AĞIYLA TAHMİNİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Maden Müh. Hüseyin GÜLER

Enstitü Anabilim Dalı : METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Eşref AVCI

Mayıs 2007

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇİNKO-ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ KOROZYON
DAVRANIŞINA ALAŞIM ELEMENTLERİNİN
ETKİSİNİN YAPAY SİNİR AĞIYLA TAHMİNİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Maden Müh. Hüseyin GÜLER

Enstitü Anabilim Dalı : METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 08 / 05 / 2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirligi ile kabul edilmiştir.

**Prof.Dr. Eşref AVCI
Jüri Başkanı**

**Prof.Dr. Cuma BİNDAL
Üye**

**Doç.Dr. Fevzullah TEMURTAŞ
Üye**

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xxviii
SUMMARY.....	xxix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
KOROZYON.....	4
2.1. Korozyon Reaksiyonları.....	6
2.2. Korozyona Etki Eden Parametreler.....	6
2.2.1. Ortamın etkisi.....	6
2.2.2. Sıcaklığın etkisi.....	7
2.2.3. Malzeme seçiminin etkisi.....	7
2.2.4. Taneler arası özellik farkları.....	8
2.2.5. Sistem dizaynı.....	8
2.2.6. Sistemin bulunduğu ortamın oksijen konsantrasyonu.....	8
2.2.7. Zemin elektriksel özgül direncinin etkisi.....	8
2.3. Korozyon Tipleri.....	9
2.3.1. Uniform (homojen) korozyon.....	9
2.3.2. Galvanik korozyon.....	9
2.3.3. Çatlak korozyonu.....	10

2.3.4. Oyuklu korozyon.....	10
2.3.5. Tanelerarası korozyon.....	11
2.3.7. Seçimli korozyon.....	11
2.3.8. Erozyon korozyonu.....	12
2.3.9. Biyolojik korozyon.....	13
2.3.10. Kaçak akım korozyonu.....	14
2.3.11. Kaplama Bozukluğu korozyon.....	14
2.3.12. Gerilmeli korozyonu.....	14
2.3.13. Aralık korozyonu.....	15
2.4. Korozyondan Korunma Yöntemleri.....	15
2.4.1. Uygun malzeme seçimi.....	15
2.4.2. Kaplamalar.....	15
2.4.3. Doğru tasarım.....	16
2.4.4. Katodik koruma.....	16
BÖLÜM 3.	
ÇİNKO ALÜMİNYUM ALAŞIMLAR	18
3.1. Zn-Al Alaşımlarının Gelişimi.....	18
3.2. Kullanım Alanları.....	21
3.3. Zn-Al Alaşımlarının Avantajları.....	22
3.4. ZnAl Alaşımının Fiziksel Özellikleri.....	23
3.5. Zn-Al Alaşımlarının Mekanik Özellikleri.....	24
3.6. Çinko-Alüminyum Alaşımlarının Aşınma Özellikleri.....	26
3.7. Çinko-Alüminyum Alaşımlarının Sürünme Özellikleri.....	27
BÖLÜM 4.	
YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA).....	29
4.1. Yapay Sinir Ağlarının Tanımı.....	29
4.2. Yapay Sinir Ağlarının Tarihçesi.....	31
4.3. Biyolojik Sinir Hücreleri ve YSA.....	32
4.4. Aktivasyon Fonksiyonları.....	36
4.5. YSA'nın Temel Özellikleri.....	38

4.6. YSA ile Hesaplamanın Özellikleri.....	39
4.6.1. Doğrusal olmama.....	39
4.6.2. Öğrenme	39
4.6.3. Genelleme.....	40
4.6.4. Uyarlanabilirlik.....	40
4.6.5. Dağıtılmış birleşik hafıza.....	40
4.6.6. Hata tolerans.....	41
4.6.7. Paralel işlem yapma.....	41
4.7. Yapay Sinir Ağı Modelleri.....	41
4.8. Çok Katmanlı Ağlar.....	44
4.8.1. Çok katmanlı ağın eğitilmesi.....	45
4.8.2. Çok katmanlı ağın çalışma prosedürü.....	48
4.9. Yapay Sinir Ağlarının Yapıları.....	49
4.9.1. İleri beslemeli sinir ağ yapıları.....	49
4.9.2. Hatayı geriye yayma algoritması.....	51
4.10. Geri Yayınım ve Diğer Sezgisel Algoritmalar.....	51
4.10.1. Adaptif öğrenme katsayısı.....	52
4.10.2. Newton metodu.....	53
4.10.3. Gauss-Newton metodu.....	53
4.10.4. Levenberg-Marquardt algoritması.....	55
4.10.5. Esnek yayılım (Resilient Propagation) algoritması.....	57
4.10.6. Eşleştirmeli eğim (Conjugate-Gradient) algoritmaları.....	58
4.10.7. Quasi-Newton algoritmaları.....	62
4.10.7.1. BFGS algoritması.....	62
4.10.7.2. One Step Secant (OSS) algoritması.....	63
4.10.8. Gradient descent variable learning rate (GDX) algoritması.....	63

BÖLÜM 5.

YAPAY SİNİR AĞI ÇALIŞMALARI.....	65
5.1. Problemin tanımlanması.....	65
5.2. Öğrenme Kümesinin Oluşturulması.....	69

5.3. Yapay Sinir Ağı Eğitimi.....	70
BÖLÜM 6	
YAPAY SİNİR AĞI ÇALIŞMALARININ ANALİZİ.....	77
6.1. B Grubu Alaşımların Yapay Sinir Ağı Sonuçları.....	77
6.1.1. B1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	78
6.1.2. B1 kodlu Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	80
6.1.3. B1 kodlu Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	82
6.1.4. B5 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	84
6.1.5. B5 kodlu Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	86
6.1.6. B5 kodlu Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	88
6.1.7. B11 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	90
6.1.8. B11 kodlu Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	92
6.1.9. B11 kodlu Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	94
6.2. C Grubu Alaşımların Yapay Sinir Ağı Sonuçları.....	96
6.2.1. C1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	96
6.2.2. C1 kodlu Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	98
6.2.3. C1 kodlu Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	100
6.2.4. C6 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	102

6.2.5. C6 kodlu Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	104
6.2.6. C6 kodlu Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	106
6.2.7. C9 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	108
6.2.8. C9 kodlu Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	110
6.2.9. C9 kodlu Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	112
6.3. D grubu alaşımların yapay sinir ağı sonuçları.....	114
6.3.1. D2 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	115
6.3.2. D2 kodlu Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	117
6.3.3. D2 kodlu Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	118
6.3.4. D5 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	120
6.3.5. D5 kodlu Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	122
6.3.6. D5 kodlu Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	124
6.3.7. D7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	126
6.3.8. D7 kodlu Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	128
6.3.9. D7 kodlu Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	130
6.4. E grubu alaşımların yapay sinir ağı sonuçları.....	132
6.4.1. E1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	133

6.4.2. E1 kodlu Zn-Al alaşımının H_2SO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	135
6.4.3. E1 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	137
6.4.4. E7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	139
6.4.5. E7 kodlu Zn-Al alaşımının H_2SO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	141
6.4.6. E7 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	143
6.4.7. E10 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki Korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	145
6.4.8. E10 kodlu Zn-Al alaşımının H_2SO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	147
6.4.9. E10 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	149
6.5. T Grubu Alaşımların Yapay Sinir Ağı Sonuçları.....	151
6.5.1. T1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	151
6.5.2. T1 kodlu Zn-Al alaşımının H_2SO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	153
6.5.3. T1 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	155
6.5.4. T4 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	157
6.5.5. T4 kodlu Zn-Al alaşımının H_2SO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	159
6.5.6. T4 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	161
6.5.7. T7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	163

6.5.8. T7 kodlu Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	165
6.5.9. T7 kodlu Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları.....	167
BÖLÜM 7.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	170
KAYNAKLAR.....	173
EKLER.....	179
ÖZGEÇMİŞ.....	215

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

λ	: Yapay sinir ağında ölçekleme katsayısı
η	: Yapay sinir ağında öğrenme katsayısı
n	: Yapay sinir ağında geçiş fonksiyonu
α	: Momentum katsayısı
α_k	: Yapay sinir ağında karesel hata
$J(w)$: Ortalama karesel hata
$E(W,n)$: Toplam karesel hata
X	: Yapay sinir ağı girişi
Y	: Yapay sinir ağı çıkışı
ILZRO	: International Lead Zinc Research Organization (Uluslararası çinko-alüminyum alaşımları araştırma merkezi)
GYA	: Geri yayılım algoritması
NRC	: Norando Research Center (Norando Araştırma Merkezi)
MLP	:
YSA	: Yapay sinir ağı
ZA	: Çinko-Alüminyum alaşım
ZAMAK	: Çinko-Alüminyum alaşım

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4.1. Bir sinir hücreli YSA modeli.....	30
Şekil 4.2. Biyolojik sinir hücresinin yapısı.....	33
Şekil 4.3. Sinir sisteminde bilgi akışı.....	35
Şekil 4.4. Yapay sinir modeli.....	36
Şekil 4.5. Lineer transfer fonksiyonu.....	37
Şekil 4.6. Sigmoid transfer fonksiyonu.....	37
Şekil 4.7. Tan-sigmoid transfer fonksiyonu.....	38
Şekil 4.8. Çok katmanlı ağ yapısı.....	44
Şekil 4.9. Üç katmanlı yapay sinir ağı.....	46
Şekil 5.1. B grubu Çinko-Alüminyum alaşımların yapay sinir ağı modeli.....	66
Şekil 5.2. C grubu Çinko-Alüminyum alaşımların yapay sinir ağı modeli.....	66
Şekil 5.3. D grubu Çinko-Alüminyum alaşımların yapay sinir ağı modeli.....	67
Şekil 5.4. E grubu Çinko-Alüminyum alaşımların yapay sinir ağı modeli.....	67
Şekil 5.5. T grubu Çinko-Alüminyum alaşımların yapay sinir ağı modeli.....	68
Şekil 5.6. Matlab 7.0'in sorgu ekranı.....	71
Şekil 5.7. Matlab 7.0 editör görüntüsü.....	71
Şekil 5.8. B grubu Zn-Al alaşımlarının YSA'daki gizli (ara) katmanında 10 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında eğitim ve test hata oranlarının karşılaştırılması.....	74
Şekil 5.9. B grubu Zn-Al alaşımlarının YSA'daki gizli (ara) katmanında 10 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında eğitim ve test hata oranlarının karşılaştırılması.....	74

Şekil 6.1. B1 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	79
Şekil 6.2. B1 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	81
Şekil 6.3. B1 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	83
Şekil 6.4. B5 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	85
Şekil 6.5. B5 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	87
Şekil 6.6. B5 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	89
Şekil 6.7. B11 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	91
Şekil 6.8. B11 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	93
Şekil 6.9. B11 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	95
Şekil 6.10. C1 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	97

Şekil 6.11. C1 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	99
Şekil 6.12. C1 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	101
Şekil 6.13. C6 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	103
Şekil 6.14. C6 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	105
Şekil 6.15. C6 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	107
Şekil 6.16. C9 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonunun yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	109
Şekil 6.17. C9 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	111
Şekil 6.18. C9 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	113
Şekil 6.19. D2 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	116
Şekil 6.20. D2 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	118

Şekil 6.21. D2 Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	119
Şekil 6.22. D5 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	121
Şekil 6.23. D5 Zn-Al alaşımının H_2SO_4 asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	123
Şekil 6.24. D5 Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	125
Şekil 6.25. D7 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	127
Şekil 6.26. D7 Zn-Al alaşımının H_2SO_4 asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	129
Şekil 6.27. D7 Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	131
Şekil 6.28. E1 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	134
Şekil 6.29. E1 Zn-Al alaşımının H_2SO_4 asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	136
Şekil 6.30. E1 Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	138

Şekil 6.31. E7 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	140
Şekil 6.32. E7 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	142
Şekil 6.33. E7 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	144
Şekil 6.34. E10 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	146
Şekil 6.35. E10 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	148
Şekil 6.36. E10 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	150
Şekil 6.37. T1 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	152
Şekil 6.38. T1 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	154
Şekil 6.39. T1 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	156
Şekil 6.40. T4 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	158

Şekil 6.41. T4 Zn-Al alaşımının H_2SO_4 asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	160
Şekil 6.42. T4 Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	162
Şekil 6.43. T7 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	164
Şekil 6.44. T7 Zn-Al alaşımının H_2SO_4 asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	166
Şekil 6.45. T7 Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi.....	168

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Demir metalinin anodik ve katodik reaksiyonları.....	6
Tablo 2.2. Galvanik çiftle korozyon davranışı.....	10
Tablo 3.1. Çeşitli Zn - Al alaşımları, Al alaşımı ve Cosmol Z alaşımlarının bileşimleri.....	21
Tablo 3.2. ZA alaşımların ve bazı konvensiyonel malzemelerin fiziksel özellikleri.....	24
Tablo 3.3. Çeşitli ZA alaşımlarının mekanik özellikleri ve bileşimi.....	25
Tablo 5.1. Korozyon numunelerinin kimyasal bileşenleri.....	68
Tablo 5.2. Sayısal olmayan değerlerin sayısallaştırılması.....	69
Tablo 6.1. B1 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağına altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	78
Tablo 6.2. B1 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	79
Tablo 6.3. B1 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağına altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	80
Tablo 6.4. B1 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	81
Tablo 6.5. B1 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağına altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	82
Tablo 6.6. B1 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	83

Tablo 6.7. B5 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	84
Tablo 6.8. B5 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	85
Tablo 6.9. B5 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	86
Tablo 6.10. B5 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	87
Tablo 6.11. B5 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	88
Tablo 6.12. B5 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	89
Tablo 6.13. B11 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	90
Tablo 6.14. B11 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	91
Tablo 6.15. B11 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	92
Tablo 6.16. B11 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	93

Tablo 6.17. B11 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	94
Tablo 6.18. B11 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	95
Tablo 6.19. C1 Zn-Al alaşımının HCl asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	97
Tablo 6.20. C1 Zn-Al alaşımının HCl asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	98
Tablo 6.21. C1 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	99
Tablo 6.22. C1 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	100
Tablo 6.23. C1 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	101
Tablo 6.24. C1 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	102
Tablo 6.25. C6 Zn-Al alaşımının HCl asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	103
Tablo 6.26. C6 Zn-Al alaşımının HCl asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	104

Tablo 6.27. C6 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	105
Tablo 6.28. C6 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	106
Tablo 6.29. C6 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	107
Tablo 6.30. C6 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	108
Tablo 6.31. C9 Zn-Al alaşımının HCl asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	109
Tablo 6.32. C9 Zn-Al alaşımının HCl asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	110
Tablo 6.33. C9 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	111
Tablo 6.34. C9 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	112
Tablo 6.35. C9 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	113
Tablo 6.36. C9 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	114

Tablo 6.37. D2 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	115
Tablo 6.38. D2 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	116
Tablo 6.39. D2 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	117
Tablo 6.40. D2 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	118
Tablo 6.41. D2 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	119
Tablo 6.42. D2 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	120
Tablo 6.43. D5 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	121
Tablo 6.44. D5 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	122
Tablo 6.45. D5 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	123
Tablo 6.46. D5 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	124

Tablo 6.47. D5 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	125
Tablo 6.48. D5 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	126
Tablo 6.49. D7 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	127
Tablo 6.50. D7 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	128
Tablo 6.51. D7 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	129
Tablo 6.52. D7 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	130
Tablo 6.53. D7 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	131
Tablo 6.54. D7 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	132
Tablo 6.55. E1 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	133
Tablo 6.56. E1 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	134

Tablo 6.57. E1 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	135
Tablo 6.58. E1 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	136
Tablo 6.59. E1 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	137
Tablo 6.60. E1 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	138
Tablo 6.61. E7 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	139
Tablo 6.62. E7 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	140
Tablo 6.63. E7 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	141
Tablo 6.64. E7 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	142
Tablo 6.65. E7 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	143
Tablo 6.66. E7 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	144

Tablo 6.67. E10 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	145
Tablo 6.68. E10 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	146
Tablo 6.69. E10 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	147
Tablo 6.70. E10 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	148
Tablo 6.71. E10 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	149
Tablo 6.72. E10 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	150
Tablo 6.73. T1 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	152
Tablo 6.74. T1 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	153
Tablo 6.75. T1 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	154
Tablo 6.76. T1 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	155

Tablo 6.77. T1 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	156
Tablo 6.78. T1 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	157
Tablo 6.79. T14 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	158
Tablo 6.80. T4 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	159
Tablo 6.81. T4 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	160
Tablo 6.82. T4 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	161
Tablo 6.83. T4 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	162
Tablo 6.84. T4 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	163
Tablo 6.85. T7 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	164
Tablo 6.86. T7 Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	165

Tablo 6.87. T7 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	166
Tablo 6.88. T7 Zn-Al alaşımının H ₂ SO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	167
Tablo 6.89. T7 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri.....	168
Tablo 6.90. T7 Zn-Al alaşımının H ₃ PO ₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 45 sinir hücreli SCG algoritmasına göre tahmini değerleri.....	169
Tablo 7.1. Yapay sinir ağı modellemelerinde en Zn-Al alaşım gruplarına göre en iyi tahminleri veren algoritmaların % ortalama sapma miktarları.....	170
Tablo 7.2. Yapay sinir ağı modellemelerinde deney sonuçları tahminindeki % ortalama sapma miktarları.....	171
Tablo A.1. B1 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı.....	179
Tablo A.2. B5 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı.....	179
Tablo A.3. B11 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı.....	180
Tablo A.4. C1 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı.....	180
Tablo A.5. C6 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı.....	181
Tablo A.6. C9 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı.....	181
Tablo A.7. D2 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı.....	182
Tablo A.8. D5 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı.....	182
Tablo A.9. D7 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı.....	183
Tablo A.10. E1 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı.....	183
Tablo A.11. E7 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı.....	184
Tablo A.12. E10 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı.....	184
Tablo A.13. T1 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı.....	185
Tablo A.14. T4 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı.....	185
Tablo A.15. T7 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı.....	186

Tablo B.1. B grubu Zn-Al alaşımların öğretiminde kullanılan sayısal değerler.....	187
Tablo B.2. C grubu Zn-Al alaşımların öğretiminde kullanılan sayısal değerler.....	189
Tablo B.3. D grubu Zn-Al alaşımların öğretiminde kullanılan sayısal değerler.....	191
Tablo B.4. E grubu Zn-Al alaşımların öğretiminde kullanılan sayısal değerler.....	193
Tablo B.5. T grubu Zn-Al alaşımların öğretiminde kullanılan sayısal değerler.....	195
Tablo C.1. B grubu Zn-Al alaşımların eğitim kümesi.....	197
Tablo C.2. C grubu Zn-Al alaşımların eğitim kümesi.....	199
Tablo C.3. D grubu Zn-Al alaşımların eğitim kümesi.....	201
Tablo C.4. E grubu Zn-Al alaşımların eğitim kümesi.....	203
Tablo C.5. T grubu Zn-Al alaşımların eğitim kümesi.....	205
Tablo D.1. B grubu Zn-Al alaşımların test kümesi.....	207
Tablo D.2. C grubu Zn-Al alaşımların test kümesi.....	207
Tablo D.3. D grubu Zn-Al alaşımların test kümesi.....	208
Tablo D.4. E grubu Zn-Al alaşımların test kümesi.....	208
Tablo D.5. T grubu Zn-Al alaşımların test kümesi.....	209
Tablo E.1. B grubu Zn-Al alaşımların en uygun sinir hücreci sayısının tayininde kullanılan değerler.....	210
Tablo E.2. C grubu Zn-Al alaşımların en uygun sinir hücreci sayısının tayininde kullanılan değerler.....	211
Tablo E.3. D grubu Zn-Al alaşımların en uygun sinir hücreci sayısının tayininde kullanılan değerler.....	212
Tablo E.4. E grubu Zn-Al alaşımların en uygun sinir hücreci sayısının tayininde kullanılan değerler.....	213
Tablo E.5. T grubu Zn-Al alaşımların en uygun sinir hücreci sayısının tayininde kullanılan değerler.....	214

ÖZET

Anahtar Kelimeler: yapay sinir ağı, çinko-alüminyum alaşımlar, korozyon

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki ilerlemelere bağlı olarak insan gibi düşünen ve davranan sistemler geliştirilmiştir. Yapay sinir ağlarında, insan beyninin çalışma yapısı ele alınmış ve sinir hücrelerinin bağlantıları gibi birbirlerine bağlı birimler olarak modellenmiştir. Bu sistemin her birimi basitleştirilmiş bir sinir hücresinin özelliklerini taşır. Yapay sinir ağında bulunan bağlantılar, katmanlar ve düğüm sayılarının çok fazla sayıda olması tasarlanan sistemin karmaşıklığını belirlemektedir.

Bu çalışmada, çinko alüminyum alaşımlarının korozyonu sonucu meydana gelen ağırlık kaybı değişimlerinin zaman periyotlarında tahmini değerlerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Deneysel sayı arttıkça maliyet artmakta ve zaman kaybı meydana gelmektedir. Bundan dolayı, deneylerden elde edilen sonuç değerlerine göre yapay sinir ağları tasarlanmıştır. Yapay sinir ağlarında standart ve yüksek performanslı geri yayılım algoritmaları kullanılarak çinko-alüminyum alaşımların korozyon deney sonuçları tahmin edilmiştir.

Sonuç olarak, çinko alüminyum alaşımlarının istenen zaman periyotlarında, malzemenin birim alanında meydana gelen ağırlık kayıplarının tahmini mümkün olmuştur.

Kullanılan veri grupları arasında oldukça fazla farklılıklar olmasına rağmen beş değişik Zn-Al alaşım grubunun eğitiminde kullanılan 6 farklı YSA eğitim algoritmalarının tahminindeki ortalama sapma % 5'in altında bulunmuştur. Herbir Zn-Al alaşım grubundaki en iyi sonucu veren algoritmadaki ortalama sapma ise % 3'ün altındadır.

Yapay sinir ağları, hesaplamalara tamamen farklı bir yaklaşım getirmektedir. Belirli bir problemi çözmek için programlama yerine direkt olarak mevcut örnekleri kullanır. Metalurji ve Malzeme Mühendisliği de diğer mühendislikler gibi uygulamalı bir bilimdir. Bu nedenle Metalurji ve Malzeme Mühendisliğinin birçok konu da yapay sinir ağından yararlanılabilir.

PREDICTION OF ELEMENTS ON CORROSION BEHAVIOR OF ZINC-ALUMINUM ALLOYS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

SUMMARY

Key words: artificial neural network, zinc-aluminum alloys, corrosion

Depending on the progress in information and communication technologies, systems have been developed to simulate like human behavior. In neural network, human brain work structure has been considered and modeled as connected units like neurons. Each unit of this system carried out the characteristics of a simplified nerve cell. The complexity of such a system is specified by the number of connections, layers, and nodes within the neural-network.

In this study, it is aimed to obtain the predicted values of weight-loss changes in time periods occurred as a result of corrosion of zinc-aluminum alloys. Therefore, a neural network were designed according to the result values obtained from experiments. With using standard and high performance backpropagation calculation algorithm in neural network, experimental results in corrosion behavior of zinc-aluminum alloys were predicted.

Consequently, it has become possible to predict the weight-loss occurs on the unit area of the material (Zinc-Aluminum alloy) in determined time-periods.

In spite of pretty much differences between used data groups, average deviation of six different ANN training algorithm estimation which were used in five different Zn-Al alloy group training was found under %5. Average deviation in algorithm which gives best result in Zn-Al alloy groups were under %3.

Neural networks brings entirely different approach to calculations. It uses current samples instead of programming to solve a specific problem. Metallurgical and Materials Engineering is an practical science as the other engineering sciences. Hence several subjects of Metallurgical and Materials Engineering utilize neural network.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Teknolojideki hızlı gelişim insan hayatını önemli ölçüde etkilemektedir. Son yıllarda bilgi ve iletişim teknolojilerindeki yazılım ve donanım alanında çok hızlı gelişmeler yaşanmaktadır. Bilgisayar kullanımı yaygınlaşmaya başlamış ve ortaya çıkan yeni yazılımlar daha yeni donanımlara ihtiyaç duyulması ile yeni ürünlere olan talebi arttırmıştır.

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki hızlı değişimin sonucunda, insanların yaptığı çalışmaları kolaylaştırmak için, insanı model alan sistemler geliştirmiştir. Yapay zeka olarak adlandırılan bu alan insan beyninin çalışma yapısının modellenmesine yöneliktir. Bundan dolayı nöroloji, psikoloji ve mühendislik disiplinlerinde detaylı olarak yapay zeka çalışmaları yapılmaktadır.

Yapay zeka, insan beyninin çalışma yapısını destekleyen farklı alanları bulunmaktadır. Yapay sinir ağları, bulanık mantık v.b çalışmalar bu alanlara örnek olarak verilebilir. Yapay zekayla, insanın düşünme yapısının anlaşılması ve bilgisayar işlemlerine dönüştürülmesi amaçlanmıştır.

Yapay zeka çalışmalarında, insan beyninin duyu organları ile alınan verilerin algılanması, görmesi, düşünmesi ve karar vermesi gibi sadece insana özgü davranışları modellenmiştir. Yapay sinir ağlarında insan beyninin çalışma yapısı incelenmiş, beynin fizyolojik yapısı dikkate alınarak bilgi işleme modeli geliştirilmiştir. İnsan beyninin hızlı düşünme, hatırlama ve problem çözme gibi yetenekleri bilgisayar ortamına aktarılmaya çalışılmıştır. Bu çalışmalarda beynin fonksiyonları kısmen yerine getirilmiş ve birçok model geliştirilmiştir [1-4].

Yapay sinir ağlarının, hesaplama, bilgiyi hızlı işlemesini ve paralel dağıtım yapısını öğrenebilme yeteneğinden alındığı söylenebilir. Eğitim ve öğrenme süreci içerisinde

yapay sinir ağlarının uygun tepkileri üretebilmesi genelleme olarak adlandırılır. Bu özellikleri nedeniyle, karmaşık problemleri çözme yeteneği oldukça fazladır.

Yapay sinir ağları, insan hayatının her alanında örnekleri görülen bir modeldir. Günümüzde yapılan uygulamalar sınıflandırma, tahmin etme, tanıma, yorumlama alanlarında yapılmıştır. Değişik alanlarda disiplinler arası kullanılmıştır. Ekonomide yatırım planlaması, imalat ortamında proses kontrolü ve makinelerin izlenmesi, pazarlama, mühendislik, tıp, ..., vb. alanların tümünde farklı uygulama örnekleri ile karşılaşabilmek mümkündür. Yapay sinir ağlarının endüstriyel uygulamalarda yoğun olarak kullanıldığı görülmüştür.

Yapay sinir ağları öğretme stratejisine göre çalışır. Bu ağlara eğitim sırasında hem girdi hem de çıktı verileri gösterilir. Ağın temel görevi, girdiye karşılık gelen çıktının üretilmesini sağlamaktır. Ağın öğrenebilmesi için eğitim kümesi adı verilen bir kümeye ihtiyacı vardır. Bu küme içerisinde hem girdiler hem de öğrenme sonucundaki çıktıları belirlenir.

Literatürde çok çeşitli sayıda yapay sinir ağı modeli rapor edilmektedir. Bunların her birinin diğerine göre farklı problemlerde avantaj veya dezavantajları mevcuttur. Geri yayılma sinir ağları en çok kullanılan ağ tipini oluşturmaktadır [5-7].

YSA'ları malzeme bilimi, seramikler ve kompozitlerin modellenmesinde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır [8-13]. Çeşitli kaplama, çinko, çelik vb. malzemelerde meydana gelen atmosferik korozyonun veya bu malzemelere gerilim uygulanarak oluşturulan gerilmeli korozyonun YSA'da korozyon miktarları tahmin edilmeye çalışılmıştır [14-18]. Bu çalışma ise 0,5 mollük HCl, H₂SO₄ ve H₃PO₄ asit çözeltileri kullanılarak Zn-Al alaşımlarda meydana gelen korozyonun tahminine yöneliktir.

Korozyon deneylerini istenen sürelerde yaparak, birim alanda meydana gelen ağırlık kaybı veya korozyona etki eden diğer faktörlerin korozyona etkilerini incelemek mümkündür. Bu deneyleri çok fazla miktarda yapmak, çalışmanın maliyetini arttırmakta ve uzun zaman almaktadır. Bu nedenle, yapay sinir ağı kullanılarak belirli

miktarda yapılan deneyler sonucunda, korozyona etki eden faktörlerin etkilerini tahmin etmek mümkündür [8].

Bu araştırmanın konusu Elif OKTAY'ın çeşitli asit çözeltileri içerisinde yapmış olduğu korozyon çalışmalarını [19] daha önceki korozyon tahmini çalışmaları dikkate alınarak geri yayımlı sinir ağları ile Zn-Al alaşımların tahminine yöneliktir. YSA geri yayımlı sinir ağlarını eğitiminde Matlap 7.0 programının Neural Network Toolbox'ı kullanılmıştır.

Geriye doğru hesaplama yönteminde eğitim algoritmaları pratik problemlerin çözümünde oldukça yavaştır ve uzun zaman alır. Bundan dolayı, hesaplamanın hızlı yapılabilmesi amacıyla yüksek performanslı eğitim algoritmaları geliştirilmiştir. Geliştirilen bu eğitim algoritmaları sezgisel ve optimizasyon olarak iki sınıfa ayrılmıştır. Bu algoritmaların kullanımı, hesaplama kolaylığına ve eğitim kümesinin hızlı öğrenmesine olanak sağlamıştır. Optimizasyon modellerinde sayısal optimizasyon modelleri ve temel optimizasyon teknikleri kullanılır[6,7]. Bu çalışmada eğitim algoritmalarından hem sezgisel hem de optimizasyon teknikleri birlikte kullanılmış ve tasarlanan yapay sinir ağının eğitiminde yüksek performanslı eğitim algoritmalarından RP sezgisel algoritması LM, SCG, CGP, OSS ve GDX sayısal optimizasyon algoritmaları seçilmiştir.

Çinko-Alüminyum alaşımlarının korozyonunda önceki yakınsama ile ilgili yapay zeka çalışmaları dikkate alınarak [20-26], miktarsal sınıflandırma ve zaman serileri analiz problemleri için genelleme, tahmin yetenekleri ve diğer yapay zeka yöntemlerine göre daha hızlı sonuca ulaşmalarından dolayı, uygun yöntemin yapay sinir ağı olduğu belirlenmiştir. Deneysel sonuçların analizi ve farklı zaman periyotlarında malzemelerdeki korozyona bağlı ağırlık kaybının belirlenmesinde yapay sinir ağı modeli tasarlanmıştır. Böylece belirli bir sürede ağırlık kaybının tahmini değerleri elde edilmiştir.

BÖLÜM 2. KOROZYON

Korozyonun çok çeşitli tanımları mevcuttur. Malzemelerin zaman içerisinde buldukları ortamın etkisiyle tahribata uğraması korozyon olarak tanımlanır. Fiziksel nedenlerle meydana gelen bozulmaya korozyon denmez, buna erozyon veya aşınma denebilir [27-33]. Korozyon en genel anlamda malzemelerin çevre etkisi ile bozularak kullanılamaz hale gelmesidir. Demir ve çeliğin büyük bir kısmı her yıl korozyon sonucu kaybedilmekte veya kullanılamaz hale gelmektedir. Korozyon sonucu kaybedilen metal, kendi maliyetinin çok üstünde ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Diğer taraftan korozyon kayıpları yalnız demir ve çelik endüstrisini değil, yapılmakta olan bütün yatırımların verimini etkilemekte ve ülke ekonomisini ilgilendiren bir konu olmaktadır [19,33].

Korozyon aslında metallerin tabii hallerine dönüş gayretinden başka bir şey değildir. Bilindiği gibi teknolojik öneme sahip metallerin hemen hemen tamamı tabiatta bileşik halinde bulunur. Bu yüzden bu bileşiklerden üretilen metal ve alaşımların tekrar kararlı halleri olan bileşik haline dönme eğilimleri vardır. Bu eğilimin sonucunda metaller, içinde buldukları ortamın elementleri ile reaksiyona girerek önce iyon sonrada bileşik hale geçerler [31].

Korozyonun en fazla görüldüğü malzeme türü ise elektrokimyasal reaksiyonlara eğilimlerinin yüksek olmasından dolayı metallerdir. Metallerin korozyona uğrama oranları oksijene olan affinitesi ile ilgilidir. Serbest halde kararlı olan (Titanyum vb.) metallerin korozyon dayanımları daha yüksek iken oksijen ilgisi nispeten daha fazla olan (demir vb.) metaller daha kolay oksitlenme eğilimindedir. Metallerin korozyona uğramaları için ana kıstas oksijen ilgileriyken, bunun yanı sıra birçok yan etken de mevcuttur. Mesela alüminyum oksitlenmesi sonucu korozyon direnci yüksek bir malzeme halini alır. Şöyle ki alüminyumun dış yüzeyi çok hızlı oksitlenir ve yüzeyi tamamen oksitlendikten sonra oksitlenme durur ve daha alt yüzeylerin oksitlenmesi engellenir. Yani yüzey oksitlenmeye karşı alüminyum oksitle kaplanmış olur. Halk

arasında demirin korozyonuna paslanma adı verilir. Pas $Fe(OH)_2$ formüllü bir korozyon ürünüdür [28-32].

Metallerin korozyonları içerisinde en önemli ve tehlikeli boyutta olanı demirin korozyonudur. Üretim kolaylıkları ve düşük maliyet birçok yerde çelik ve demir kullanımını yaygınlaştırmıştır. Özellikle boru hatlarında ve tanklarda metal yüzeyi korozyona karşı korunma amaçlı kaplanmaktadır. Ancak bu kaplamanın herhangi bir noktasında oluşabilecek muhtemel tahribat neticesinde belirli bir noktadan başlayarak çok hızlı bir şekilde korozyon olayı başlar ve devam eder.

Amerika Birleşik Devletlerinde ekonomist ve korozyon uzmanlarından oluşan birbirinden bağımsız iki ayrı grup (Batelle Columbus Laboratories ve NBS) korozyon konusunda çalışmalar yapmış, girdi-çıkı yöntemi ile ve 1975 yılı fiyatları temel alınarak yapılan bu çalışmada konu üç ayrı yönden ele alınmıştır. Birincisi, mevcut olan korozyon gerçek koşullar içinde ne derece azaltılabilir? İkincisi, eğer korozyon meydana gelmeseydi ve biz en ucuz malzemeyi kullansaydık maliyet ne olurdu? Üçüncüsü, herkes korozyon uzmanı olsaydı korozyon kayıpları ne kadar azaltılabilirdi? Elbette ne ikinci ne de üçüncü varsayımların gerçekleşmesi söz konusu değildir [28].

Batelle Columbus Laboratories tarafından yapılan araştırmada toplam korozyon kayıpları 82 milyar dolar (gayri safi milli hasılanın % 4,9'u) bulunmuştur. Aynı sonuç NBS tarafından 70 milyar dolar (Amerika Birleşik Devletleri gayri safi milli hasılanın % 4.2'si) olarak bulunmuştur. Her iki çalışmada hata payı \pm % 30 olarak verilmiştir. Bu korozyonun yaklaşık % 15'i (% 10'dan % 45'e varan bir kısmı) önlenabilir niteliktedir. Önlenabilir korozyon kayıpları üzerinde yapılan hatalar, toplam korozyon kayıpları üzerinde yapılan hatalardan daha büyüktür. Bunun başlıca nedeni otomobillerde korozyonun ne derece önlenebileceğinin net olarak belirlenememesinden kaynaklanmaktadır. Önlenilen nitelikteki korozyon kaybı konusunda yukarıdaki iki araştırma kuruluşunun tahmini arasında 10 milyar dolar bir fark ortaya çıkmıştır. Bu değer gayri safi milli hasılanın % 0.6'sı kadardır [28].

Gerekli önlemler alınmadığı için her yıl ülkemizde büyük boyutlarda korozyon kayıpları meydana gelmektedir. Atmosfer etkisinde kalan taşıt araçları, köprüler, korkuluklar, direkler, enerji nakil hatları, depolar vb. su ve yeraltı boru hatları, tanklar, iskeleler, gemiler, dubalar, baraj kapakları, borular vb. alet ve ekipmanlar olmak üzere endüstrinin çeşitli dallarında kullanılmakta olan kazanlar, ızgaralar, elektrik makineleri vb. metalik yapılar beklenenden daha kısa süreler içerisinde korozyon nedeni ile kullanılmaz hale gelmektedir [28,32].

2.2. Korozyon Reaksiyonları

Korozyon sırasında anodik (elektron veren, yükseltgenme) reaksiyonlar ile katodik (elektron alan, indirgenme) reaksiyonlar birlikte oluşur [27-33]. Demir metalinin bulunduğu ortamdaki anodik ve katodik reaksiyonlar Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1. Demirin anodik ve katodik reaksiyonları [32]

Anodik Reaksiyon	Fe^0	\rightarrow	$Fe^{+2} + 2e^-$ (İyonlaşma)
Katodik Reaksiyon	$1/2O_2 + H_2O + 2e^- 2H^+ + 2e^-$	\rightarrow	$2(OH)^-H_2$ (Asitli)
Toplam Reaksiyon	$Fe^0 + 1/2O_2 + H_2O$	\rightarrow	$Fe(OH)_2$

2.3. Korozyona Etki Eden Parametreler

2.3.1. Ortamın etkisi

Metallerin korozyona uğrama hızı büyük ölçüde bulunduğu ortamla alakalıdır. İnorganik sulu çözeltilerde malzemelerin korozyona uğraması için ortamın halojen iyonları içermesi gerekmektedir. Bu iyonlar içinde korozyona uğratma bakımından (özellikle oyuklanma) etkisi en belirgin olan Cl iyonlarıdır. Ortamdaki nem miktarı, asidik-bazik durumu, havanın, oksijenin veya suyun ortam tarafından geçirilebilme yeteneği, kaçak akımlar ve çeşitli bakteriler korozyonu başlatıcı ve hızlandırıcı etken olarak karşımıza çıkar [29].

2.3.2. Sıcaklığın etkisi

Ortam sıcaklığı bütün kimyasal reaksiyonların hızını arttırdığı gibi korozyon hızını da arttırmaktadır. Sıcaklığının artması iyon hareketini artırarak korozyon hızını arttırır. Ortam sıcaklığı -50 ila +50 °C arasında değişen toprak, 0 °C donar ve iyon hareket hızı minimuma düşer. Sıcaklığın artmasının oksijen konsantrasyonunu düşürücü ve dolayısıyla korozyon hızını düşürücü etkisi de vardır. Ancak bu etki iyon hareketinin artmasından dolayı olan reaksiyonların yanında oldukça zayıf kalmaktadır [32].

2.3.3. Malzeme seçiminin etkisi

Korozyona sebep olan etkenlerden biri de potansiyel farkı bulunan metallerin birarada kullanılmasıdır. Bu durum korozyonu başlatıcı ve hızlandırıcı bir etkindir. Mesela çok karşılaşılan bir hata, çelik saçtan yapılan panoların üzerine konulan paslanmaz çelik cıvata ve contalardır. Bu parçalar buldukları bölgede galvanik korozyona sebep olmaktadır. Bu tip durumlarda ana yüzeyde cıvatalar ya da contalar plastik cıvatalar ile izole edilmelidir.

Kaplama tabakalarının heterojen yapısı ve kontrol edilmeyen parametreler (sıcaklık, nem ve korozif ortam), kaplama tabakasında gerilmeler meydana getirerek yapışma mukavemetini olumsuz bir şekilde etkiler. Kaplama kalınlığının artmasıyla tabakadaki iç gerilmeler de artar. Seramik kaplamalarda gerilim dağılımı önemlidir ve maksimum gerilim ara yüzeyde meydana gelir. Ara yüzeyden uzaklaştıkça, gerilme gradyanı azalma gösterir [32].

Kaplama kalınlığının artmasıyla tabaka bünyesindeki porozite miktarı artar. Kalınlığı fazla olan kaplamalar ince kaplamalara göre korozif ortamla daha çok temasa geçtiğinden dolayı daha büyük oyuklar oluşur ve tabakanın korozyonu gerçekleşir [31,32].

2.3.4. Taneler arası özellik farkları

Metallerin tane boyutları arasındaki farklar ve iki tanedeki farklı konsantrasyonlar neticesinde iki tanenin sınırı korozyon başlangıcı için uygun bir ortam oluşturur. Çok düşülen bir hata olarak paslanmaz çelik malzemeden imal edilen tanklar ve benzeri yapılardaki kaynak bölgeleri üretici tarafından hiç beklemediği halde korozyona uğramaktadır. Bu korozyonun önüne geçmenin yolu ya benzer metal elektrotla kaynak yapmalı veya önleyici olarak galvanik anotlu katodik koruma sistemi uygulamaktır [32].

2.3.5. Sistem dizaynı

Korozif malzemelerin depolandığı sistemlerde korozif ortamın (su vb.) birikmesini engellemeye yönelik tasarımlar uygulanmalıdır. Ayrıca arasında sıvı birikintisine sebep olabilecek çok ince aralıklardan kaçınılmalıdır [32].

2.3.6. Sistemin bulunduğu ortamın oksijen konsantrasyonu

Aynı tip toprak içerisinde çözülmüş hava konsantrasyonu her yerde aynı olmayabilir. Farklı havalandırma koşullarındaki sistemlerde yan yana duran sistem bir bölgede anot iken hemen yanındaki bölgede katot görevi görerek elektrokimyasal korozyona sebep olabilir [32].

2.3.7. Zemin elektriksel özgül direncinin etkisi

Düşük elektriksel özgül dirençli bölgelerde iletkenliğin yüksek olması iyonik ortamın daha aktif olmasına sebep olmaktadır. Bundan dolayı korozyon mekanizması daha hızlı gelişir [32].

2.4. Korozyon Tipleri

2.4.1. Üniform (homojen dağılımlı) korozyon

Korozyonun en bilinen şeklidir. Bu korozyon kimyasal veya elektrokimyasal bir reaksiyonla karakterize edilir. Metal yüzeyinde eşdeğer şiddette oluşan korozyon türüdür. Korozyon sonucu metal kalınlığı her noktada aynı miktarda azalır. Metal zamanla incelir. Atmosfer ortamında ve herhangi bir dış etkenden etkilenmeyen tamamı aynı cins malzemededen üretilmiş olan metaller homojen korozyona uğrar. Homojen korozyonun yol açtığı metal kaybı, diğer korozyon türlerine göre çok fazladır [28,32].

2.4.2. Galvanik korozyon

Galvanik korozyon aktif metalle kaplama ikilisi arasında meydana gelir. İletken bir ortamda bulunan iki farklı metal arasında genellikle bir potansiyel farkı mevcuttur. Bu metaller birbirine temas ediyorsa veya aralarında akım geçişine müsait bir ortam içinde bulunuyorsa, ikisi arasında elektron akışı meydana gelir. Bu durumda, korozyona karşı direnci daha az olan metalin korozyonu genellikle artarken korozyona karşı direnci daha fazla olan metalin korozyonu azalır. Korozyona direnci az olan metal anot, direnci fazla olan metal ise katot olarak davranır. Katot olarak davranan metal çok az korozyona uğrar [28].

Korozyon olaylarında iyonları ile denge halindeki saf metaller arasındaki galvanik çift nadiren oluşur. Galvanik korozyon etkileri, en çok korozyona uğrayan metalin elektriksel birleşmesi sonucunda meydana gelmektedir. Mühendislik malzemelerinin büyük bir çoğunluğu alaşımlardan meydana geldiği için, galvanik çiftler genellikle alaşımlarda önem kazanmaktadırlar [28].

Tablo 2.2 Galvanik çiftle korozyon davranışı [28]

GALVANİK ÇİFT	KOROZYONA UĞRAYAN
Çelik ve Bakır Yüzey	Çelik
Çıplak ve Bitüm Kaplı Çelik	Çıplak Çelik
Çelik ve Alüminyum	Alüminyum
Çelik ve Kurşun	Çelik
Çıplak ve Galvanizli Çelik	Galvanizli Çelik
Yeni ve Eski Boru	Yeni Boru

2.4.3. Çatlak korozyonu

Çatlak korozyonunun temel mekanizması şöyledir: Çatlak içinde elektrolit akışı çok yavaş olduğundan bu bölgede oksijen konsantrasyonu çevredeki oksijen konsantrasyonuna göre daha azdır. Bu farklılık çatlak içi ile çevre arasında bir konsantrasyon hücrelerinin oluşmasına neden olur. Çatlak içi anot, çevre katot olarak davranır [28,29].

Başlangıçta bu reaksiyonlar hem çatlak içinde hem de dışında aynı hızla meydana gelir. Örneğin demir iyon haline gelirken elektronlarını oksijene verir ve OH^- iyonu oluşturur. Böylece çözeltiye geçen her metal iyonuna karşılık iki hidroksil iyonu oluşur. Bu reaksiyonlar bir süre devam ettikten sonra çatlak içinde bulunan oksijen tükenmeye başlar. Çatlak içi durgun bir ortam olduğundan harcanan oksijen yerine yenilerinin gelmesi mümkün değildir. Oysa çatlak dışındaki yüzeylerde harcanan oksijen yerine yenileri geleceğinden bu bölgelerde korozyon hızında değişme olmaz. Başlangıçta hem çatlak içinde hem de çatlak yüzeyinde anot ve katot bölgeleri oluştuğu halde, çatlak içinde oksijen bitmesinden sonra, dış yüzeylerde oksijen reaksiyonunun, çatlak içinde ise metal çözünme olayı devam eder [28].

2.4.4. Oyuklu korozyon

Korozyonun çok dar bölgeler üzerinde yoğunlaşması sonucu derin ve dar oyuklar şeklinde meydana gelen korozyona oyuklanma korozyonu denir. Bu çukurların derinliği, yaklaşık olarak çapı büyüklüğüdür. Çukurların ağız bölgeleri genellikle

korozyon ürünleri ile doludur. Metal yüzeyinde karıncalanma görünümünde, tehlikeli bir bölgesel hasardır. Oyukların görülebilmesi için genellikle bir başlangıç periyodu gereklidir. Bu süre metalin özelliği ve korozif ortamın özelliğine göre birkaç ay ile birkaç yıl arasında değişebilir. Lakin bir kere başladıktan sonra artan bir hızla metale nüfuz eder [29,32].

Korozyonun sebep olduğu malzeme kaybı diğer homojen korozyonlara göre çok az olmasına rağmen parçalar kısa zamanda delinerek kullanılmaz hale gelirler. Bu bakımdan en tehlikeli korozyon çeşitidir. Oyuklar çekirdeklenme ve ilerleme aşaması olmak üzere 2 aşamada meydana gelir. Oyuğun çekirdeklenmesi için pasif filmin hasara uğraması gerekir. Oyuk çekirdeklendiği zaman ilerlemesi oyuğun tabanında artan asitlik sebebiyle oyuk içindeki metal çözünmesinin artması ile olur [32].

2.4.5. Tanelerarası korozyon

Metal atomları daima geometrik bir düzen içinde kristalleşir. İki veya daha fazla metalden oluşan homojen yapıdaki alaşımlar da belli bir düzen içinde kristalleşir. Bunlara katı çözeltiler denebilir. Heterojen yapıdaki alaşımlarda ise, iki veya daha fazla katı fazlı karışım söz konusudur. Böyle bir alaşımda kristaller homojen bir yapıda değildir. Taneler arası korozyon, korozyon olayının tane sınırları yakınında yoğunlaşması sonucu ortaya çıkar. Bu korozyon çeşidinde ağırlık kaybı çok az olmasına rağmen korozyon hızı tane sınırlarında büyük derecelere ulaşır. Böylece, taneler bütünlük ve şekillerini korurlarken taneler arası bağ bozulur. Taneler arası korozyona, tane sınırları arasındaki safsızlıklar neden olur. Genellikle tane sınırlarında alaşım elementlerinden birinin zenginleşmesi veya fakirleşmesiyle taneler arası korozyon ortaya çıkar. Örneğin, paslanmaz çelikte kaynak yapılan bölgede bu tip taneler arası korozyon olayı meydana gelir [29,32].

2.4.7. Seçimli korozyon

Bir alaşım içerisinde bulunan metallere birinin diğerinden önce korozyona uğramasıdır. %70 Cu + %30 Zn'den oluşan pirinç içinde bulunan Zn kolayca korozyona uğrayabilir. Korozyon sonucu, alaşım yüzeyinde Zn konsantrasyonu

azalır ve normal sarı renk, bakır kırmızısına dönüşür. Çok sık rastlanan bu seçimli korozyon olayına ‘çinko azalması’ adı verilir [32].

Sık rastlanan diğer bir seçimli korozyon olayı da, gri dökme demirde meydana gelen korozyondur. Gri dökme demir içinde % 2-4 oranında karbon bulunur. Dökme demir içinde grafit katot ve demir anot olur. Böylece bir korozyon olayı gerçekleşir. Demir çözünür ve grafit iskelet halinde kalır. Buna grafitleşme denir. Demirlerde karbon serbest halde bulunmadığı için grafitleşme olayı meydana gelmez [28].

2.4.8. Erozyon korozyonu

Özellikle boru sistemlerinde ve limanlarda çok rastlanan bu tür korozyonda metal ile korozif ortam arasındaki bağıl hareket nedeniyle metalin aşınma hızı artar. Akışkan içinde katı partikül bulunması, olayın şiddetini artırır. Korozyon sonucu oluşan küçük bir oyuk türbülans etkisiyle erozyonlu korozyon olayını başlatıcı etken olur. Metal yüzeyinde delikler, oluklar ve hendekler oluşur. Su içinde hareket halindeki birçok yapıda kendini gösterir. Ortamda katı parçacıkların varlığı korozyon hızını daha da artırır. Metal, iyon veya katı korozyon ürünleri şeklinde yüzeyden uzaklaştırılır. Yüzey filmlerin bozulmasıyla da malzeme hızla korozyona uğrar. Bazen ortamın hareketi korozyonu azaltır [30,32].

Korozyon ortamı erozyon korozyonu bakımından çok önemlidir. Ortam gaz, sulu çözelti, organik madde ve sıvı metal şeklinde olabilir. Örneğin, sıcak gazlar hem metali oksitleyebilir, hem de gaz basınçla püskürtülüyorsa koruyucu metal tabakasını tahrip ederek korozyonu hızlandırabilir. Özellikle bir süspansiyondaki katı parçacıklar korozyonu arttırabilir [33].

Hareketli akışkanların bulunduğu ekipmanlarda, örneğin, borular, dirsekler, valfler, pompalar, santrifüjler, pervaneler, karıştırıcılar, ısı değiştiriciler, kondenserler, orifisler, türbin paletleri gibi cihazlarda erozyonlu korozyon söz konusu olabilir. Erozyonlu korozyon olayına etkileyen en önemli faktör, akışkanın akış hızıdır. Akış hızı arttıkça erozyon etkisi de artar [28].

Kavitasyon, erozyonlu korozyon olayının özel bir şeklidir. Kavitasyon korozyonu hızla akan sıvıların malzeme yüzeyine yakın bölümlerinde oluşan alçak basınç kabarcıklarının büyümesi ve patlaması ile meydana gelir. Oluşan şok dalgaları yüzeye çarparak malzeme yüzeyini örten tabakayı tahrip ederler. Açığa çıkan metal çözünerek korozyona uğrar. Bu tür korozyona uğrayan yüzeylerin görünümü kaba ve deliklidir, oyuklar sıktır, yüzeyde petek görünümü oluşur [32].

Akışkan içinde bir gaz veya buhar kabarcığının bulunması halinde, bu basınçlı gaz metal yüzeyi üzerinde bulunan herhangi bir engel nedeniyle patlayarak o bölgede yıpranmaya neden olabilir. Bu olay genellikle hidrolik türbinlerde, gemi pervanelerinde ve pompa paletlerinde ortaya çıkar [29,32].

2.4.9. Biyolojik korozyon

Bazı topraklarda metalleri kimyasal ya da elektrokimyasal olarak etkileyen bakteri ve mikroplar bulunabilir. Bu durum, dökme demirde fark edilen ve genellikle grafitleşme olayı ile açıklanan hızlı korozyonun da başlıca sebeplerindedir. Bakteriler içerisinde en tehlikeli olanı, sülfat indirgeyen bakterilerdir. Bu bakteriler, topraktaki sülfatları indirgeyerek, demir alaşımlarını çok çabuk etkilediği bilinen H_2S 'ı serbest hale geçirirler [32].

Mikrobiyolojik korozyon olayına soğutma suyu sistemlerinde özellikle durgun bölgelerde çok sık rastlanır. Bu tip korozyonu önlemek için, pH derecesinin değiştirilmesi, aralıklı olarak klorlama yapılması veya organometalik kalay bileşiklerini kullanarak mikro canlıların öldürülmesi yoluna gidilir. Ne yazık ki bir çok mikro organizma kendisini öldürmek için kullanılan bileşiklere kısa zamanda adapte olmaktadır. Bu konuda ümit verici bir mücadele şekli de mikro organizmalar için gerekli olan bazı eser elementlerin belirlenerek bunların ortamdan yok edilmesidir. Bu elementlerden en çok bilinenler çinko ve vanadyum metalleri'dir.

Mikro canlıların gelişmesi sonucu asitler ve sülfürler gibi bazı bileşenler ortaya çıkar. Mikroplar doğrudan elektrokimyasal reaksiyonlara da katılırlar. Birçok mikrobun faaliyeti sonucu kükürt oluşur. Hidrojen sülfür bakteriler tarafından

elementel kükürt veya sülfata kadar oksitlenebilir. Bazıları da bunun tersi reaksiyonu gerçekleştirir [28,32].

2.4.10. Kaçak akım korozyonu

Toprak zemin içerisinde tren, tramvay ve metro gibi raylı taşıtların kaçak akımı yeraltı borularında çok şiddetli ve hızlı korozyona sebep olur. Hattın her noktasında toprağa doğru bir akım oluşur ve metal Faraday Kanununa göre korozyona uğrar. Bilhassa raylı taşıttan yayılan kaçak akım negatif kutbun raya bağlandığı nokta civarında borudan tekrar raya döner ve korozyon riski oluşturur [32].

2.4.11. Kaplama bozukluğu korozyonu

Kaplama yapılmış bir metalin potansiyeli ile kaplamasız metalin potansiyeli birbirinden farklıdır. İşçilik hataları nedeniyle kaplamanın bazı bölgelerinin bozulması veya delinmesi halinde bu bölgeler anot olacaktır ve korozyona uğrayacaktır. Bu tip korozyon metal yüzeyinde çok küçük bölgelerde yoğunlaşan bir korozyondur [32].

2.4.12. Gerilmeli korozyon

Gerilmeli korozyon hem mekanik gerilim hem de korozif ortam etkisinin malzeme üzerinde aynı anda yoğunlaşmasıyla meydana gelir. Çekme gerilmesine maruz ve saldırgan bir ortam içerisinde bulunan korozyona duyarlı malzemelerde görülür. Çekme gerilmesine dik bölgesel çatlakların oluşumu ile malzeme hasara uğrar. Gerilmeli korozyon esnasında malzeme yüzeyi pek fazla korozyona uğramadığı halde, ince çatlaklar malzemenin içine doğru ilerler [28,32].

Malzemelerin gerilmeli korozyona karşı duyarlılıkları ortama göre değişebilir. Örneğin; paslanmaz çelikler sülfirik, nitrik, asetik asit veya saf suda gerilimli korozyona uğramazlar. Sadece klorürlü ve kostik ortamlardan etkilenirler.

Ortam sıcaklığı, çözelti bileşimi, malzeme bileşeni, gerilim ve malzemenin yapısı gerilimli korozyonun oluşumunda önemli rol oynayan parametrelerdir [28].

2.4.13. Aralık korozyonu

Perçin, cıvata, conta gibi altı örtülü yüzeylerde ve aralıklarda meydana gelen önemli bir korozyondur. Aralık korozyonunun meydana gelmesi için aralığın çözeltinin girebileceği kadar geniş, aynı zamanda çözeltinin çıkamayacağı kadar dar olmalıdır. Sistemin mekanizması; aralık içinde bulunan sözü geçen çözelti durgun olduğu için gerekli oksijen kısa zamanda tükenir. Böylece aralığın içi ve dışı arasında oksijen iyonu konsantrasyonu farkı oluşur ve bu fark aralık korozyonuna sebep olur [32].

2.5. Korozyondan Korunma Yöntemleri

Korozyon olayı çeşitli ortamlar içinde değişik şekilde ortaya çıkar. Asıl olan çözünmüş halde iyon içeren bir çözeltinin bulunmasıdır. Bu açıdan bakıldığında yalnız sulu çözeltiler değil, hava, zemin, beton gibi rutubet içeren ortamlar da korozyona neden olabilir. Korozyondan korunmak için uygulanan en yaygın yöntemler aşağıda sıralanmıştır [28,29,32].

2.5.1. Uygun malzeme seçimi

Metalin çalışma ortamına uygun, birbiriyle galvanik çift oluşturmayacak şekilde malzeme seçiminin yapılması korozyonu başlamadan engellenmenin en önemli şartıdır. Endüstride malzeme seçimi hatalarından kaynaklanan ekonomik zararlar çok yüksek boyutlardadır. Özellikle otomobil ve uçak fabrikaları kendi içlerinde malzeme seçimi departmanları barındırmaktadır [28,29,30,32,33].

2.5.2. Kaplamalar

Epoksi, bitüm, polietilen, galvaniz v.b. kaplama malzemeleriyle metalin dış ortamlarla irtibatı kesilerek elektrokimyasal korozyonun engellenmesi sağlanır. Etkili bir yöntem olmasının yanısıra beraberinde birtakım riskleri de getirmektedir. Herhangi

bir dış etkenle kaplamanın açılması durumunda kaplamanın açıldığı bölge ile kaplamalı bölge arasında potansiyel fark olacak ve bunun sonucu olarak kaplamasız bölgede galvanik korozyon görülecektir. Daha gelişmiş bir kaplama olan thermal spray ile seramik kaplama daha etkin bir koruma sağlamaktadır. Özellikle makine dişli çarklarına uygulanan bu yöntemle metalin yüzeyi seramik oksitlerle kaplanarak hem aşınma korozyonuna hem de elektrokimyasal korozyona karşı tedbir alınmış olur [28,29,32,33].

2.5.3. Doğru tasarım

Sistemler dizayn edilirken korozyona sebebiyet verebilecek durumların göz önüne alınarak karşı tedbirlerin alınması korozyonu önleyici bir etkidir. Mesela boru hatlarında akışkan hızının yüksek olması kavşak bölgelerinde erozyon korozyonuna sebebiyet verdiği için, akışkan hızını kavşak bölgelerine yaklaşırken düşürücü tedbirler alınmalıdır. Otomobil benzin depoları içerisinde hiçbir şekilde birikinti kalmayacak şekilde tasarlanmalıdır. Perçin, cıvata vb. elemanlar metale temas edeceği zaman ya çevresiyle bir izolasyon tedbiri alınmalı ya da galvanik çift oluşturmayacak malzemeler seçilmelidir. Kaynak yapılacak malzemelerde kaynak elektrodu olarak galvanik çift oluşturmayacak elektrotlar kullanılmalıdır [28,29,34].

2.5.4. Katodik koruma

Korozyona karşı alınacak tedbirler içerisinde en etkili ve yaygın olanı katodik korumadır. Ancak katodik koruma sistemlerinin tatbiki için bir elektrolit ortama ihtiyaç vardır. Bu da katodik korumanın atmosfer ortamında uygulamasını mümkün kılmamaktadır [28].

Katodik koruma metalleri korozyondan korumak için en etkili yöntemdir. Katodik korumanın temel ilkeleri elektrokimyasal korozyon teorisine dayanır. Buna göre bir elektrokimyasal hücreden net bir akım geçtiğinde anotta oksidasyon reaksiyonu, katotta ise buna eşdeğer olacak şekilde redüksiyon reaksiyonu meydana gelir. Böyle bir sistem içerisinde katot bölgesinde hiçbir şekilde korozyon meydana gelmez. Bu

teoriye dayanarak bir metalin yüzeyindeki anodik bölgeler katot haline dönüştürülerek korozyon olayı kesin bir şekilde önlenir.

Katodik koruma yapabilmek için, aynı elektrolit içine ikinci bir metal anot görevi yapmak için daldırılır. Anot metali eğer korunacak olan metalden daha aktif bir metalden seçilmiş ise, bu iki metalin bağlantısından galvanik bir pil oluşur. Böylece devreden kendiliğinden bir akım geçer. Korunması istenilen metal bu pilin katodu olacağından korozyona uğramaz. Buna karşılık devreden geçen akım miktarı ile eşdeğer olarak anot metali çözünerek iyon haline geçer [28,29].

Katodik koruma inert anotlar ile de uygulanabilir. Bu durumda sisteme dışarıdan doğru akım uygulanması gerekir. Doğru akım kaynağının (+) ucu anoda, (-) ucu da korunacak olan metal yapıya bağlanır. Böylece bir elektroliz hücresi elde edilmiş olur. Bu hücrenin katodunda redüksiyon, anodunda ise oksidasyon reaksiyonları meydana gelir. Ancak anottaki reaksiyon anodun çözünmesi şeklinde olmaz [28,29].

BÖLÜM 3. ÇİNKO ALÜMİNYUM ESASLI ALAŞIMLAR

Çinko-Alüminyum esaslı alaşımlar; çok iyi mekanik (özellikle mukavemet, tokluk ve aşınma direnci) ve dökülebilirlik özellikleri nedeniyle, günümüzde farklı birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Her geçen gün Çinko-Alüminyum esaslı alaşımların uygulama alanları daha da genişleyerek, değişik endüstriyel alanlarda bazı alüminyum, dökme demir, pirinç ve bronz gibi geleneksel döküm alaşımlarının yerini almaktadır [35-39].

Çinko-Alüminyum esaslı alaşımlar önceleri kum ve metal kalıba döküm için geliştirilmişti. Fakat günümüzde basınçlı döküm de dahil, bilinen bütün döküm yöntemleri ile aşağı yukarı üretilebilmektedir. ZA-12 ve ZA-27 alaşımları, özellikle kaymalı yatak uygulamalarında geleneksel yatak malzemeleri olarak kullanılan, beyaz metal ve bronz esaslı alaşımlardan daha üstün mekanik ve tribolojik özelliklere sahip olduğunu göstermiştir. Bu üstünlükleri; çinko esaslı alaşımların maliyetinin düşük olması, aşınma direncinin yüksek olması, sert parçacıkları gömme özelliğine sahip olmaları ve sönümlenme karakteristiklerinin yüksek olması dolayısıyla sessiz çalışmaya imkân sağlamalarından kaynaklanmaktadır. Çinko-Alüminyum esaslı alaşımlar özellikle yüksek yük ve düşük-orta kayma hızlarında iyi aşınma dayanımı ve düşük sürtünme katsayısına sahiptirler. Bu alaşımların aşınma özelliklerini daha da iyileştirmek amacıyla farklı miktarlarda Si, Mn, Mg, Ni, Ti gibi değişik alaşım elementleri ilave edilerek çeşitli çalışmalar yapılmaktadır [35-37].

3.2 Zn-Al Esaslı Alaşımlarının Gelişimi

İlk Zn esaslı basınçlı döküm alaşımları ticari olarak 1920'li yılların sonuna doğru ortaya çıkmıştır. Bunlar ZAMAK alaşımları olarak bilinmektedir. Dekoratif ve yapısal amaçlar için kullanılan bu alaşımlar yüksek kaliteye, uygun mekanik ve fiziksel özelliklere, düşük maliyete sahip olduklarından yaygın olarak kullanılmaktaydı [39].

ZA alaşımları hızlı ve ekonomik bir döküme imkan sağlayan özellikte bir bileşime sahiptir. Diğer basınçlı döküm alaşımlarına göre daha düşük döküm sıcaklığı, daha az enerji gereksinimi ve daha uzun ömürlü kalıp gibi avantajları vardır. Bu yüzden ticari popülerlikleri gittikçe artmaktadır. Bunun yanı sıra, sadece ZAMAK ve ZA-8 alaşımlarının sıcak kamaralı döküm makineleri ile dökümü de uygun olduğundan dolayı üretim hızları soğuk kamaralı makinelerle dökülebilen Al alaşımlarından daha yüksektir. Çinko-Alüminyum esaslı alaşımlarında düşük Al içeriklerinde (%5) sıcak kamaralı döküm yöntemi yüksek hızda bir otomasyon sağlar. Daha yüksek Al içeriklerinde ise sistemdeki demirli parçalar Al tarafından korozyona uğratılmaktadır. Bu yüzden yüksek Al oranı ihtiva eden Çinko-Alüminyum esaslı alaşımlarının üretiminde soğuk kamaralı makineler kullanılmaktadır [39].

Zn alaşımlarının iyi dökülebilirlik özelliği de ince duvarlı Zn dökümüyle ekonomik üretime izin vermektedir. Zn döküm alaşımlarının diğer bir çekici özelliği de daha kolay elektrolitik kaplama ve yüzey temizlemeye izin veren döküm sonrası yüzey kalitesidir.

1960'lı yılların başında plastik malzemelerin piyasaya çıkmasıyla ZAMAK alaşımlarının kullanımı daralmıştır. Bunun sebebi de ZAMAK alaşımlarının yüksek sıcaklık özelliklerinin bekleneni verememesidir. Kaybedilen piyasayı tekrar ele geçirmek ve istenen özellikleri tekrar sağlamak amacıyla çinko endüstrisi özellikle bu endüstrinin araştırma kolu olan ILZRO (International Lead Zinc Research Organization) önderliğinde araştırma programları başlatılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda 1960'lı yılların sonunda yüksek performansa sahip yeni bir Çinko-Alüminyum esaslı (ZA) döküm alaşımları ailesi geliştirilmiştir. İlk olarak ILZRO 14 ve 16 geliştirilmiştir. Bunlar bileşimlerindeki Ti, Cr gibi elementler sebebiyle yüksek sürünme direnci göstermelerine rağmen, düşük Al içeriğinden dolayı mukavemetleri oldukça düşüktür. Bunların sürünme direncinin yüksek olmasının sebebi Ti ve Cr'un Zn ile intermetalik bileşikler oluşturması ve bunların taneler arasında çökmesidir. Ancak bu alaşımlar düşük mukavemetleri ve sıcak kamaralı döküm yöntemi ile dökülememeleri sebebiyle konvansiyonel malzemeler karşısında yetersiz kalmıştır [39].

1970'li yıllarda ILZRO tarafından gravite döküm için % 12 Al içeren bir ZA alaşımı geliştirilmiş ve ILZRO 12 olarak adlandırılmıştır. Sonraları ZA-12 olarak tekrar isimlendirilmiştir. İleriki yıllarda Norando Research Center iki yeni gravite döküm alaşımı olan ZA-8 ve ZA-27'yi geliştirmiştir. Bu alaşımlar iyi döküm özellikleri sebebiyle gravite döküm için üretilmelerine rağmen basınçlı dökümle de üretilmiştir. ZA alaşımları kuma döküm, santrifüj döküm ve kokil kalıba döküm ile dökülebilmektedir. Ayrıca ekstrüzyon ve dövme gibi yöntemler ile sürekli üretimleri de yapılabilmektedir [39].

ZA-8, ZA-12 ve ZA-27 alaşımları sahip oldukları son derece iyi mekanik ve döküm özellikleri yanı sıra ekonomik olarak da üretilebilir olmaları nedeni ile birçok endüstriyel alanda kullanılmakta ve kullanımları hızla artmaktadır. Bu alaşımlar birçok uygulamalarda beyaz metal, bazı alüminyum alaşımları, dökme demir, pirinç ve bronz gibi konvansiyonel döküm alaşımlarının yerini almıştır [32-36].

Diğer ticari döküm alaşımları ile karşılaştırıldığında çok iyi fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olduklarından dolayı ZA-8, ZA-12, ZA-27 alaşımları yapısal ve dekoratif uygulamalar için yüksek performansa sahiptir. Bu alaşımlar yaygın Zn ve Al döküm alaşımlarına kıyasla sahip oldukları yüksek mukavemet ve sertlik, arttırılmış sürünme direnci, iyi yatak ve aşınma özellikleri ile düşük yoğunluk gibi üstün özelliklerden dolayı Zn ve Al'un kullanıldığı yerlerde başarıyla kullanılabilir [35,39].

ZA alaşımları yaygın ZAMAK alaşımlarına göre % 50 daha fazla çekme mukavemeti, oda sıcaklığında 4/3 kat fazla sürünme mukavemeti göstermekte ve mekanik özellikleri basınçlı döküm yöntemi ile arttırılabilmektedir. Al alaşımlarına kıyasla ZA alaşımları daha düşük sıcaklıklarda ergimekte, daha iyi akışkanlığa sahip, flakslama ve gaz gidermeye ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca levha haline getirilebilme kabiliyeti alüminyum'dan daha yüksektir. ZA alaşımları endüstride kullanılan Pb-Sn bronzlarına kıyasla daha iyi aşınma ve yatak özelliklerine sahiptir. ZA alaşımlarının tabii yağlama özelliği ve sertliğinden dolayı aşınma ve sürtünme için ayrıca parçaların montajına gerek duyulmamaktadır. Aynı zamanda ZA alaşımları çok kolay

işlenebilmektedir. Tablo 3.1’de çeşitli Zn-Al alaşımları, Al alaşımı ve Cosmol Z alaşımlarının bileşimleri verilmektedir [35,39].

Tablo 3.1. Çeşitli Zn - Al alaşımları, Al alaşımı ve Cosmol Z alaşımlarının % bileşimleri [35,39]

Alaşımlar	Al	Cu	Mg	Fe	Mn	Zn
ZAMAK3	3,9-4,3	0,1	0,04-0,06	0,1 max	0,01 max	Kalan
ZAMAK8	3,8-4,3	0,75-1,25	0,04-0,06	0,1 max	0,01 max	Kalan
ILZR014	0,01-0,03	1,0-1,5	---	---	---	Kalan
ILZR016	0,01-0,04	1,0-1,5	0,02max	0,04max	---	Kalan
ZA8	8,0-8,8	0,8-1,3	0,015-0,03	0,1 max	0,5max	Kalan
ZA12	10,5-13	0,5-1,25	0,015-0,03	0,1 max	0,5max	Kalan
ZA27	25-28	2,0-2,5	0,01-0,02	0,1 max	0,5max	Kalan
LM24	Kalan	3-4	0,1	1,30max	0,5max	30
ZM3	40	1	0,005max	---	0,3	Kalan
SüperC	60	1	0,005max	---	0,3	Kalan
ZM11	22	0,05	0,005max	---	0,3	Kalan

3.3. Kullanım Alanları

ZA alaşımlarının aşınma özellikleri, konvensiyonel yatak malzemelerine kıyasla daha iyi olduğundan rahatlıkla ikame edilebilmektedir. Kara ve demiryolu taşıtlarında, burç, kaymalı, taşıyıcı yatak olarak deneme çalışmalarından olumlu sonuçlar alınmıştır [35].

ZAMAK alaşımları otomotiv parçalarında, ev cihazları ve eşyalarında, büro eşyaları, inşaat ve bilgisayar parçalarında kullanılmaktadır.

ZA-8 alaşımı, yüksek mukavemetin gerekli olduğu yerlerde, otomobiller, genel madeni eşyalarda, tarım ekipmanlarında, elektronik ve elektrik tertibatlarında, ev ve bahçe aletlerinde, bilgisayar, madeni eşyalarda, iş makinelerinde, kayıt makinelerinde, radyolar ve el aletlerinde kullanılmaktadır.

ZA12 alaşımı, ZA8'in kullanıldığı tüm yerlerde kullanılır. İlaveten bu alaşım yüksek yük düşük hız uygulamalı yataklarda da tercih edilmektedir.

ZA27 alaşımı çok yüksek mukavemet gerektiren yerlerde kullanılır. Otomobil motorlarında, lokomotif parçası olarak, madeni eşyalarda, tarım ekipmanlarında, ev ve bahçe aletlerinde, ağır yükle çalışan el ve iş aletlerinde kullanım alanı vardır. Bu alaşım yaygın olarak yüksek yük düşük hız uygulamalı yataklarda daha çok tercih edilmektedir [37].

3.4. Zn-Al Esaslı Alaşımlarının Avantajları

- Ergitme için daha düşük enerji (ergime derecesi bronz esaslı yataklardan daha düşüktür),
- evre kirlenmesinin olmaması (rneğin kurşun ve kalay esaslı yataklar çevreyi kirletir),
- Mkemmел dökülebilirlik (dökme demirden iyi, alüminyum ve bronz eşit),
- İy mekanik özellikler (zellikle mukavemet ve tokluk açısından),
- Hassas yüzey özellikleri ve
- Bronzdan daha düşük maliyet gibi avantajları vardır.
- Talaşlı imalat dikkate alındığında dökme demire nazara daha düşük maliyettedir,
- ZA alaşımları daha düşük sürtünme katsayısına sahip tabii yağlıdırlar. Sertlikleri de bronzdan daha yüksektir. Dolayısıyla yatak ömrü olarak daha uzundur.

Yatak olarak kullanıldığı yerlerde yağlamanın yetersiz olduğu zamanlarda yüksek sürtünme ısısından yatak hasara uğramaktadır. Bronz yataklar büyük bir olasılıkla şaftı yakarlar. ZA alaşımlarının yağlama afinitesi daha yüksek olduğu için yatak özelliklerini daha uzun süreli muhafaza edebilir. Daha az şaft aşınması meydana gelir veya şaftın yüzeyi kazınarak tekrar kullanılabilir.

ZA alaşımları SAE 660 bronzuna göre fiyat olarak %55-65 daha ucuzdur [35].

3.5. Zn-Al Esaslı Alaşımların Fiziksel Özellikleri

Zn-Al esaslı alaşımlarda artan alüminyum miktarı ile alaşımın ergime noktası ve katılma aralığı değişmektedir. ZA-8 alaşımı için liküüs sıcaklığı 404°C ve katılma aralığı 29°C'dir. Bu değerler; ZA-12 için 432°C ve 55°C, ZA-27 için ise 484°C ve 109°C'dir. Artan alüminyum miktarı ile ZA alaşımlarının elektrik iletkenliği, ısıl iletkenliği, spesifik ısı ve soğuma aralığı artmaktadır. Üç alaşımın yoğunluğu alüminyum içeriği ile ilgilidir. Yoğunluğu 5gr/cm³ olan ZA-27 alaşımı ZA-12'den % 17, ZA-8 alaşımından ise % 21 daha hafiftir. Ayrıca ZA-27 alaşımı; ZAMAK 3'den % 25, bakırdan % 65 ve dökme demirden ise % 45 daha hafiftir, alüminyumdan ise % 85 daha ağırdır [35,39].

ZA-12 ve ZA-27'nin yatak malzemesi olarak kullanılmaları düşünüldüğünden, özellikle sıkı olarak yerleştirilen yataklarda ısıl genleşme katsayısı önem kazanmaktadır. ZA alaşımlarının 20-100°C sıcaklık aralığındaki ısıl genleşmeleri $23-26 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 'dir. Bu değer, alüminyum ve bakırdan yüksektir ve dökme demirin yaklaşık iki katıdır. Bu nedenle tasarımda bunun göz önüne alınması gereklidir. Ayrıca, bu üç alaşımın 24°C'deki ısıl iletkenliği 115-125,5 Wm⁻¹ K' aralığındadır ve bu değer birçok alüminyum alaşımından iyidir ve ticari bakır döküm alaşımlarının üzerindedir. Çinko alüminyum alaşımların fiziksel özellikleri Tablo 3.2'de verilmiştir [35,39].

Tablo 3.2. ZA alaşımlarının ve bazı konvansiyonel malzemelerin fiziksel özellikleri [35,39]

Alaşımlar	Üretim Yöntemi	Yoğunluk (g/cm ³)	Erime Aralığı (°C)	Termal Genleşme Katsayısı (µm/mK)	Termal İletkenlik (W/mK)	Elektrik İletkenliği (%IACS)	
Zn	No. 3	Basınçlı	66,6	381-387	27,4	113	27
	No. 5	Basınçlı	6,7	380-386	27,4	109	26
	ZA-8	Kokil Basınçlı	6,3	375-404	23,2	115	27,7
	ZA-12	Kum Kokil Basınç	6,03	377-432	24,1	116	28,3
	ZA-27	Kum Basınçlı	5	375-484	26	125,5	29,7
Al	356-T6	Kokil	2,69	556-615	21,5	151	39
	380	Basınçlı	2,74	540-595	21,8	96,2	27
	319	Kum	2,8	515-605	21,5	109	27
Pirinç	SAE40	Kum	8,83	815-1010	18	72	15
Bronz	SAE660	Kum	8,93	855-975	18	59	12
	SAE64	Kum	8,88	762-928	18,5	46,9	10,1
DD	GG30	Kum		>1176	12,1	49-52	---
	Temper	Kum	7,2-7,45	>1232	11,9	---	6

3.6. Zn-Al Alaşımlarının Mekanik Özellikleri

Zn-Al sisteminde, ötektik kompozisyonundaki Zn basınçlı döküm alaşımları 1920'lerden bugüne kadar endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. Bunların başarısı, iyi dökülebilirlik ve akışkanlık, yüksek üretim hızları sağlayan sıcak kamaralı basınçlı döküm makinelerinde dökülebilmeleri ve iyi mekanik özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Son yıllardaki ince duvarlı kalıp döküm teknolojisindeki gelişmeler ağırlık azaltarak karmaşık şekilli parçaların üretilmesine izin vermiştir [35].

Tablo 3.3'de cazip mekanik özelliklerin ZA alaşımları ile özellikle mukavemet - yoğunluk oranına sahip olan ZA-27 ile elde edileceği görülmektedir. Bu nedenle, bu alaşım diğer dökümhane alaşımları olan Cu, Al alaşımları ile veya dökme demirle başarılı bir şekilde rekabet edecek özelliklere sahiptir [35].

Tablo 3.3. Çeşitli ZA alaşımlarının mekanik özellikleri ve bileşimi [39]

Alaşım	Bileşim			Döküm Tekniği				Mekanik Özellikler			Yoğun. (g/cm ³)
	%Al	%Mg	%Cu	Sıcak Bas. Dök.	Soğuk Bas. Dök.	Kum Dök.	Kokil Dök.	Çekme Mukav. (Mpa)	Uzama (%)	Sertlik Brinell	
ZAMAK3	3.8-4.3	0.03-0.06		X				200-300	5-8	90	6,6
ZAMAK5	3.8-4.3	0.03-0.06	0.75-1.25	X				300-360	3-6	85-95	6,7
ZA-8	8.0-8.8	0.01-0.03	0.8-1.3				X	250-270	1-3	100-110	6,3
ZA-12	11-11,5	0,01-0,03	0,5-1,5		X			440	1	105-125	6
						X		320-350	1-3	110-120	6
							X	320-350	1-3	110-120	6
ZA-27	25-28	0,01-0,02	2-2,5		X			400-430	1	110-125	5
						X		380-420	3-6	110-125	5
							X	400-440	5-10	110-125	5
ZA-35	30-35	0,5-1 Si	3-5		X	X	X	290-390	5-10	90-120	4,6

X=Uygulanabilirlik

ZA alaşımlarının bir çok çalışmadan alınan mekanik özelliklerinin tipik değerleri, popüler döküm alaşımları ile birlikte Tablo 3.3'de verilmiştir. Verilen tüm alaşımlarda, kuma döküm ve kokil döküm ZA-27'nin çekme ve %0.02 akma mukavemeti kokil döküm ZA-8 ve ZA-12 alaşımlarından daha iyidir. ZA-27'nin çekme gerilmesi döküm yönteminin değişmesinden önemli bir şekilde etkilenmemesine rağmen, ZA-8 ve ZA-12'nin özellikleri değişmektedir. Kuma döküm ZA-8 alaşımının çekme ve akma gerilme değerleri, kokil döküm yöntemleri ile %50 oranında arttırılabilmektedir. ZA-12 için ise bu değerler sırasıyla, %30 ve %45 olmaktadır. Kokil döküm ile sağlanan hızlı katılaşma sonucu, mikro yapının incilmesi bu artışı sağlamaktadır [39].

Kuma döküm ZA-27'nin darbe direnci en yüksek değerdedir. Bu, dökümde termal gradyandan dolayı olan çekilme boşluklarının azaltılması ile sağlanmaktadır. Tablo 3.3' de görüldüğü gibi, ZA alaşımları içinde en yüksek değerdeki çekme mukavemeti kuma döküm ve basınçlı döküm ZA27' dedir ve 400-440 MPa arasındadır [39].

ZA-12 orta dirençteki ihtiyaçları karşılamaktadır. Alüminyum alaşımlarına, dökme demirlere ve bronzlara karşı alternatif malzeme olarak görülmektedir. Kum

dökümdeki çekme mukavemeti 275-310 MPa, kokil dökümde ise 310-345 MPa değerindedir [35-39].

ZA-8 ise orta dirençteki ihtiyaçları karşılamaktadır. Fakat ZA12' den daha düşük çekme mukavemetine sahiptir [35].

3.7. Çinko-Alüminyum Esaslı Alaşımlarının Aşınma Özellikleri

Metal aşınması, metal yüzeyinden deformasyon sonucu parçacık kopması biçiminde görülür. Bunun için iki yüzey arasında genellikle bir sürtünme olması gerekir [10]. Aşınma, yağlı ve kuru aşınma diye ikiye ayrılır. Ayrıca sürtünen metal yüzeylerin durumuna göre de çeşitleri vardır; metal-metal, metal-metaldışı aşındırıcılar ve metal-sıvı çarpması vb. gibi [39].

Aşınmayı değerlendirmek için henüz standart bir aşınma deneyi ortaya çıkmış değildir. Yine de değişik yerlerde değişik biçimde yapılan çok farklı aşınma deneyleri uygulanmakta ve özel şartlara göre değerlendirmeler yapılmaktadır [39].

Zn-Al esaslı alaşımlarının diğer önemli bir üstünlüğü de aşınma ve yatak özellikleridir. Bu alaşımların aşınma özellikleri ve yatak malzemesi olarak kullanılabilirliği ile ilgili çalışmalar 1981-86 yılları arasında yoğunluk kazanmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde, Zn-Al esaslı alaşımların özellikle kaymalı yatak uygulamalarında beyaz metal, bronz, pirinç ve dökme demir gibi geleneksel yatak malzemelerinin yerini alabileceği tespit edilmiştir. İlk olarak % 40 Al-% 2 Cu içeren Zn-Al alaşımının iyi aşınma özelliklerine sahip olduğu Marczah ve Ciach tarafından tespit edilmiştir. Bu özelliklerin, uygulanan ısıl işlem ile meydana gelen çok fazlı yapı yüzeyinde oluşan çinko oksit ve alüminyum oksitten kaynaklandığı ileri sürülmektedir. Yüzeyde oluşan alüminyum oksit sert olduğundan yatağın aşınma direncini arttırmaktadır. Çinko oksit ise, yumuşaktır ve yatak-mil arasında sıkışma olması durumunda yağlayıcı görevi görmektedir. Barnhurst ve Forge, ZA alaşımlarının aşınma özelliklerini geleneksel döküm malzemeleri ile karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Halka üzerinde blok aşınma düzeneğinde yapılan bu çalışmada; kuma döküm ZA-27 alaşımının, Al bronzu ve Al-Sn alaşımına eşdeğer, SEA 660 Pb-Sn bronzundan ise daha iyi aşınma dayanımına sahip olduğu

belirlenmiştir. Ayrıca, ZA alaşımından yapılan yataklar, çalışma esnasında Pb-Sn bronz yataklara nazaran çok daha düşük yatak sıcaklığı meydana getirirler. Bunun sebebi, ZA alaşımlarının, bronzun yaklaşık iki katı ısı iletkenliğe sahip olmasıdır. ZA alaşımlarının sahip olduğu bu yüksek aşınma dayanımının matriksin sertliğine ve yapıda bulunan (CuZn_4) fazının varlığına ve miktarına bağlı olduğu ifade edilmiştir [39].

Bununla birlikte Zn-Al esaslı esaslı alaşımların yatak olarak kullanılmalarını zorlaştıran bazı faktörler mevcuttur. Bunların başında, yapıda bulunan yarı kararlı fazların boyutsal kararsızlığa neden olması gelmektedir. Savaşkan ve Murphy yapmış oldukları araştırmada, bu problemin uygun ısı işlemler ile giderilebileceğini göstermişlerdir. Fakat bu esnada alaşımların aşınma dayanımı ve mekanik özelliklerinin olumsuz yönde etkilendiği belirtilmiştir [39].

3.8. Çinko-Alüminyum Esaslı Alaşımlarının Sürünme Özellikleri

Günümüze kadar Zn-Al esaslı esaslı alaşımların sürünme dayanımı ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Naziri ve Pearce, % 20 Al içeren ötektoid bileşime yakın alaşımlarda % 1'e kadar bakır ilavelerinin sürünme davranışına etkisini araştırmıştır. Burada, 150°C 'nin üzerindeki sıcaklıklarda Cu ilavesinin önemli bir etkiye sahip olmadığı, ancak oda sıcaklığında sürünme dayanımını arttırdığı tespit edilmiştir. Daha sonra Nuttall, bileşiminde % 4 Cu ve % 0,2 Mn bulunan iki ötektoid esaslı alaşıma değişik ısı işlemler uyguladıktan sonra, oda sıcaklığında 35 MPa gerilme altında yaptığı deneyler ile kararlı sürünme hızı değerlerini tespit etmiştir. Elde edilen sonuçlar Naziri ve Pearce'nin % 1'e kadar Cu ilaveli alaşımların oda sıcaklığı sürünme dayanımı değerleri ile benzerlik göstermektedir. Bunun yanı sıra, bileşiminde Mn bulunan alaşımın sürünme dayanımı değerlerinin, Cu içeren alaşımlardan daha iyi olduğu gözlenmiştir [39].

Mulvania, sürünme dayanımını arttırmak amacıyla ötektoid bileşimdeki alaşımlara titanyum, krom, mangan, bakır ve magnezyum elementleri ilave etmiştir. Genel olarak, alaşım elementi ilavesinin oda sıcaklığı sürünme özelliklerini olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Ti, Mn ve Cr elementlerinin sürünme özellikleri üzerinde çok

az etkiye sahip olduğu, bunun yanısıra Mg ve Cu'ın sürünme dayanımını önemli oranda yükselttiği tespit edilmiştir. % 0,5'e kadar bakır ilavesinin sürünme dayanımını arttırdığı, daha yüksek oranlarda Cu ilavesinin ise yararlı olmadığı ve en yüksek sürünme dayanımı değerin de % 0,018 Mg içeren alaşımdan elde edildiği belirtilmiştir [39].

Nagy ve arkadaşları, ötektik ve ötektoid Zn-Al alaşımlarında faz dönüşümlerinin sürünme özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla 250-300°C sıcaklık aralığında değişik gerilmeler altında sürünme deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışmalar neticesinde, deformasyon hızı duyarlılığı üssü $m=0,5$ ve dönüşüm sıcaklığında sürünme aktivasyon enerjisi 62.3 kJ/mol olarak belirlenmiştir. Bu değer dislokasyonların tırmanma aktivasyon enerjisine yakın bir değerdir. Ayrıca, deney öncesi ve sonrası yapılan X-ışınları çalışmalarında, artan sürünme sıcaklığının tane boyutunu ve tanelerin büyüme hızını arttırdığı gözlenmiştir. Buna bağlı olarak, sürünmenin tane sınırlarının kayması ve göç etmesi ile meydana geldiği iddia edilmiştir [39].

Son olarak Durman ve Murphy, Zn-Al esaslı alaşımların sürünme özellikleri ile ilgili değişik araştırmalar gerçekleştirmişlerdir. Bu araştırmacılar, basınçlı döküm ile üretilen ZAMAK 3, ZA-8 ve ZA-27 alaşımları üzerinde yapmış oldukları sürünme deneyleri ile alaşımların % 1'e kadar toplam sürünme uzamalarını belirlemişlerdir. Elde ettikleri deneysel sonuçlardan, yukarıda belirtilen ampirik bağıntının, bu alaşımlarda da geçerli olduğunu kanıtlamışlardır [39].

Basınçlı döküm ile üretilen % 0-30 Al içeren Zn-Al alaşımlarında, artan Al miktarı ile birincil sürünme miktarı ve toplam sürünme uzamasının arttığı, minimum sürünme hızı değerin ZA-8 alaşımından elde edildiği açıklanmıştır. Aynı çalışmada, kokil döküm ile üretilen alaşımlarda ise en iyi sürünme direnci ötektik bileşimdeki alaşımdan elde edilmiştir [39].

BÖLÜM 4. YAPAY SİNİR AĞLARI

4.1. Yapay Sinir Ağlarının Tanımı

Yapay sinir ağının (YSA) genel bir tanımının yapılması gerekirse, Yapay Sinir Ağı, insan beyninin çalışma ve düşünebilme yeteneğinden yola çıkılarak oluşturulmuş bir bilgi işlem teknolojisi olarak ifade edilebilir [1,40].

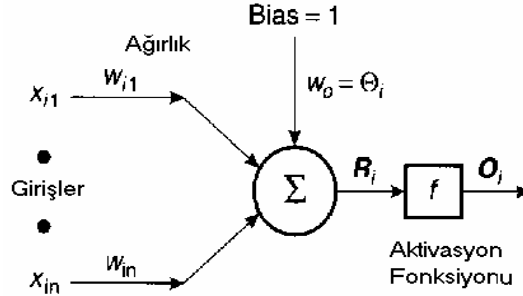
Yapay sinir ağının işleyiş özelliklerine dayanan ikinci tür tanımı ise ilk ticari yapay sinir ağının geliştiricisi olan Dr. Robert Hecht-Nielsen'e ait bir tanımdır: "Yapay sinir ağı dışarıdan gelen girdilere dinamik olarak yanıt oluşturma yoluyla bilgi işleyen, birbiriyle bağlantılı basit elemanlardan oluşan bilgi işlem sistemidir".

Bu tanıma yakın bir tanım da yapay sinir ağı çalışmalarında çok tanınan Teuvo Kohonen'e ait bir tanımdır; "Yapay sinir ağları paralel olarak bağlantılı ve çok sayıdaki basit elemanın, gerçek dünyanın nesnelere biyolojik sinir sisteminin benzeri yolla etkileşim kuran, hiyerarşik bir organizasyonudur" [40,41].

Beynin çalışma sistemiyle ilgili bilgilerin kısıtlı olması ve bu tür çalışmalara yol göstermemesi araştırmacıları mevcut biyolojik bilgilerden farklılaşarak bazı yararlı fonksiyonlar bulmaya itmiştir. Günümüzde çok sayıda YSA modelleri geliştirilmiştir. Bu modellerin geliştirilmesinde biyolojik sinir sistemlerinin prensiplerinden ve mühendislik biliminin imkanlarından faydalanılmıştır. Şekil 4.1'de bir sinir hücreli yapay sinir ağı modeli görünmektedir.

YSA'ları doğrusal olmayan sistemlerin kontrolünde ve modellenmesinde büyük kolaylıklar sağlamaktadırlar. Son yıllarda başta mühendislik olmak üzere pek çok bilim dalında karmaşık problemlere çözümler üretmeleri YSA'larına olan ilgiyi arttırmıştır. Çeşitli meslek gruplarında çalışma yapanlar YSA'larını kendi uzmanlık

alanlarına taşıyarak, bu alanda kullanacakları uygulamaları ve yöntemleri arar hale gelmişlerdir. Bu ilgi, teorik ve uygulama alanlarındaki başarılarla daha da pekişmiştir [1,40,41,42,43,44,45].



Şekil 4.1. Bir sinir hücreli YSA modeli [45]

YSA'ları klasik teknikler kullanarak modellenmesi imkansız veya çok zor olan sistemlerin modellenmesinde oldukça etkilidir. Bilinen model kontrol algoritmaları yerine YSA'ları, istenen sistem performansını gerçekleştirebilen bir kontrol şemasını öğrenebilmek için uygun ağırlık bağlantılarıyla kendi kendilerini biçimlendirirler.

Kontrol problemi dinamik sistemin bir veya daha fazla değişkenini, belirlenen sınırlar içinde tutmayla ilgili analiz ve sentezlerdir. Kontrolör yapısını belirleme ve sistem çıkışıyla istenen çıkış arasındaki hatayı minimize etmek için parametrelerin ayarlanması kontrol probleminin bir parçasıdır. Yapay sinir ağları verilen giriş-çıkış çiftlerinden ağırlık parametrelerini ayarlama temeline dayanır.

YSA'ları özellikle öğrenme üzerinde odaklanmıştır ve lineer olmayan sistemlerde veya sisteme ait bilginin tam olmadığı, hatalı olduğu sistemlerde çözüme ulaşmak için uygundur. YSA'larının en önemli dezavantajı ise, var olan bir uzman bilgisinin problem çözümüne aktarılmasındaki zorluktur. YSA'larının kullanım alanları; kontrol ve sistem tanımlama, görüntü ve ses tanıma, tahmin ve kestirim, arıza analizi, tıp, haberleşme, trafik, üretim yönetimi olarak sayılabilir [46].

4.2. Yapay Sinir Ağlarının Tarihçesi

1942 yılı YSA'nın gelişiminin başlangıç yılı olarak kabul edilmektedir. Bu tarihte sinirbilimcisi (neuroscientist) olan McCulloch ve matematikçi Pitts, ilk hücre modelini geliştirmişlerdir. Bu çalışmada yazarlar, biyolojik sinir hücresinden etkilenecek temel biyolojik işlemleri yapabilen basit bir işlem birimi modeli gerçekleştirmişlerdir. Bunun yanında birkaç hücrenin ara bağlaşımını incelediler. Hebb, 1949 yılında hücre bağlantılarını ayarlamak için ilk öğrenme kuralını önerdi.

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

1960-1962 yılında, Widrow ve Hoff tarafından ADALINE'ları geliştirildi.

1969 yılında, Minsky ve Papert, algılayıcının kesin analizini yaptı ve algılayıcının karmaşık lojik fonksiyonlar için kullanılamayacağını ispatlamışlardır. Bunun üzerine, yapay sinir ağları üzerine yapılan çalışmalar hemen hemen durma noktasına gelmiştir.

YSA'ların gelişiminde 1960 yılının ortalarından, 1980 yılının başına kadar bir durgunluk dönemi yaşanmıştır. Çalışmaları büyük ölçüde azaltan bu durgunluğun en önemli faktörlerinden birisi, YSA'nın bilgi işlemede alternatifi olan günümüzün sayısal bilgisayarlarının, yarı iletken teknolojisi ile yoğun, büyük çapta ucuz ve güvenilir gerçekleştirme imkanını bulmasıdır. Seri olarak çalışan hızlı birimlerden oluşmuş sayısal bilgisayarlar, aritmetik işlemlerde yüksek hız, kapasite ve güvenilirlik sağlamışlardır. Ancak tüm bunların yanında bazı bilim adamları (Grossberg, Amari, Fukushima, Kohonen, Taylor,...) çalışmalarına devam etmişlerdir.

1982 yılında Hopfield YSA'nın birçok problemi çözebilecek kabiliyeti olduğunu göstermiş ve optimizasyon gibi teknik problemleri çözmek için doğrusal olmayan Hopfield ağını geliştirmiştir.

1982-1984 yılları arasında Kohonen öz düzenlemeli haritayı (self-organizing map) tanımladı. Kendi adıyla anılan eğiticişiz öğrenen bir ağ geliştirdi.

1986 yılında Rumelhart geriye yayılımı tekrar meydana çıkarttı.

1988 yılında Chua ve Yang hücreşel sinir ağlarını geliştirdiler.

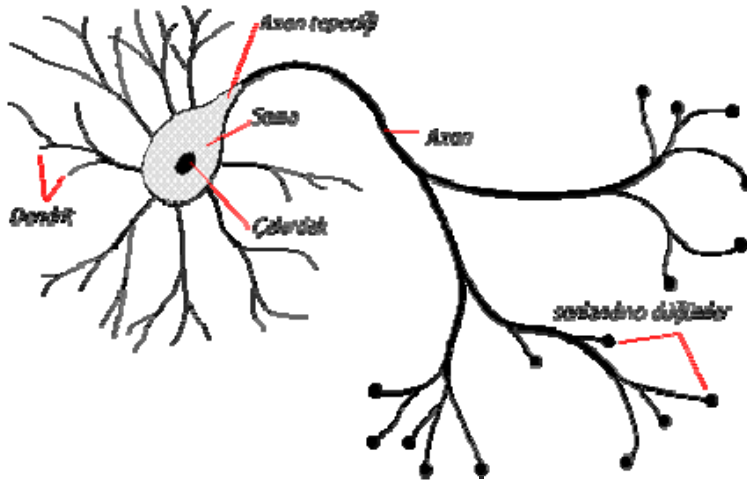
Yapay sinir ağlarındaki yeniden diriliş donanım teknolojisindeki gelişmelerin katkısı büyük olmuştur. Bilgisayarlar boyut olarak küçülmüş, fakat bellek ve yetenek bakımından sürekli büyümüş ve gelişmişlerdir. Optik ve dijital teknolojideki gelişmeler bilgisayarların hızlarını arttırmış ve yapay sinir ağlarının kullanımını kolaylaştırmıştır.

Günümüzde yapay sinir ağları artık teorik ve laboratuvar çalışmaları olmaktan çıkmış ve günlük hayatta kullanılan sistemler oluşturmaya ve pratik olarak insanlara faydalı olmaya başlamıştır [46,47].

4.3. Biyolojik Sinir Hücreleri ve YSA

Biyolojik sinir ağının temel inşa bloğu olan basit bir sinir hücresi nöron olarak adlandırılır. Şekil 4.2'de şematik diyagramı gösterilen tipik sinir hücresi üç ana bölümden oluşur. Soma olarak adlandırılan hücre gövdesi, akson ve dendritler. Dendritler, dendritik ağaç biçiminde ve sinir hücresi civarında uzun çalılar görünümündedirler. Dendritler üzerinden girişler alınır, soma tarafından girişler işlenir. Nörondaki sinyalleri taşıyan uzun bir sinirsel bağlantı halindeki akson ise, işlenen girişleri çıkışa aktarır. Akson dendrit bağlantısı ise snaps olarak adlandırılır. Snaps nöronlar arasında elektrokimyasal bağlantıyı sağlamaktadır. Bir insanın beyin korteksinde yaklaşık 10 milyar nöron ve yaklaşık 60 trilyon snaps veya bağlantının bulunduğu tahmin edilmektedir. Sonuçta beyin son derece verimli bir yapıdır. Özellikle beynin enerjik verimliliği, her saniyede her bir işlem için yaklaşık 10^{-16} joule'dur, bu değer bugünün en iyi bilgisayarlarında yaklaşık 10^{-6} joule'dur. Beyin son derece kompleks, doğrusal olmayan ve paralel bir bilgisayardır. Beynin nöronları organize etme yeteneği böylece kesin hesaplamaları gerçekleştirmesi (örüntü tanıma,

algılama gibi) bugünün en hızlı sayısal bilgisayarlarından daha hızlıdır. Diğer taraftan bir sinir hücresinin tepki hızı günümüzün bilgisayarlarına göre oldukça yavaş olmakla birlikte duyuşal bilgileri son derecede hızlı değerdendirebilmektedir. Bu nedenle insan beyni; öğrenme, birleştirme, uyarlama ve genelleştirme yeteneği nedeniyle son derece karmaşık, doğrusal olmayan ve paralel dağılmış bir bilgi işleme sistemi olarak tanımlanabilir [48].



Şekil 4.2. Biyolojik sinir hücresinin yapısı [6,40,46,47,48]

Dentritler; sinir hücresinin ağaç köküne benzeyen ve görevi hücreye girdilerin sağlanması olan uzantılardır.

Hücre Gövdesi (Soma); Bir nöronun gövdesine soma adı verilir. Soma nucleus adı verilen hücre çekirdeğini içermektedir. Hücrenin yaşamasını sağlayan işlevleri görür. Snapslar aracılığıyla dentritlere geçirilen iletiler birleşerek akson üzerinde elektriksel bir çıktı oluştururlar. Bu çıktının olup olmayacağı veya çıktının elektriksel olarak yoğunluğu, snapsların etkileri sonucu hücreye gelen tüm girdilerin, toplam değeri tarafından belirlenmektedir. Somaya gelen girdilerin ağırlıklı toplamı akson üzerinde çıktı oluşturacak değere ulaştığında, bu değere "eşik değeri" adı verilmektedir ve nöron ateşlendi (fired) olarak ifade edilmektedir. Bu şekilde girdiler nöron tarafından değerlendirilerek çıktıya dönüştürülmüş olur.

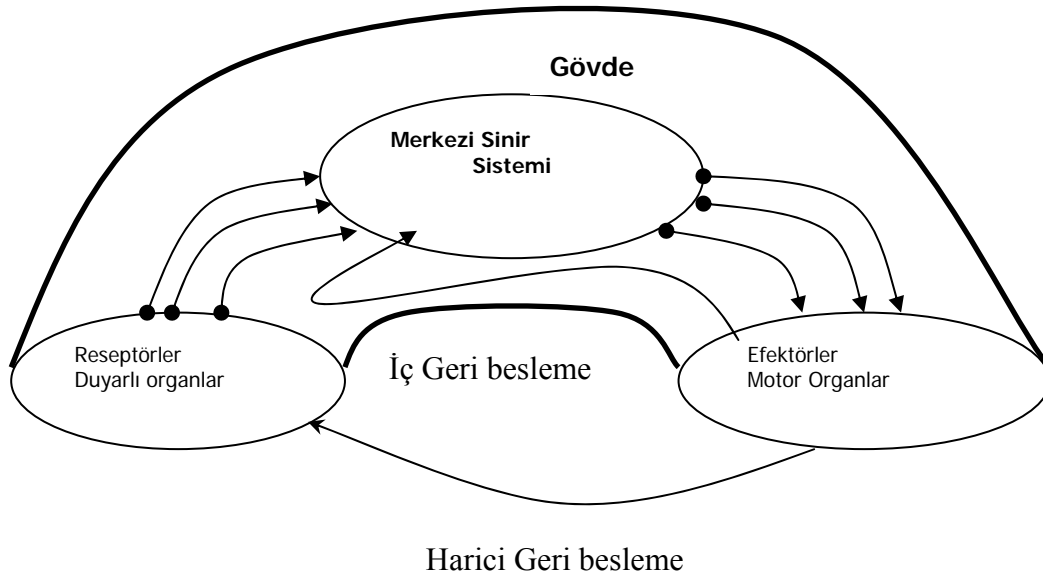
Akson; Hücre çıktısını göndermeye yarayan uzantısıdır. Bir hücrenin tek bir akson uzantısı bulunur. Ancak bu akson uzantıdan çıkan çok sayıda uzantı ve bunların ucunda snapstik bağlantılar bulunur.

Snaps (Sonlandırıcı Düğümler); snapslar, sinir hücrelerindeki aksonlarının, diğer sinir hücreleri ve/veya onların dentritleri üzerinde sonlanan özelleşmiş bağlantı noktalarıdır. Bu bağlantı noktalarının görevi aksondaki elektriksel iletinin diğer hücrelere aktarılmasıdır. Bu bağlantı noktalarında iletiler elektro-kimyasal süreçlerle diğer hücrelere geçirilir. Snapslar bağlandıkları dentrit veya nöronda bölgesel olarak elektrik kuvvetini pozitif veya negatif yönde etkileyebilme yeteneğine sahiptirler. Böylelikle bir nöronun diğerini etkileyebilmesi söz konusudur.

Bir sinir hücresinin çalışma şekli şöyledir; Sinir hücresi, diğer sinir hücrelerinden gelen uyarıları (elektriksel sinyaller) snapsları üzerinden dentritlerine alır. Bu sırada gelen sinyaller snapslar tarafından güçlendirilir ya da zayıflatılır. Dentritler sinyalleri hücre gövdesine iletirler. Hücre gövdesi gelen sinyalleri birbirlerini kuvvetlendirme ve zayıflatma etkilerine göre işler. Eğer sonuçta sinyaller birbirlerini yeteri kadar kuvvetlendirerek bir eşik değerini aşabilirlerse, aksona sinyal gönderilir ve sinir aktif hale getirilir. Aksi halde, aksona sinyal gönderilmez ve sinir pasif durumda kalır.

Bir hipoteze göre nöronlar birbirleriyle elektriksel sinyaller aracılığıyla haberleşmektedir. Ayrıca, nöronlar kimyasal bir ortamda çok yoğun beyinsel faaliyetleri yerine getirmektedirler. Böylece beyni, biyokimyasal işlemlerin gerçekleştiği son derece yoğun bir elektriksel ağ gibi düşünebiliriz. Çok büyük sinir ağı çok karmaşık ve ayrıntılı bir yapıyla bir birine bağlıdır. Ağa giriş duyarlı algılayıcılar (reseptörler) ile sağlanır. Reseptörler uyarıyı gövdeye götürürler. Uyarım elektriksel sinyaller biçimindedir. Nöron ağının içine bilgi taşınması ve merkezi sinir sisteminde bilginin işlenmesi sonucu efektörler kontrol edilir. Bundan sonra insan cevabını çeşitli eylemler şeklinde verir. Yukarıda belirtildiği gibi, sinir sisteminde bilgi akışı üç ana kısımdan oluşmaktadır: reseptörler, sinir ağı ve efektörler (Şekil 4.3).

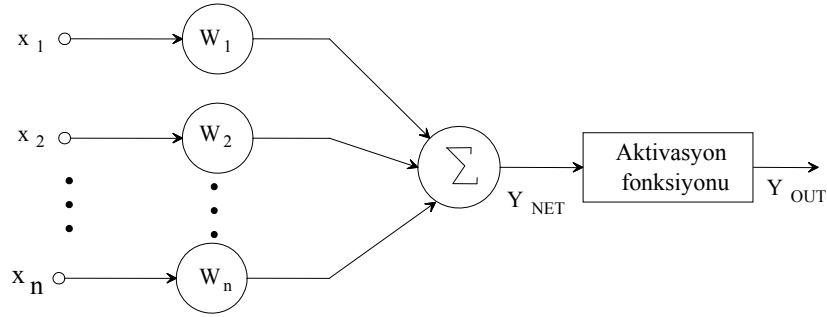
Şekil 4.3'de görüldüğü gibi, bilgi işlenmekte, değerlendirilmekte ve merkezi sinir sisteminde depolanan bilgiyle karşılaştırılmaktadır. Gerekli olduğunda komutlar o yerde üretilir ve motor organlara iletilir. Motor organlar eylemi doğrulayan geri beslemeli bağlantılarla merkezi sinir sistemini yönetir ve denetlerler. İç ve dış geri beslemeli kontrolün ikisi de komutlarla gerçekleştirilir. Tüm sinir sisteminin yapısı, kapalı-çevrim bir kontrol sistemini andırmaktadır [47].



Şekil 4.3. Sinir sisteminde bilgi akışı [47]

Biyolojik sinir ağlarında olduğu gibi, yapay sinir ağları da yapay sinir hücrelerinden oluşur. Yapay sinir modeli Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Yapay sinir hücresine her biri diğer sinirlerin çıkışlarını göstermek üzere bir girişler kümesi uygulanmıştır. Her bir giriş ise biyolojik sinirdeki sinaptik dayanımla benzer olarak ağırlıklarla çarpılmıştır. Bütün bu ağırlıklı girişler ise nöronun aktivasyon düzeyini belirlemek için toplanmıştır [7,40,44,47].

$$\begin{aligned}
 y_{NET} &= w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n \\
 &= \sum_{j=1}^n w_jx_j
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$



Şekil 4.4. Yapay sinir modeli [45]

Burada x_1, x_2, \dots, x_n nöron girişleridir. Her bir nöron girişi toplama işlemine girmeden önce w_1, w_2, \dots, w_n ağırlıkları ile çarpılmaktadır. Toplam olarak, girişler X vektörü ile ağırlıkları ise W vektörü ile gösterilebilir. Bu durumda (4.1) denklemi, vektör notasyonu ile (4.2) denklemindeki gibi gösterilebilir [45,47].

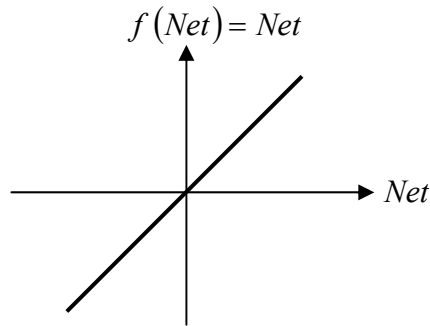
$$y_{NET} = W \cdot X \quad (4.2)$$

4.4. Aktivasyon Fonksiyonları

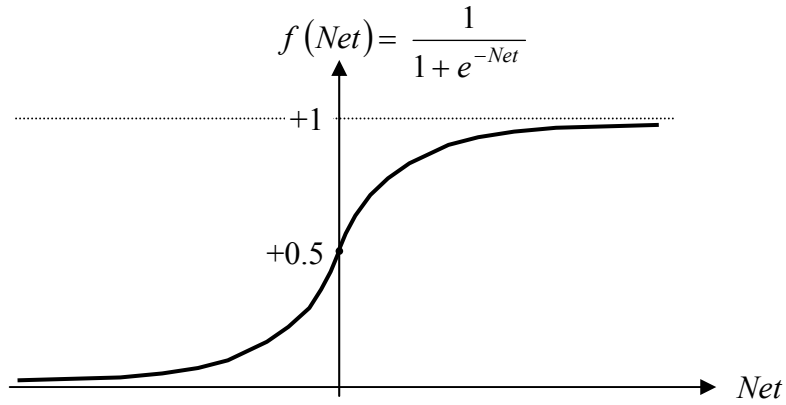
Transfer fonksiyonu olarak da geçen aktivasyon fonksiyonu, birleştirme fonksiyonundan elde edilen net girdiyi bir işlemde geçirerek hücre çıktısını belirleyen ve genellikle doğrusal olmayan bir fonksiyondur. Hücre modellerinde, hücrenin gerçekleştireceği işleve göre çeşitli tipte aktivasyon fonksiyonları kullanılabilir. Aktivasyon fonksiyonları sabit parametrelili ya da uyarlanabilir parametrelili seçilebilir. En uygun aktivasyon fonksiyonu tasarımcının denemeleri sonucunda belli olur. Aktivasyon fonksiyonunun seçimi büyük ölçüde yapay sinir ağının verilerine ve ağın neyi öğrenmesinin istendiğine bağlıdır. Geçiş fonksiyonları içinde en çok kullanılanı sigmoid ve hiperbolik tanjant fonksiyonlarıdır. Örneğin; eğer ağın bir modelin ortalama davranışını öğrenmesi isteniyorsa sigmoid fonksiyon, ortalamadan sapmanın öğrenilmesi isteniyorsa hiperbolik tanjant fonksiyon kullanılması önerilmektedir.

Aktivasyon fonksiyonları bir YSA'da nöronun çıkış genliğini, istenilen değerler arasında sınırlar. Bu değerler çoğunlukla $[0,1]$ veya $[-1,1]$ arasındadır. Ayrıca, yapay

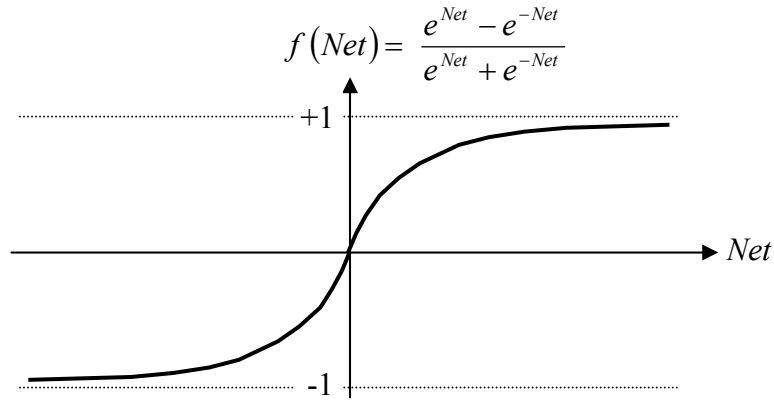
sinir ağına bir kutuplama bias değeri uygulanarak aktivasyon fonksiyonu arttırılabilir. YSA’larda kullanılacak olan fonksiyonların türevi alınabilir ve süreklilik arz etmesi gerekmektedir. YSA’nın kullanım amacına uygun olarak tek ya da çift kutuplu aktivasyon fonksiyonları kullanılabilir. Lineer veya doğrusal olmayan transfer fonksiyonlarının YSA’larında kullanılması karmaşık problemlere uygulanmasını sağlamıştır. En çok kullanılan aktivasyon fonksiyonları Şekil 4.4-6’de verilmiştir [7,44,48,49].



Şekil 4.5. Lineer transfer fonksiyonu [6,7,40,44,45,46,47,48]



Şekil 4.6. Sigmoid transfer fonksiyonu [6,7,40,44,45,46,47,48]



Şekil 4.7. Tan-sigmoid transfer fonksiyonu [6,7,40,44,45,46,47,48]

4.5. YSA'nın Temel Özellikleri

Genellikle bilgi işleme teknikleri seri yapıya sahip olmasına karşın yapay sinir ağları paralel yapıya sahiptir. Bilgi, katmanlar arasında paralel olarak işlendiğinden işlem hızı yüksektir. Ayrıca yapay sinir ağında işlem elemanlarındaki bir eksiklik ya da işlevini yerine getirememesi durumunda, seri yapıya sahip bilgi işleme tekniklerindeki gibi proses sekteye uğramayacak ve durumu telafi edebilecektir.

Diğer bilgi işleme yöntemlerinde probleme has algoritmaların geliştirilmesi gerekirken yapay sinir ağlarında, elde edilen nitel veya nicel verilerle öğrenme gerçekleştirilebilir. Sistemin davranışı, işlem elemanları arasındaki bağlantılarda saklanır. Bu öğrenme neticesinde ağ, daha önceden sunulmamış girişlere uygun sonuçlar üretebilmektedir.

Yapay sinir ağlarında her bir işlem elemanı, problemin tümüyle ilgilenmek yerine kendilerine tahsis edilen müstakil işleri yapmakla yükümlüdür. İşlem elemanları çok basit işlemleri yapmalarına rağmen görev paylaşımı, çok zor problemlerin çözümünü kolaylaştırmaktadır.

Problemlerdeki giriş uzayının geniş olabileceğini düşünürsek, işlem elemanlarındaki lineer olmayan aktivasyon fonksiyonu sayesinde, hem küçük değerdeki hem de yüksek değerdeki giriş sinyalleri işlenebilmektedir [40,41].

4.6. YSA ile Hesaplamanın Özellikleri

YSA'nın hesaplama özelliklerini, paralel dağılmış yapısından, öğrenebilme ve genelleme yapma yeteneğinden aldığı söylenebilir. Genelleme, eğitim ya da öğrenme süresince kullanılmayan girişler için de YSA'nın uygun tepkileri üretmesi olarak tanımlanır. Bu özellikleri ile YSA'lar karmaşık ve çözümlenmesi güç problemleri de çözebilme yeteneğine sahiptir. Nesne tanıma, işaret işleme, sistem tanımlama ve denetimi gibi birçok mühendislik alanında YSA'ları, aşağıda belirtilen özellikleri nedeniyle başarılı olmuştur [46].

4.6.1. Doğrusal olmama

YSA'nın temel işlem elemanı olan hücre doğrusal değildir. Dolayısıyla hücrelerin birleşmesinden meydana gelen YSA da doğrusal değildir ve bu özellik tüm ağa yayılmış durumdadır. Bu özelliği ile YSA, doğrusal olmayan karmaşık problemlere çözüm getirmektedir [45,46].

4.6.2. Öğrenme

Yapay sinir ağları insan zekası gibi örneklerle eğitilir. Ağlar ne kadar çok örnekle eğitilirse problem üzerindeki teşhisi o kadar doğru olur. Eğitime belirli kabul edilebilir bir hata ile yapılır. Bir yapay sinir ağında öğrenme ağırlık matrisinde değişme olarak düşünülür. Öğrenme genel olarak iki grup tarzında sınıflandırılmaktadır. Bunlar denetimli öğrenme ve denetimsiz öğrenme olarak verilebilir.

Denetimli öğrenme, giriş vektörlerinin data setini ve ağı eğitmek için çıkış vektörlerinin cevabını kullanır. Ağırlık matrisi, toplam ağ hatasının kabul edilebilir hatadan daha büyük olduğu sürece güncelleştirilir.

Örneğe ait çıkış değeri ile ağ çıkış değeri karşılaştırılarak ağın hatası bulunur. Bu hata kabul edilebilir seviyeye gelinceye kadar, yapay sinir ağı nöronlar arasındaki ağırlıkları değiştirerek iterasyona devam edilir. Ağın eğitilmesine imkan sağlayan

data setine “eğitim seti” denir. Bir ağın eğitilmesi sırasında, bağlantı ağırlıklarını ayırmadan çoğu zaman data setinin aynısı işlenir.

Denetimsiz Öğrenmede, ağa sadece giriş veri grubu verilir, çıkış değerleri verilmez. Ağdan bu veri grubuna uyumlu bir çıkış değeri üretecek şekilde kendisini uygun ağırlıklarla düzenlemesi istenir. Bu eğitimde nöron ağının ortam ile karşılıklı ilişkisi minimuma indirilir [40,45,46].

4.6.3. Genelleme

YSA, ilgilendiği problemi öğrendikten sonra eğitim sırasında karşılaşmadığı test örnekleri için de belirtilen tepkiyi üretme kabiliyetine sahiptir. Örneğin, karakter tanıma amacıyla eğitilmiş bir YSA, bozuk karakter girişlerinde de doğru karakteri verir. Nöral hesaplamada hafızalar birleşiktir. Yani eğitilmiş ağa girişin sadece bir kısmı verilse bile, ağ hafızadan bu girişe en yakınını seğererek tam bir giriş verisi alıyormuş gibi kabul eder ve buna uygun bir çıkış değerü üretir. Veri YSA’na, eksik, bozuk veya daha önce hiç karşılaşmadığı şekilde verilse bile, ağ kabul edilebilir en uygun çıkışı üretecektir. Bu özellik ağın genelleştirme özelliğidir [40,45].

4.6.4. Uyarlanabilirlik

YSA ağırlıkları, uygulanan probleme göre değiştirilir. Yani, belirli bir problemi çözmek amacıyla eğitilen YSA, problemdeki değişimlere göre tekrar eğitilebilir. Değişimler devamlı ise gerçek zamanda da eğitime devam edilebilir. Bu özelliği ile YSA, uyarlamalı örnek tanıma, işaret işleme, sistem tanımlama ve denetim gibi alanlarda etkin olarak kullanılır [45,47].

4.6.5. Dağıtılmış birleşik hafıza

YSA’larının en önemli özelliklerinden biri de bilgiyi depolamalarıdır. Sinir hücresi hesaplamalarda bilgi ağırlıklar üzerine dağıtılmıştır. Bağlantıların ağırlıkları sinir hücresi ağın hafıza birimidir. Bu ağırlıklar ağın o andaki sahip olduğu bilgiyi veya

uygulanan örneklerden öğrenmiş olduğu davranışı verir. Bu bilgiler, ağdaki birçok ağırlıklar üzerine (hafıza birimine) dağıtılır [40,45,46].

4.6.6. Hata toleransı

YSA'ları, çok sayıda işlemci elemanların bağlantısı paralel dağılmış bir yapıya sahiptir ve ağına sahip olduğu bilgi, ağdaki tüm bağlantılara dağılmıştır. Giriş data setinde bulunabilecek herhangi bir gürültü, bütün ağırlıklar üzerine dağıtıldığından dolayı, gürültü etkisi tolere edilebilir. Geleneksel yöntemlere göre hatayı tolere etme yetenekleri daha fazladır [47-49].

4.6.7. Paralel işlem yapma

YSA'lar, paralel yapısı nedeniyle büyük ölçekli entegre devre (VLSI) teknolojisi ile gerçekleştirilebilir. Bu özellik, YSA'nın hızlı bilgi işleme yeteneğini ve örnek tanıma, işaret işleme, sistem kimliklendirme ve denetim gibi gerçek zaman uygulamalarında kullanımını artırır[47].

4.7. Yapay Sinir Ağı Modelleri

Yapay sinir ağları, genel olarak ağına yapısına göre; ileri beslemeli (feed-forward) ve geri beslemeli (feed-back) olarak ikiye, öğrenme kuralına göre; Hebb, Hopfield, Delta ve Kohonen olmak üzere dörde, öğrenme algoritmasına göre; danışmanlı, danışmansız ve takviyeli olmak üzere üçe ve uygulamaya göre ise; off-line ve on-line olmak üzere ikiye ayrılabilir. Ayrıca ağırlık matrislerinin simetrik veya asimetrik oluşuna, ağırlık matrisi değerlerinin sabit veya değişken oluşuna, ağda yer alan düğümlerin özelliklerine, kullanılan aktivasyon fonksiyonlarının deterministik veya stokastik oluşuna göre de sınıflandırılabilir. İleri beslemeli ağlar genellikle görüntü tanıma problemlerinde, geri beslemeli ağlar da optimizasyon problemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [45].

İleri beslemeli bir ağda, işlem elemanları genellikle katmanlara ayrılmıştır. İşaretler, giriş katmanından çıkış katmanına doğru tek yönlü bağlantılarla iletilir. İşlem

elemanları bir katmandan diğer bir katmana bağlantı kurarlarken, aynı katman içerisinde bağlantıları bulunmaz. İleri beslemeli ağlara örnek olarak çok katmanlı algılayıcılar MLP (Multilayered Perceptrons) ve LVQ (Learning Vector Quantization) ağları verilebilir. Bu ağlar statik ağlar olarak bilinir.

Bir geri beslemeli sinir ağı, çıkış ve/veya ara katman çıkışlarını, giriş birimlerine veya önceki ara katmanlara geri beslediği bir ağ yapısıdır. Böylece, girişler hem ileri yönde hem de geri yönde aktarılmış olur. Bu çeşit sinir ağlarının dinamik hafızaları vardır ve bir andaki çıkış, hem o andaki hem de önceki girişleri yansıtır. Bundan dolayı, özellikle önceden tahmin uygulamaları için uygundur. Bu ağlar çeşitli tipteki zaman-serilerinin tahmininde oldukça başarı sağlamıştır. Bu ağlara örnek olarak Hopfield, Elman ve Jordan ağları verilebilir [47-50].

Öğrenme kuralına göre yapay sinir ağları, Hebb, Hopfield, Delta ve Kohonen olmak üzere dört kısımda incelenebilir:

Hebb kuralının temelinde, “bir nöron diğer bir nörondan giriş alıyorsa ve her iki nöron da aktif ise (matematiksel olarak aynı işarete sahipse), nöronlar arasındaki ağırlıklar kuvvetlendirilir” prensibi vardır.

Hopfield kuralı, zayıflatma veya kuvvetlendirme büyüklüğü dışında Hebb kuralına benzerdir. Eğer istenilen çıkış ve girişin her ikisi aktif veya her ikisi de aktif değilse, öğrenme oranı tarafından, bağlantı ağırlığı artırılır, diğer durumlarda ise azaltılır.

Delta kuralı, en çok kullanılan öğrenme algoritmalarından biridir. Bu kural, nöronun gerçek çıkışı ile istenilen çıkış değerleri arasındaki farkı azaltan, giriş bağlantılarını güçlendiren ve sürekli olarak değiştiren bir düşünceye dayanmaktadır. Bu kural, ortalama karesel hatayı bağlantı ağırlık değerlerinin değiştirilmesiyle düşürme prensibine dayanır. Hata, aynı anda bir katmandan bir önceki katmanlara geri yayılarak azaltılır. Bu kural geri yayılım olarak da bilinir [47-50].

Kohonen kuralında, nöronlar öğrenmek için yarışır, kazanan nöronun ağırlıkları güncellenir. En büyük çıkışa sahip işlemci nöron kazanır, bu nöron komşularını uyarma ve yasaklama kapasitesine sahiptir.

Öğrenme algoritmasına göre yapay sinir ağları, danışmanlı, danışmansız ve takviyeli olmak üzere üç kısımda incelenebilir [47-50].

Danışmanlı öğrenmede, öğrenme aşamasında YSA'na, ne öğrenmesi gerektiği örnek bir çıkışla bildirilir. İstenilen çıkış ile gerçek çıkış arasındaki farka (hata) göre, nöronlar arası bağlantıların ağırlığı, en uygun çıkış elde etmek için bir öğrenme algoritmasıyla düzenlenir. Widrow-Hoff tarafından geliştirilen delta kuralı ve Rumelhart ve McClelland tarafından geliştirilen genelleştirilmiş delta kuralı veya geri yayılım algoritması danışmanlı öğrenme algoritmalarına örnek olarak verilebilir.

Danışmansız öğrenmede, girişe verilen örnekten elde edilen çıkış bilgisine göre, ağ sınıflandırma kurallarını kendi kendine geliştirmektedir. Bu öğrenme algoritmasında, istenilen çıkış değerinin bilinmesine gerek yoktur. Uygulanan girişe göre, bu giriş verileri arasındaki matematiksel ilişkiye göre bağlantı ağırlıkları ayarlanır. Grossberg tarafından geliştirilen ART (Adaptive Resonance Theory) veya Kohonen tarafından geliştirilen SOM (Self Organizing Map) öğrenme kuralı danışmansız öğrenmeye örnek olarak verilebilir [47-50].

Takviyeli öğrenme kuralı, danışmanlı öğrenme algoritmasının özel bir formudur. Bu algoritmada, giriş değerlerine karşı istenilen çıkış değerinin bilinmesine gerek yoktur. YSA'na bir hedef verilmemekte fakat elde edilen çıkışın verilen girişe karşılık uygunluğunu değerlendiren bir kriter kullanılmaktadır. Optimizasyon problemlerini çözmek için Hinton ve Sejnowski'nin geliştirdiği Boltzmann kuralı veya Genetik algoritma, takviyeli öğrenmeye örnektir.

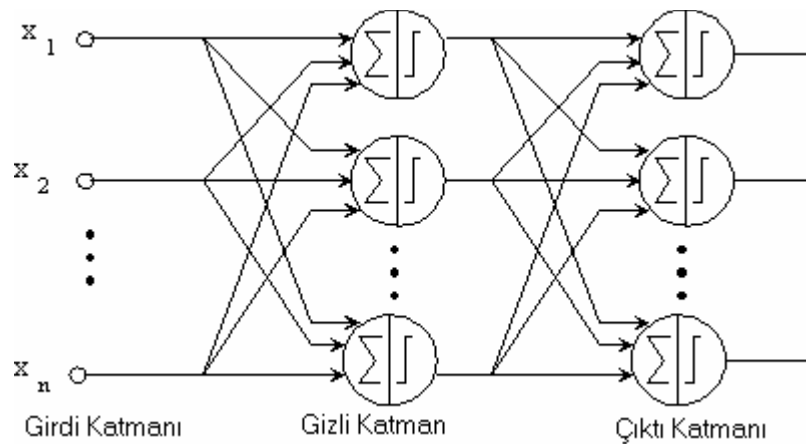
Uygulamaya göre de yapay sinir ağları, off-line ve on-line olmak üzere iki kısımda incelenebilir:

Ağların çoğu için off-line çalışma modu kullanılır. Bu yaklaşımda ağ farklı bir ortamda eğitilir. Eğitimin sonucunda, elde edilen ağırlıklar ile ağın yapısı, daha sonra on-line uygulamalarda kullanılabilir. Bu aşamada hiçbir öğrenme algoritması kullanılmaz sadece mevcut ağ parametreleri kullanılarak ileri yönde bir hesaplama yapılarak çıkış elde edilir.

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 öğretilcek sistemin devamlı olarak farklı davranışlar sergilediği uygulamalarda kullanılır [47-50].

4.8. Çok Katmanlı Ağlar

Yapay sinir ağlarının ilk modellerinden olan tek katmanlı algılayıcı modellerinin en temel özelliği doğrusal problemleri çözebilmeye yetenekleridir. Bu tip ağlarla doğrusal olmayan problemler öğrenilememektedir. Bu sorunu çözmek için çok katmanlı ağlar geliştirilmiştir. Rumelhart ve arkadaşları tarafından geliştirilen bu modele hata yayma modeli veya geriye yayım modeli denmektedir. Bu model Delta öğrenme kuralı denilen bir öğrenme yöntemini kullanmaktadır. Çok katmanlı ağların yapısı Şekil 4.8'de görülmektedir. Çok katmanlı ağlar, ileri beslemelidir ve giriş, gizli ve çıkış olmak üzere üç katmana sahiptir. Giriş ve çıkış katmanları, sinyaller için aynı sayıda sinirlere sahiptir. Gizli katman sayısı için genel olarak bir ölçüt yoktur ve genellikle deneme yanılmayla bulunur.



Şekil 4.8. Çok katmanlı ağ yapısı [6,7,45]

Girdi katmanında herhangi bir bilgi işleme olmaz. Girdi katmanındaki her işlem elemanı, bir sonraki gizli katmanda bulunan her işlem elemanı ile bağlantılıdır. Gizli katman, girdi katmanından gelen bilgileri işleyerek çıkış katmanına gönderir. Yine, gizli katmandaki her işlem elemanı, çıkış katmanındaki bütün işlem elemanlarıyla bağlantılıdır. Birden fazla gizli katman olabilir. Çıkış katmanı, gizli katmandan gelen bilgileri işleyerek çıktıları dış dünyaya iletir.

Çok katmanlı ağlar danışmanlı öğrenme prensibine göre çalışır. Bu ağlara eğitim sırasında hem girdiler hem de o girdilere karşılık üretilmesi gereken çıktılar gösterilir. Ağın görevi her girdi için o girdiye karşılık gelen çıktıyı üretmektir. Çok katmanlı ağın öğrenme kuralı en küçük kareler yöntemine dayalı Delta öğrenme kuralının genelleştirilmiş halidir. O nedenle öğrenme kuralına “Genelleştirilmiş Delta Kuralı” da denir. Bu kural iki safhadan oluşur. İlki, ağın çıktısının hesaplandığı ileri doğru hesaplama kısmı, ikincisi ise ağırlıkların değiştirildiği geriye doğru hesaplama kısmıdır [6,45].

4.8.1. Çok katmanlı ağın eğitilmesi

Katman sayısının fazla olması iyi olmakla beraber hesapsal yükü üssel bir biçimde arttıracığından pratikte genel olarak üç katmanlı ağlar kullanılır. Üç katmanlı bir ağın genel yapısı Şekil 4.9’da görülmektedir.

Ara katman çıkışları,

$$\bar{O}_{pk} = f(\bar{b}_k + \sum_{n=1}^N \bar{w}_{kn} x_{pn}), \quad p = 1, \dots, P, \quad k = 1, \dots, K \quad (4.3)$$

bağıntısı ile verilmiştir.

Çıkış katmanı, gizli katman çıkışlarını kullanır. Çıkış katmanı çıkışları,

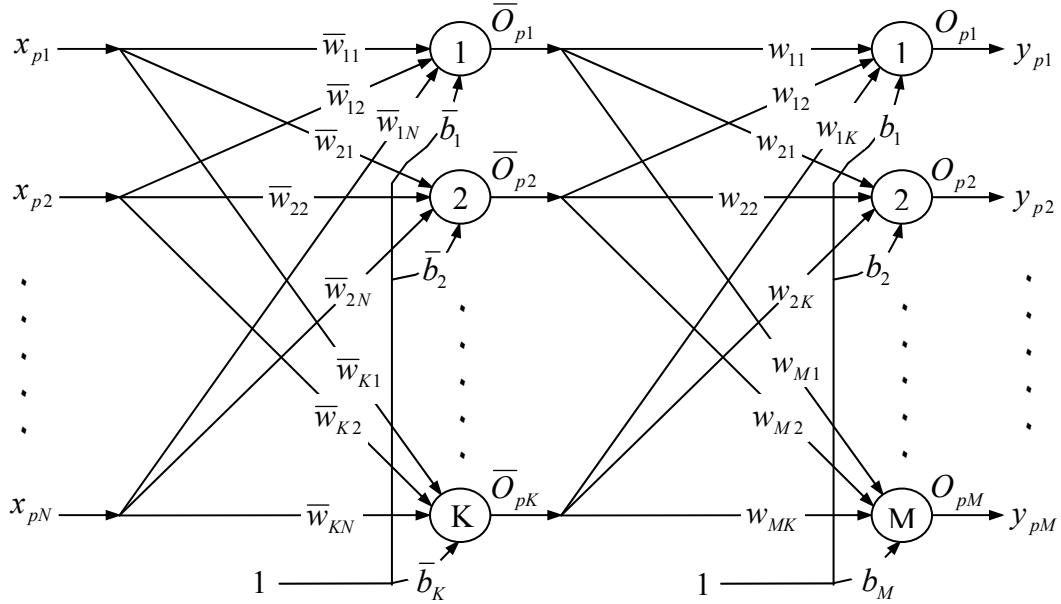
$$O_{pm} = f(b_m + \sum_{k=1}^K w_{mk} \bar{O}_{pk}), \quad p = 1, \dots, P, \quad m = 1, \dots, M \quad (4.4)$$

bağıntısı ile verilmiştir.

Herhangi bir veri için hata,

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M (y_{pm} - O_{pm})^2 \quad (4.5)$$

bağıntısı ile hesaplanır.



Şekil 4.9. Üç katmanlı yapay sinir ağı [6,7,45]

Bütün verileri kapsayan toplam hata,

$$E = \sum_{p=1}^P E_p = \frac{1}{2} \sum_{p=1}^P \sum_{m=1}^M (y_{pm} - O_{pm})^2$$

şeklindedir.

Çıktı katmanı ile gizli katman arasındaki ağırlık düzeltme miktarları,

$$\begin{aligned} \Delta w_{mk}(t+1) &= -\eta \frac{\partial E_p}{\partial w_{mk}} + \alpha \Delta w_{mk}(t) \\ &= -\eta \frac{\partial E_p}{\partial O_{pm}} \frac{\partial O_{pm}}{\partial w_{mk}} + \alpha \Delta w_{mk}(t) = \eta \delta_{pm} \bar{O}_{pk} + \alpha \Delta w_{mk}(t) \end{aligned} \quad (4.6)$$

$$\begin{aligned} \Delta b_m(t+1) &= -\eta \frac{\partial E_p}{\partial b_m} + \alpha \Delta b_m(t) \\ &= -\eta \frac{\partial E_p}{\partial O_{pm}} \frac{\partial O_{pm}}{\partial b_m} + \alpha \Delta b_m(t) = \eta \delta_{pm} + \alpha \Delta b_m(t) \end{aligned} \quad (4.7)$$

bağıntıları ile hesaplanır.

Girdi katmanıyla gizli katman arasındaki ağırlık düzeltme miktarları,

$$\begin{aligned}\Delta \bar{w}_{kn}(t+1) &= -\eta \frac{\partial E_p}{\partial \bar{w}_{kn}} + \alpha \Delta \bar{w}_{kn}(t) \\ &= -\eta \sum_{m=1}^M \frac{\partial E_p}{\partial O_{pm}} \frac{\partial O_{pm}}{\partial \bar{O}_{pk}} \frac{\partial \bar{O}_{pk}}{\partial \bar{w}_{kn}} + \alpha \Delta \bar{w}_{kn}(t) = \eta \bar{\delta}_{pk} x_{pn} + \alpha \Delta \bar{w}_{kn}(t)\end{aligned}\quad (4.8)$$

$$\begin{aligned}\Delta \bar{b}_k(t+1) &= -\eta \frac{\partial E_p}{\partial \bar{b}_k} + \alpha \Delta \bar{b}_k(t) \\ &= -\eta \sum_{m=1}^M \frac{\partial E_p}{\partial O_{pm}} \frac{\partial O_{pm}}{\partial \bar{O}_{pk}} \frac{\partial \bar{O}_{pk}}{\partial \bar{b}_k} + \alpha \Delta \bar{b}_k(t) = \eta \bar{\delta}_{pk} + \alpha \Delta \bar{b}_k(t)\end{aligned}\quad (4.9)$$

bağıntıları ile hesaplanır.

Düzeltilme miktarlarının ağırlıklara ilavesi ile ağırlık ve biasların bir sonraki değeri,

$$w_{mk}(t+1) = w_{mk}(t) + \Delta w_{mk}(t+1) \quad (4.10)$$

$$b_m(t+1) = b_m(t) + \Delta b_m(t+1)$$

$$\bar{w}_{kn}(t+1) = \bar{w}_{kn}(t) + \Delta \bar{w}_{kn}(t+1) \quad (4.11)$$

$$\bar{b}_k(t+1) = \bar{b}_k(t) + \Delta \bar{b}_k(t+1)$$

Gizli ve çıkış katmanında sigmoid transfer fonksiyonu kullanılması durumunda,

$$\delta_{pm} = O_{pm} (1 - O_{pm})(y_{pm} - O_{pm}) \quad (4.12)$$

$$\bar{\delta}_{pk} = \bar{O}_{pk} (1 - \bar{O}_{pk}) \sum_{m=1}^M \delta_{pm} w_{mk}(t)$$

olarak bulunur.

Yukarıdaki formüllerde kullanılan η öğrenme katsayısı ne kadar büyük olursa ağırlıklardaki değişiklikler de o oranda büyük olmaktadır. Pratik uygulamalar için osilasyona sebep olmayacak en büyük öğrenme katsayısının seçilmesi, öğrenmenin daha hızlı olmasını sağlayacaktır. Osilasyona sebep olmadan öğrenme hızını artırmanın bir yolu, genel delta kuralına bir momentum terimi (α) eklemektir. Bu metot özellikle hata yüzeyini bir minimuma indirgeyen keskin inişler için yararlıdır.

Keskin inişte yapılan bir hızlı ilerleme bu minimum düzeyde osilasyonlara sebep olabilir. Buna karşı alınacak önlem küçük adımlarla ilerlemektir. Fakat bu da o keskin iniş boyunca işlemin çok yavaşlamasına sebep olur. Eklenen momentum terimi o bölgedeki keskinliği filtreleyerek daha hızlı olarak ağırlıkların değiştirilmesine imkan sağlar [6,7,40,45,47,48,49].

4.8.2. Çok katmanlı ağıın çalışma prosedürü

Çok katmanlı ağların çalışması şu adımları içermektedir:

- Örneklerin toplanması: Ağıın çözmesi istenilen olay için daha önce gerçekleşmiş örneklerin bulunması adımıdır. Ağıın eğitilmesi için örnekler toplandığı gibi ağıın test edilmesi için de örneklerin toplanması gerekmektedir. Ağıın eğitilmesi sırasında test seti ağa hiç gösterilmez. Eğitim setindeki örnekler tek tek gösterilerek ağıın olayı öğrenmesi sağlanır. Ağ olayı öğrendikten sonra test setindeki örnekler gösterilerek ağıın performansı ölçülür. Hiç görmediği örnekler karşısındaki başarısı ağıın iyi öğrenip öğrenmediğini ortaya koymaktadır.
- Ağıın topolojik yapısının belirlenmesi: Öğrenilmesi istenen olay için oluşturulacak ağıın topolojik yapısı belirlenir. Kaç tane girdi elemanı, kaç tane gizli katman, her gizli katmanda kaç tane işlem elemanı ve kaç tane çıktı elemanı olması gerektiği bu adımda belirlenmektedir.
- Öğrenme parametrelerinin belirlenmesi: Ağıın öğrenme katsayısı, işlem elemanlarının aktivasyon fonksiyonları, momentum katsayısı gibi parametreler bu adımda belirlenmektedir.
- Ağırlıkların başlangıç değerlerinin atanması: İşlem elemanlarını birbirine bağlayan ağırlık değerlerinin ve eşik değer ünitesi ağırlıklarının başlangıç değerlerinin atanması yapılır. Başlangıçta genellikle rastgele değerler atanır. Daha sonra ağ uygun değerleri öğrenme sırasında kendisi belirler.

- Öğrenme setinden örneklerin seçilmesi ve ağa gösterilmesi: Ağın öğrenmeye başlaması ve yukarıda anlatılan öğrenme kuralına uygun olarak ağırlıkları değiştirmesi için ağa örnekler belirli bir düzeneğe göre gösterilir.
- Öğrenme sırasında ileri hesaplamaların yapılması: Yukarıda anlatıldığı şekilde sunulan girdi için ağın çıktı değeri hesaplanır.
- Gerçekleşen çıktının beklenen çıktı ile karşılaştırılması: Ağın ürettiği hata değerleri bu adımda hesaplanır.
- Ağırlıkların değiştirilmesi: Yukarıda anlatıldığı gibi geri hesaplama yöntemi uygulanarak üretilen hatanın azalması için ağırlıkların değiştirilmesi yapılır.

Yukarıdaki adımlara, çok katmanlı ağın öğrenmesi tamamlanıncaya kadar, yani gerçekleşen çıktılar ile beklenen çıktılar arasındaki hatalar kabul edilir düzeye ininceye kadar devam edilir. Ağın öğrenmesi için bir durdurma kriterinin olması gerekmektedir. Bu ise genellikle üretilen hatanın belirli bir düzeyin altına düşmesi olarak alınmaktadır [6,7,40,45].

4.9.Yapay Sinir Ağlarının Yapıları

Yapay sinir ağları, hücrelerin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmalarından oluşur. Hücre çıkışları, ağırlıklar üzerinden diğer hücrelere ya da kendisine giriş olarak bağlanabilir ve bağlantılarda gecikme birimi de kullanılabilir. Hücrelerin bağlantı şekillerine, öğrenme kurallarına ve aktivasyon fonksiyonlarına göre çeşitli YSA yapıları geliştirilmiştir [6,7,40,45].

4.9.1. İleri beslemeli sinir ağ yapıları

İleri beslemeli yapay sinir ağlarının en tipik şekli nöron modeli oluşturulan katmanların ardışık biçimde bir araya getirilmesi sonucu kurulabilir. İleri beslemeli YSA' da, hücreler katmanlar şeklinde düzenlenir ve bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilir. Bilgi, orta ve çıkış katmanında işlenerek ağ çıkışı belirlenir. Bu yapısı ile ileri beslemeli ağlar

doğrusal olmayan statik bir işlevi gerçekleştirir. İleri beslemeli 3 katmanlı YSA' nın, orta katmanında yeterli sayıda hücre olmak kaydıyla, herhangi bir sürekli fonksiyonu istenilen doğrulukta yaklaştırabileceği gösterilmiştir. Girdilerin uygulandığı katmana giriş katmanı, çıkışların alındığı katmana çıkış katmanı denir ve bu katmana dış dünyadan erişilebilir. Giriş ve çıkış katmanlarının arasında gizli katmanlar bulunur. Giriş ve çıkış katmanlarındaki nöron sayıları ele alınan problemin gereklerine göre belirlenir. Dolayısıyla gizli katman sayısında ve bu katmanların nöron sayılarındaki belirsizlikleri aşabilmenin tek yolu deneme yanılma yöntemidir [6,7,45,47,48].

Giriş katmanı; Giriş veri gruplarının ağa sunulduğu terminallerdir. Bu tabakadaki nöron sayısı, giriş veri sayısı kadardır ve her bir giriş nöronu bir veri alır. Burada veri işlemeden bir sonraki tabakaya yani saklı tabakaya geçer.

Saklı katman; Ağın temel işlevini gören tabakadır. Bazı uygulamalarda ağda birden fazla saklı tabaka bulunabilir. Saklı tabaka sayısı ve tabakalardaki nöron sayısı probleme göre değişir, tamamen ağ tasarımcısının kontrolündedir ve onun tecrübesine bağlıdır. Bu tabaka girdi tabakasından aldığı ağırlıklandırılmış veriyi probleme uygun bir fonksiyonla işleyerek bir sonraki tabakaya iletir. Bu tabakada gereğinden az sayıda nöron kullanılması giriş verilerine göre daha az hassas çıkış elde edilmesine sebep olur. Aynı şekilde, gerektiğinden daha çok sayıda nöron kullanılması durumunda da aynı ağda yeni tip veri gruplarının işlenmesinde zorluklar ortaya çıkar.

Çıkış katmanı; Ağın en uç tabakasıdır. Saklı tabakadan aldığı veriyi ağın kullandığı fonksiyonla işleyerek çıktısını verir. Çıkış tabakasındaki nöron sayısı, ağa sunulan her verinin çıkış sayısı kadardır. Bu tabakadan elde edilen değerler yapay sinir ağının söz konusu problem için çıkış değerleridir.

İleri besleme safhasında, giriş tabakasındaki nöronlar, veri değerlerini doğrudan saklı tabakaya iletir. Saklı tabakadaki her bir nöron, kendi giriş değerlerini ağırlandırarak toplam değer hesap eder ve bunları bir taşıma fonksiyonu ile işleyerek bir ileri tabakaya veya doğrudan çıkış tabakasına iletir. Tabakalar arasındaki ağırlıklar rastgele küçük rakamlardan seçilir [7,40,45].

4.9.2. Hatayı geriye yayma algoritması

Bir sinir ağı, ağın mimarisi, bir nörondaki aktivasyon fonksiyonu ve eğitim algoritması ile karakterize edilir. Çok tabakalı sinir ağlarının eğitimi için genellikle kullanılan eğitim algoritması hatayı geriye yayma (Back Propagation) algoritmasıdır. Türevi alınabilir aktivasyon fonksiyonu ile herhangi bir ileri beslemeli sinir ağları için kullanılabilir. Eğer toplam hata fonksiyonu gibi ağ çıkışlarının her biri için de bir hata fonksiyonu tanımlarsak, hata fonksiyonu, ağırlıkların diferansiyel fonksiyonu olur. Bu nedenle ağırlıklar ile hatanın türev değerini bulabiliriz. Bu teknik, Rumelhart, Hinton ve Williams tarafından geliştirilmiştir. Bu türevler, eğim düşümü yada optimizasyon metodu ile minimum hata fonksiyonunun ağırlıklarını bulmak için kullanılabilir. Hata fonksiyonunun türev değeri için kullanılan algoritma hatayı ağ içerisinde geriye doğru yaydığı için “hatayı geriye yayma” algoritması olarak bilinir. Yapay sinir ağlarının parametrelerinin güncellenmesi için literatürde en çok kullanılan yöntem hatayı geriye yayma yöntemidir. Ses tanıma problemlerinden, nonlinear sistem tanılama ve denetimi problemlerine kadar, yapay sinir ağları ile çözüm üretilen bir çok alanda başarı ile kullanılan bu yöntem, quadratik bir maliyet fonksiyonunun zaman içerisinde, ağ parametrelerinin uyarlanması ile minimizasyonuna dayanmaktadır [6,7].

4.10. Geri Yayınım ve Diğer Sezgisel Algoritmalar

Geri yayınım öğrenme kuralı en genel anlamıyla, her bir katmandaki toplam karesel hatanın gradyeninin tahminine dayalı, gradyen azaltım algoritmasıdır.

$$\Delta W(n) = -\eta \nabla E(n) = \eta \delta(n) X^T(n) \quad (4.15)$$

Bu algoritma 2 sebepten dolayı yavaş işler:

- Her bir iterasyonda, ortalama karesel hatayı ($J(W)$) minimize etmek için toplam karesel hatayı ($E(W,n)$) kullanır. Ortalama karesel hatanın gradyeni, toplam karesel hatanın gradyeninden iyi bir şekilde tahmin edilemez. Bundan dolayı daha fazla iterasyona gereksinim duyar.

- Birinci merteye minimizasyon algoritması olduğundan, birinci mertebeden türevlerden oluşur (gradyen). Oysa hızlı algoritmalar ikinci mertebeden türevleri de içerirler (Hessian matrisi).

Algoritmanın yapısından dolayı yerel minimumlara takılma eğilimindedir. Bir momentum terimi eklenmesiyle iyileştirme yapılabilir:

Ağırlıkların değişim miktarı,

$$\Delta W(n) = \eta \delta(n) X^T(n) + \alpha \Delta W(n-1), 0 < \alpha < 1 \quad (4.16)$$

olarak bulunur. Bu parametrenin eklenmesi, algoritmaya alçak geçiren filtre özelliği kazandırır [40,45,47,48].

4.10.1. Adaptif öğrenme katsayısı

Yakınsama hızını arttırmanın bir yolu da değişken öğrenme katsayısı kullanmaktır. Bu algoritmanın temelinde, ortalama karesel hatanın değişim oranının gözlemlenmesi vardır. Eğer ortalama karesel hatada (J) azalma varsa, ∇J negatiftir. Bu durumda öğrenme katsayısı doğrusal olarak arttırılır,

$$\eta(n+1) = \eta(n) + a, a > 0 \quad (4.17)$$

Eğer hata arttıysa ($\nabla J > 0$), öğrenme katsayısı oransal olarak azaltılır,

$$\eta(n+1) = b \cdot \eta(n), 0 < b < 1 \quad (4.18)$$

Öğrenme katsayısındaki artış neticesinde öğrenme, kararlı halden uzaklaşmaya başlar ve hata fonksiyonu artar. Bundan dolayı öğrenme katsayısının hızlı bir biçimde azaltılması önemlidir [6,7,40,47,48].

4.10.2. Newton metodu

Newton'un minimizasyon metodu, performans kriterinin ikinci türevlerinden yararlanılması esasına dayalıdır. Performans fonksiyonunun (ortalama karesel hata) Taylor serisine açılımı,

$$J(W_{n+1}) = J(W) + \Delta W \cdot \nabla J + \frac{1}{2} \Delta W \cdot H \cdot \Delta W^T + \dots \quad (4.19)$$

$J(W_{n+1})$ 'i minimize etmek için gradyeni alınır ve sifıra eşitlenirse,

$$\nabla J(W_{n+1}) = \nabla J + \Delta W \cdot H + \dots = 0 \quad (4.20)$$

Yüksek mertebeli terimler ihmal edildiğinde,

$$\Delta W = -\nabla J \cdot H^{-1} \text{ olur.} \quad (4.21)$$

(4.21) denkleminin, Hessian'ının tersiyle modifiye edilmiş olan J 'nin gradyeni sayesinde, daha iyi ağırlık güncellemesi yaptığı söylenebilir. Hessian matrisi, ağırlık vektörlerinin yakın civarında, performans fonksiyonunun yüzeyinin şekli hakkında ek bir bilgi içerir.

Newton'un metodu, Conjugate-Gradient algoritmalarından daha hızlıdır. Buna karşılık, Hessian matrisinin tersinin hesaplanması dolayısıyla nispeten daha karmaşıktır.

Bir çok spesifik algoritmanın temelinde Newton metodu vardır. En hızlı ve en popüler olan Levenberg-Marquardt algoritmasının orijininde de Gauss-Newton metodu vardır [6,7,40,45,47,48].

4.10.3. Gauss-Newton metodu

Tüm ağırlıklar satır vektörü olarak gösterilirse,

$$W = [W_1 \dots W_j \dots W_k] \quad (4.22)$$

Anlık hata da sütun vektörü olarak gösterilirse,

$$e(W, n) = d(n) - y(n) = [\varepsilon_1 \dots \varepsilon_k \dots \varepsilon_m]^T \quad (4.23)$$

Anlık performans fonksiyonu $E(W, n)$, hataların karelerinin toplamıdır,

$$E(W, n) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^m \varepsilon_k^2(n) = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon(n) \cdot \varepsilon^T(n) \quad (4.24)$$

Toplam performans $J(W)$ (Ortalama karesel hata),

$$J(W) = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^N E(W, n), \quad M = mN \quad \text{olur.} \quad (4.25)$$

Anlık hatanın birinci türevleri düşünülürse, anlık gradyent vektörünün j bileşeni,

$$\begin{aligned} [\nabla E(W, n)]_j &= \frac{\partial E(W, n)}{\partial W_j} = \sum_{k=1}^m \varepsilon_k(W) \cdot \frac{\partial \varepsilon_k(W)}{\partial W_j} \\ &= \varepsilon^T(W) \cdot \left[\frac{\partial \varepsilon_1(W)}{\partial W_j} \dots \frac{\partial \varepsilon_m(W)}{\partial W_j} \right]^T \end{aligned} \quad (4.26)$$

olarak bulunur.

Eşitlik (4.26), gradyent için matrisel formda genelleştirilirse,

$$\nabla E(W, n) = \varepsilon^T(W, n) \cdot J(W, n) \quad \text{olur.} \quad (4.27)$$

$$\text{Eşitlik (2.27)'de } J(W, n) = \begin{pmatrix} \frac{\partial \varepsilon_1(W)}{\partial W_1} & \dots & \frac{\partial \varepsilon_1(W)}{\partial W_k} \\ \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial \varepsilon_m(W)}{\partial W_1} & \dots & \frac{\partial \varepsilon_m(W)}{\partial W_k} \end{pmatrix} \text{ birinci mertebeden türevleri}$$

içeren Jacobian matrisidir.

Anlık performans fonksiyonunun Hessian matrisini bulmak için eşitlik (4.27)'den faydalanılırsa,

$$\nabla^2 E(W, n) = \frac{\partial}{\partial W} (\varepsilon^T(W) \cdot J(W)) \text{ olur.} \quad (4.28)$$

Daha kolay anlaşılması bakımından, Hessian matrisinin k,j bileşeni hesaplanırsa,

$$\begin{aligned} [\nabla^2 E(W, n)]_{k,j} &= \frac{\partial^2 E(W)}{\partial W_k \cdot \partial W_j} = \sum_{i=1}^M \left(\frac{\partial \varepsilon_i}{\partial W_k} \cdot \frac{\partial \varepsilon_i}{\partial W_j} + \frac{\varepsilon_i \cdot \partial^2 \varepsilon_i}{\partial W_k \cdot \partial W_j} \right) \\ &= \left[\frac{\partial \varepsilon_1}{\partial W_k} \dots \frac{\partial \varepsilon_M}{\partial W_k} \right] \cdot \begin{bmatrix} \frac{\partial \varepsilon_1}{\partial W_j} \\ \vdots \\ \frac{\partial \varepsilon_M}{\partial W_j} \end{bmatrix} + \varepsilon^T \cdot \frac{\partial^2 \varepsilon_i}{\partial W_k \cdot \partial W_j} \end{aligned} \quad (4.29)$$

Eşitlik (4.29) matrisel formda genelleştirilirse,

$$\nabla^2 E(W) = J^T(W) \cdot J(W) + \varepsilon^T(W) \cdot R(W), \quad R(W) = \left\{ \frac{\partial^2 \varepsilon_i}{\partial W_k \cdot \partial W_j} \right\} \quad (4.30)$$

Hata küçük olduğundan $\varepsilon^T(W) \cdot R(W)$ terimi ihmal edilirse Gauss-Newton metodu elde edilir,

$$H(W, n) = \nabla^2 E(W, n) \approx J^T(W, n) \cdot J(W, n) \quad (4.31)$$

Ağırlık değişim miktarını eşitlik (4.21)'dan yararlanılarak bulunabilir,

$$\Delta W(n) = -\varepsilon^T(n) \cdot J(n) \cdot (J^T(n) \cdot J(n))^{-1} [6,7,40,45,47] \quad (4.32)$$

4.10.4. Levenberg-Marquardt algoritması

Geri yayılım algoritması (GYA) çok kullanılmasına rağmen bazı dezavantajları bulunmaktadır. GYA sonuca çok yavaş olarak yaklaşmaktadır. Ayrıca lokal minimuma yakalanma riski de vardır. Geri yayılım, bir adım düşme algoritmasıyken, Levenberg -Marquardt (LM) algoritması Newton metoduna bir yaklaşımdır. LM algoritması, Newton metodunun hızıyla, adım düşme metodunun sağlamlığının bileşkesidir.

Temel olarak bu algoritma, maksimum komşuluk fikri üzerine kurulmuş bir en küçük kareler hesaplama metodudur. Bu algoritma, Gauss-Newton ve Steepest-Descent (Geri Yayınım) algoritmalarının en iyi özelliklerinden oluşur ve bu iki metodun kısıtlamalarını ortadan kaldırır. Genel olarak bu metot yavaş yakınsama problemlerinden etkilenmez.

Gauss-Newton metodunda karşılaşılan problemlerden biri yaklaşık Hessian matrisinin tersinin hesaplanamaması durumudur. Bu problemin üstesinden gelmek için Levenberg-Marquardt algoritmasında Hessian matrisine küçük bir μ sabiti eklenir,

$$H(W) = J^T(W).J(W) + \mu I \quad (4.33)$$

Burada, $H(W)$ Hessian matrisi, $J(W)$ Jacobian matrisi, I birim matris ve μ de küçük bir sabit sayıdır. Ağırlıkların güncellenmesi Gauss-Newton metodunun ufak bir modifikasyonu ile aşağıdaki gibi hesaplanır,

$$\Delta W = -\varepsilon^T(W).J(W).(J^T(W).J(W) + \mu I)^{-1} \quad (4.34)$$

Bu algoritmanın çalışması şu şekilde özetlenebilir:

- (i) Performans fonksiyonu hesaplanır,
- (ii) Küçük bir μ değeriyle başlanır ($\mu = 0.01$),
- (iii) ΔW hesaplanarak, performans fonksiyonunun bir sonraki değeri hesaplanır,
- (iv) Performans fonksiyonunun bir sonraki değeri, şimdiki değerinden büyükse μ 10 kat artırılır,
- (v) Performans fonksiyonunun bir sonraki değeri, şimdiki değerinden küçükse μ 10 kat azaltılır,
- (vi) Ağırlıklar güncellenir ve (iii) adımına gidilir.

Kısaca, ağırlıklara başlangıç değerleri atanır ve hataların karelerinin toplamının hesaplanmasıyla devam edilir. Her hata terimi, hedef çıkış ile gerçek çıkış arasındaki farkın karesini ifade eder. Bütün veri seti için hata terimlerinin tamamının elde

edilmesiyle, ağırlık vektörü (i) den (v)'e kadar olan Levenberg-Marquardt metodu adımlarının uygulanmasıyla adaptasyon sağlanır [6,7,40,45].

4.10.5. Esnek yayılım (Resilient Propagation) algoritması

Çok katmanlı algılayıcılarda, genellikle ara katmanlarda sigmoid transfer fonksiyonu kullanılır. Sonsuz genişlikteki bir aralıkta yer alan giriş değerlerini sınırlı bir aralığa sıkıştırıldığı için bu fonksiyonlar sıkıştırıcı fonksiyonlar olarak adlandırılmaktadır. Sigmoid fonksiyonlar, eğimleri çok büyük giriş değerleri için sıfıra yakınsayacak şekilde karakterize edilirler. Bu ise ağırlık ve bias değerleri henüz optimum değerlere erişmemişken, çok katmanlı 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 Braun (1993) tarafından geliştirilmiştir. Ağırlıkların güncelleştirme yönü için sadece türevlerin işaretleri kullanılır. Ağırlıkların güncelleştirilmesinde türev değerinin alınmaması bu algoritmayı diğerlerinden ayıran en önemli özelliktir. Bu özelliği Esnek Yayılıma, hızlı çözüme ulaşma yeteneği kazandırmıştır.

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

$$\Delta W_{ji}(k) = \begin{cases} -A_{ji}(k), & \text{Eğer } B(k) > 0 \\ +A_{ji}(k), & \text{Eğer } B(k) < 0 \\ 0, & \text{Aksi halde} \end{cases}$$

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

$$A_{ji}(k) = \begin{cases} \eta A_{ji}(k-1), & \text{Eğer } B(k-1).B(k) > 0 \\ \mu A_{ji}(k-1), & \text{Eğer } B(k-1).B(k) < 0 \\ A_{ji}(k-1), & \text{Aksi halde} \end{cases} \quad (4.35)$$

Burada $B(k-1) = \frac{\partial E}{\partial W_{ji}}(k-1)$, 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 yaptığında, 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 [6,7,40,45].

4.10.6. Eşleştirmeli eğim (Conjugate-Gradient) algoritmaları

Geri yayılım algoritması ağırlık değerlerini eğimin negatifi yönünde dengeler. Bu doğrultu eğimin hızla düştüğü doğrultu olarak bilinir. Bu doğrultuda performans fonksiyonu da hızla düşer. Performans fonksiyonundaki hızlı düşüş, ağırlık hızla yakınsamasını sağlamayabilir. Conjugate-Gradient algoritmalarında, eğim azaltım yöntemindeki doğrultulardan genellikle daha hızlı yakınsayan eşleştirme doğrultularındaki bir arama işlemi yapılır.

Eğim azaltımlı öğrenme algoritmalarında global minimuma doğru olan ağırlık güncellemesindeki adım oranını belirleyen bir öğrenme oranı parametresi kullanılmaktadır. Eşleştirmeli eğim algoritmasında adım boyutu, her bir iterasyonda yeniden güncellenir. Performans fonksiyonunun o doğrultu boyunca minimize edileceği adım boyutunu belirlemek için, eşleştirmeli eğim doğrultusu boyunca bir arama gerçekleştirilir.

Literatürde mevcut olan eşleştirmeli eğim algoritmalarının farklı versiyonları aşağıda özetlenmiştir.

Fletcher-Reeves eşleştirmeli eğim algoritmalarında ilk iterasyon, negatif eğim değeriyle belirlenen doğrultuda arama işlemiyle başlar,

$$p_0 = -g_0 \quad (4.36)$$

Mevcut arama doğrultusu boyunca gidilecek optimum mesafenin belirlenmesi için bir doğrultu araması gerçekleştirilir,

$$X_{k+1} = X_k + \alpha_k p_k \quad (4.37)$$

Daha sonra bir önceki arama doğrultusuyla eşleştirilmek üzere yeni arama doğrultusu belirlenir. Yeni arama doğrultusunun belirlenmesinde uygulanan genel yöntem bir önceki arama doğrultusu ile yeni eğim arama doğrultusunu doğrusal olarak birleştirmektir,

$$p_k = g_k + \beta_k p_{k-1} \quad (4.38)$$

Burada β_k skaler değeri p_k ve p_{k-1} doğrultularının Hessian matrisine (performans fonksiyonunun ikinci mertebeden türevleri) göre birbirine eşleştirmeli olacak şekilde seçilmesiyle elde edilir.

Fletcher-Reeves'in β_k için önerdiği güncelleme yaklaşımı Eşitlik (4.39)'da verilmiştir.

$$\beta_k = \frac{g_k^T g_k}{g_{k-1}^T g_{k-1}} \quad (4.39)$$

Bu ise mevcut eğimin norm karesinin bir önceki eğimin norm karesine oranıdır. Eşleştirmeli eğim algoritmaları genel olarak, değişken değerli öğrenme oranına sahip geri yayılım algoritmalarından daha hızlıdır. Genellikle sonucun problemden probleme farklı olabilmesine karşın, esnek öğrenmeden daha hızlı oldukları söylenebilir. Eşleştirmeli öğrenme algoritmaları basit algoritmalara nazaran çok daha az hafızaya ihtiyaç duyar. Çok sayıda ağırlığın söz konusu olduğu YSA yapılarında kullanımları son derece uygundur.

Polak-Ribiere eşleştirmeli eğim algoritmasında, her bir iterasyondaki arama doğrultusu Fletcher-Reeves yöntemindeki Eşitlik (4.38) ile aynıdır. Bu denklemdeki β_k ifadesi,

$$\beta_k = \frac{\Delta \mathbf{g}_{k-1}^T \mathbf{g}_k}{\mathbf{g}_{k-1}^T \mathbf{g}_{k-1}} \quad (4.40)$$

olarak değiştirilerek, bir önceki iterasyondaki eğim değişiminin mevcut iterasyondaki yeni eğim değeriyle olan iç çarpımının önceki eğimin norm karesiyle bölümü ile elde edilir. Önceki yöntemden daha fazla hesaplama ihtiyacı olmasına rağmen performans olarak hangisinin daha iyi olduğunu söylemek zordur. Bu yöntemin hafıza ihtiyacı Fletcher-Reeves yönteminden oldukça fazladır [6,50,51].

Tüm eşleştirmeli eğim algoritmalarında arama doğrultusu, periyodik olarak eğimin negatifini oluşturulur. Normalde, algoritma iterasyon sayısı, ağ parametre sayısına (ağırlık ve bias) eşit olduğu zaman standart ilk değere dönme noktası oluşur. Bununla beraber eğitimin etkinliğini artırabilecek başka geri döndürme yöntemleri de mevcuttur. Powell-Beale yöntemi bunlardan biridir. Bu yöntemde eğer bir önceki eğim değeriyle o andaki eğim değeri arasında çok az ortogonalite varsa geri başlatım işlevi gerçekleşir. Bu koşul,

$$\left| \mathbf{g}_{k-1}^T \mathbf{g}_k \right| \geq 0.2 \|\mathbf{g}_k\|^2 \quad (4.41)$$

eşitliği ile test edilir. Bu koşulun sağlanması durumunda arama doğrultusu eğimin negatifine geri döndürülür. Powell-Beale öğrenme algoritması bazı problemlerde Polak-Ribiere'den daha iyi sonuç verebilmektedir. Fakat algoritmanın hafıza ihtiyacı Polak-Ribiere'den biraz daha fazladır [6,7,45,46].

Eşleştirmeli eğim algoritmaları her bir iterasyonda doğrultu arama işlemi gerektirmektedir. Bu işlem, her bir arama işleminde ağ giriş verilerine karşı ağın ürettiği çıkışların hesaplanmasını gerektirdiği için işlemsel olarak yoğundur. Moller (1993) tarafından geliştirilen Ölçeklendirilmiş Eşleştirmeli Eğim algoritması zaman alıcı bir arama işleminden kaçınacak şekilde dizayn edilmiştir. Eşleştirmeli eğim

algoritmasıyla Levenberg-Marquardt algoritmasında kullanılan model güvenilir alan yönteminin birleştirilmesidir. Adım büyüklüğü,

$$\alpha_k = -\frac{p_k g_k}{p_k^T A_k p_k + \lambda_k \|p_k\|^2} \quad (4.42)$$

ile belirlenir. Ölçekleme parametresi λ 'nın yeteri kadar büyük seçilmesiyle Hessian matrisinin pozitif tanımlı olması sağlanır. Bu parametrenin optimal değeri iterasyondan iterasyona değişir. Bu parametrenin değeri büyüdükçe öğrenme oranı (adım büyüklüğü) küçülür. Bu yöntem model-güvenilir bölge olarak adlandırılır. Çünkü model sadece mevcut arama noktası etrafındaki küçük bir bölgede etkin olarak güvenilirdir. Güven bölgesinin büyüklüğü λ parametresiyle kontrol edilir. Eğer $\lambda = 0$ ise ağırlık vektörü arama doğrultusu boyunca minimum doğru yaklaşır ve hata fonksiyonu kuadratik bir fonksiyonla ifade edilebilir ve payda pozitif olur. Eğer bu şartlar sağlanmazsa λ değerinin uygun olarak artırılması gerekmektedir. İlk olarak Hessian matrisinin pozitif tanımlı olmaması durumunda eşitlik, $-p_k^T A_k p_k$ terimine bölünür. Yerel kuadratik yakınsamanın doğruluğu,

$$\Delta_k = \frac{E(W_k) - E(W_k + \alpha_k p_k)}{E(W_k) - (E(W_k) + \alpha_k p_k^T g_k + \frac{1}{2} \alpha_k^2 p_k^T g_k)} \quad (4.43)$$

ile belirlenir. Eğer, Eşitlik (4.43)'te bulunan değer 1'e yakınsarsa yakınsama iyidir ve λ değeri azaltılabilirken tersi bir durumda λ değeri artırılabilir. λ_k değeri aşağıdaki şartlara göre güncellenebilir,

$$\begin{aligned} \Delta_k > 0.75 \text{ ise } \lambda_{k+1} &= \frac{\lambda}{2} \\ \Delta_k < 0.25 \text{ ise } \lambda_{k+1} &= 4\lambda_k \\ \text{veya} \quad \lambda_{k+1} &= \lambda_k \end{aligned} \quad (4.44)$$

Eğer $\Delta_k < 0$ ise hatada bir artış olacak ve ağırlıklar güncellenmeyecektir. Bunun yerine Δ_k değerlendirilir. Sonunda algoritma yeterince geniş bir λ_k değeri için eğimin negatifi yönünde küçük bir adım ilerleyeceği için hata azaltımı elde edilecektir. Birbirini izleyen her bir ağırlık güncellemesinden sonra Eşitlik

(4.44)'teki payda artışının pozitif olmasını sağlayan λ_k 'nin artırılma aşamaları ve yerel eğim yakınsamasının doğruluğuna uygun olarak λ_k 'nin güncellenmesi uygulanacaktır. Bu öğrenme algoritmasında bir doğru üzerinde arama işlemi bulunmadığından hesap yükü azdır. Buna karşın iterasyon sayısı diğer eşleştirmeli eğim algoritmalarından daha fazladır. Hafıza ihtiyacı Fletcher-Reeves ile yaklaşık aynıdır [6,7,45,51,52,53].

4.10.7. Quasi-Newton algoritmaları

Newton metodu daha hızlı bir optimizasyon için conjugate gradient algoritmalarına bir alternatiftir. Newtonun temel aşamaları aşağıdaki gibidir.

$$x_{k+1} = x_k - A_k^{-1} g_k \text{ dir.} \quad (4.45)$$

A_k hessian matrisinin (ikinci türevi) ağırlıklar ve biastaki o anki işlem gören değerlerin performans indeksidir. Newton yöntemi genellikle Conjugate Gradient daha hızlı ve kesin çözümler sunar. Ama ileri beslemeli yapay sinir ağları için hessian matrisini hesaplamak daha karmaşık ve maliyetlidir. İkinci türevi hesaplanmasına gerek duyulmayan ve Newton metoduna dayanan bir algoritmalar sınıfı vardır. Bu algoritmalara Quasi Newton metodu denir. Algoritmanın her adımında Hessian matrisinin değerlerini gerçek değerlere güncelleştirirler. Bu hesaplama yapılırken fonksiyonun eğiminden yararlanılır [6,7,53].

4.10.7.1. BFGS algoritması

Quasi Newton metodu Broyden, Fletcher, Goldfarb ve Shanno (BFGS) tarafın başarılı bir şekilde uygulanabilirliği ispat edilmiştir.

Quasi Newton algoritması daha kısa iterasyon sayısında sonuca varmasına rağmen daha fazla bellek ve daha fazla işlem gerektirmektedir. Hessian matrisi $n \times n$ tutulmalıdır. Buradaki n ağdaki ağırlık ve biaslardır. Çok büyük ağlar için Rprop veya Conjugate Gradient algoritmaları daha iyi sonuç vermektedir. Quasi Newton metodu küçük ağlar için daha etkili ve kesin sonuç vermektedir [6,7].

4.10.7.2. One Step Secant (OSS) algoritması

Quasi Newton metodu Conjugate Gradient algoritmalarına göre daha fazla bellek ve hesaplama gerektirmesinden dolayı One Step Secant (OSS) algoritması geliştirilmiştir. BFGS algoritmasına nazaran daha az hesaplama ve bellek gereksinimi ile aynı sonuçlar elde edilebilmektedir. OSS algoritmasının bir adımı Conjugate Gradient algoritmaları ile Quasi Newton algoritması arasındaki boşluklarda bir köprü oluşturmaktadır. OSS algoritması tüm Hessian matrisini hafızasına almak zorunda değildir. Her işlem adımında bir önceki Hessian tanımlama matrisini kullanır. Matrisin tersinin alınmasına gerek duymadan arama yönünün hesaplanması en büyük avantajıdır.

OSS algoritmasının algoritma BFGS algoritmasından daha az bellek ve hesaplama gerektirir. Conjugate Gradient'den daha fazla bellek ve hesaplama ihtiyacı duyar.[6,7,53]

4.10.8. Gradient descent variable learning rate (GDX) algoritması

Standart en dik eğim ile, öğrenme oranı eğitim boyunca sabit tutulmaktadır. Algoritmanın performansı, öğrenim oranının gerektiği gibi ayarlanmasına oldukça duyarlıdır. Eğer öğrenme oranı çok yüksek alınırsa algoritma dalgalanmakta ve kararsız olmaktadır. Eğer öğrenme oranı çok küçük tutulursa algoritmanın yakınsaması çok zaman almaktadır. Eğitimden önce öğrenme oranının optimal değerini belirlemek kullanışlı değildir ve aslında algoritma performans yüzeyinde hareket ettikçe eğitim boyunca optimal öğrenme oranı değişmektedir.

Eğer eğitim süreci boyunca öğrenme oranının değişmesine imkan verirseniz, en dik iniş algoritmasının performansını artırabilirsiniz. Uygun bir öğrenme oranı trainingda tarafından kullanılan eğitim prosedüründe bazı değişiklikler gerektirmektedir. İlk olarak, başlangıçtaki ağırlık ve hata hesaplanmaktadır. Her adımda yeni ağırlıklar ve sapmalar mevcut öğrenme oranına göre hesap edilmektedir. Sonrasında yeni çıkışlar ve hatalar tekrar hesaplanmaktadır.

Momentumla birlikte, eğer hata bir önceki hatayı daha önceden belirlenen bir oranın üstünde geçmişse yeni ağırlıklar ve sapmalar göz önüne alınmamaktadır. Ayrıca, öğrenme oranı da azaltılmaktadır. Aksi takdirde, yeni ağırlıklar elde tutulmaktadır. Eğer yeni hata eski hatadan küçükse, öğrenme oranı artırılmaktadır.

Bu prosedür öğrenme oranını artırmakta, ancak sadece ağırlık büyük hata artışları olmaksızın öğrenebileceği kapsama kadar. Böylece, yerel nokta için optimala yakın bir öğrenme oranı elde edilmektedir. Daha büyük bir öğrenme oranı kararlı öğrenme ile sonuçlandığında, öğrenme oranı artırılmaktadır. Öğrenme oranı hatadaki azalmayı garanti edecek kadar yüksek olduğunda, kararlı öğrenme sürdürülene kadar öğrenme oranı azaltılmaktadır.

Trainigdx fonksiyonu uygun öğrenme oranı ile momentumlu öğrenmeyi birleştirmektedir [6,7,53].

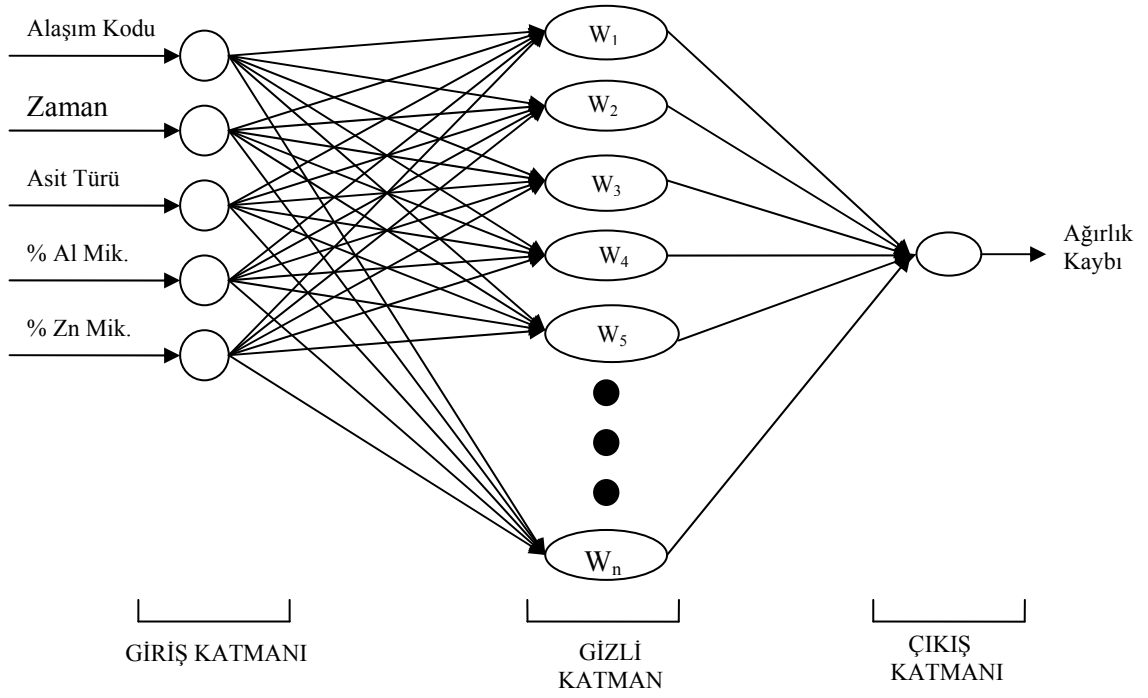
BÖLÜM 5. YAPAY SINİR AĞI ÇALIŞMALARI

5.1. Problemin Tanımlanması

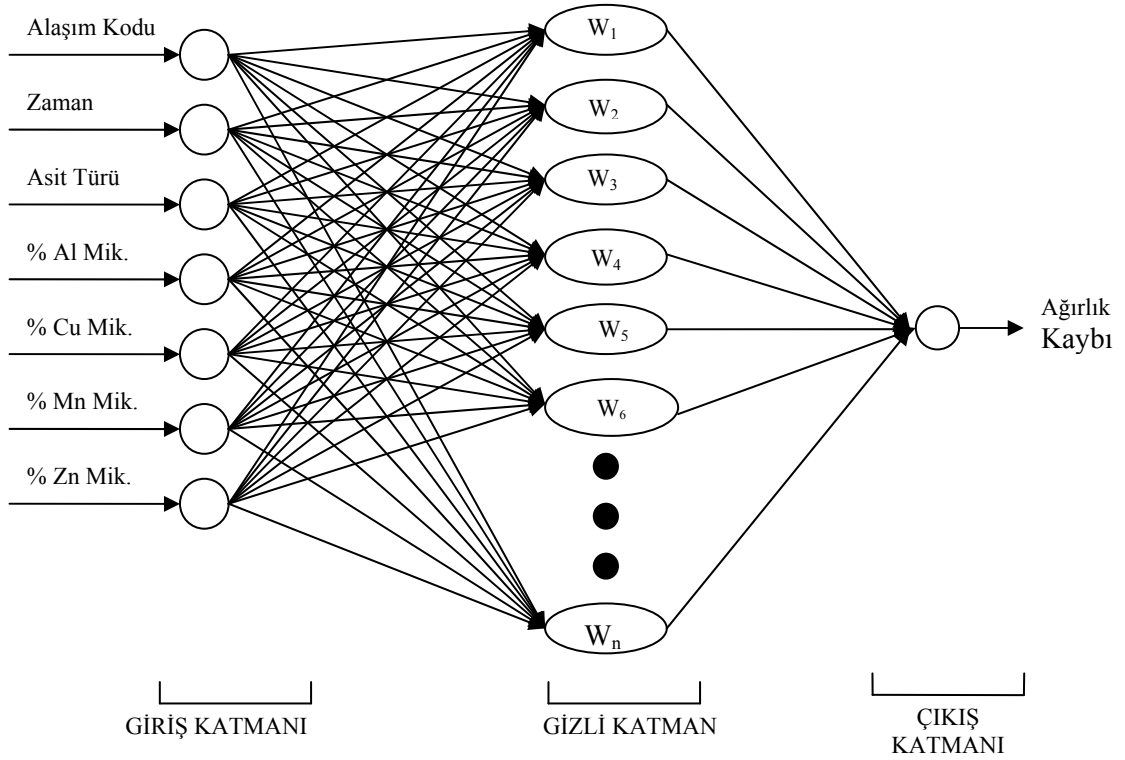
Bu çalışma Elif OKTAY tarafından yapılan “Çinko Alüminyum Alaşımlarının Korozyon Davranışına Alaşım Elementlerinin Etkisi” [19] adlı çalışmada bulunan korozyon deneysel verilerinin farklı zaman aralıklarında tahminine yöneliktir. Elif OKTAY, daha önceden hazırlanmış çinko-alüminyum alaşımlarıyla 0,5 mol'lük HCl, H₂SO₄ ve H₃PO₄ asit çözeltilerinde 2 saatten 20 saate kadar, 2 saat aralıklarla korozyon deneyleri yapmış, bu sürelerin sonunda Çinko-Alüminyum alaşımlarının ağırlık, çap ve yükseklik değerlerini ölçerek birim alanda meydana gelen ağırlık kaybını hesaplamıştır. Bu hesaplamalar Ek A'da görülmektedir.

Bu çalışmada, alaşım gruplarına bağlı olarak beş yapay sinir ağı tasarlanmıştır. Bu yapay sinir ağı modellerinde altı farklı eğitim algoritması kullanılmıştır. Böylece Zn-Al alaşımlarının deney sonuçlarına bağlı olarak, deneylerin zaman periyotlarının haricindeki zamanlarda korozyonun neden olduğu birim alanda meydana gelen ağırlık kayıpları tahmin edilmeye çalışılmıştır.

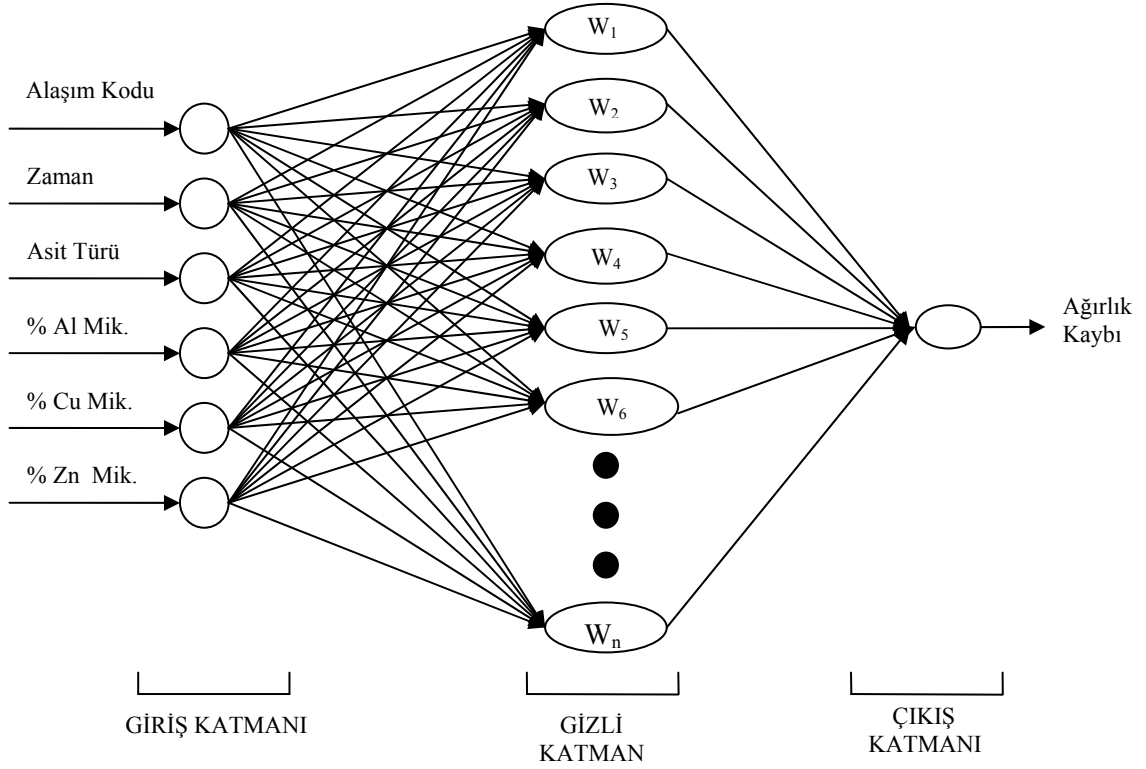
Yapay sinir ağı tasarımı B grubu alaşımlarda altı, C grubu alaşımlarda sekiz, D grubu alaşımlarda yedi, E grubu alaşımlarda altı ve T grubu alaşımlarda sekiz faktör göz önüne alınarak modellenmiştir. Bu faktörler; zaman periyotları, Zn-Al alaşım grubunun kimyasal bileşenleri, birim alanda meydana gelen ağırlık kaybı ve asit çözeltileridir. Bu çalışmada kullanılan; B, C, D, E ve T grubu Çinko-Alüminyum alaşımların yapay sinir ağı modelleri Şekil 1-5'de verilmiştir, Zn-Al alaşımlarının kimyasal bileşenleri Tablo 5.1'de verilmiştir. Zn-Al alaşım grubunun kimyasal bileşenlerindeki miktarı aynı olan elementler göz ardı edilmiştir.



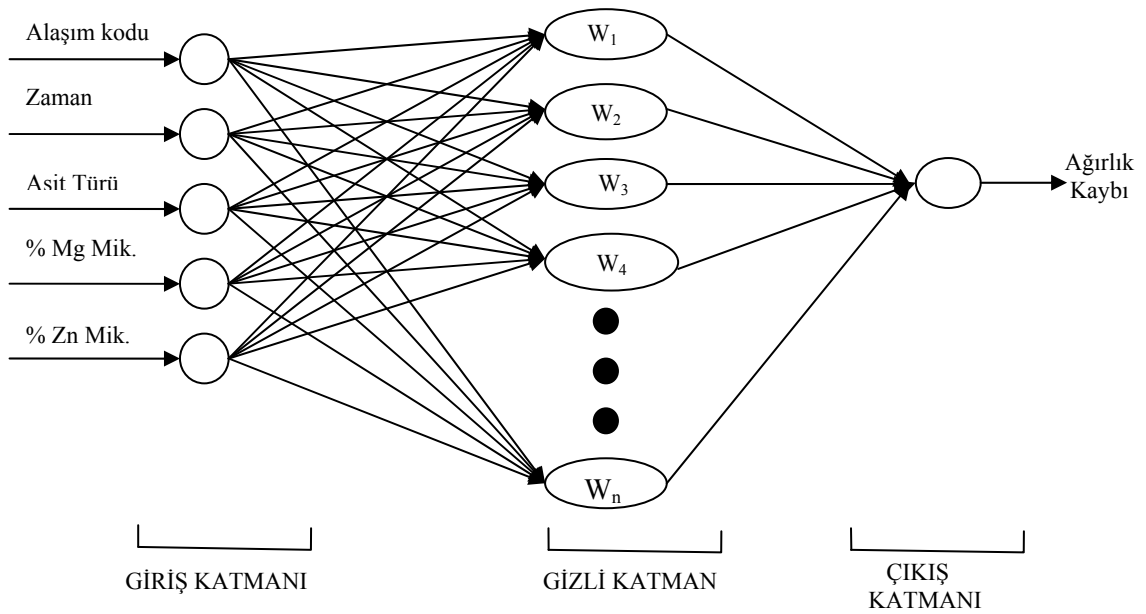
Şekil 5.1 B grubu Çinko-Alüminyum alaşımların yapay sinir ağı modeli



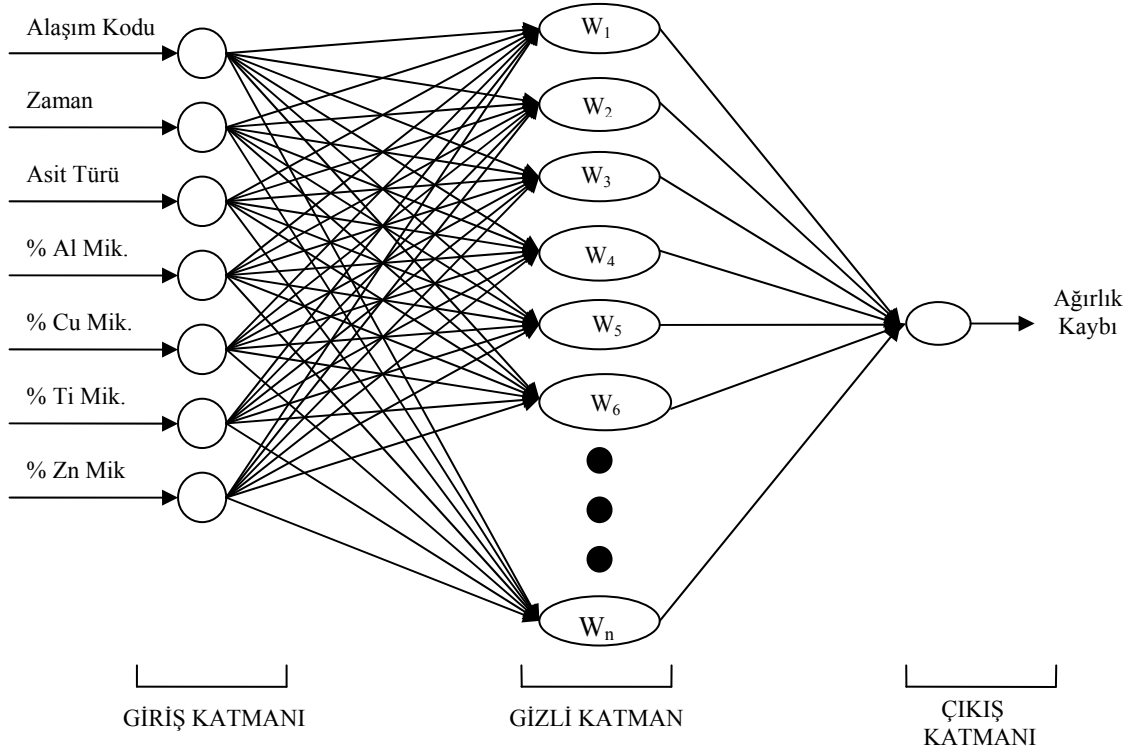
Şekil 5.2 C grubu Çinko-Alüminyum alaşımların yapay sinir ağı modeli



Şekil 5.3 D grubu Çinko-Alüminyum alaşımların yapay sinir ağı modeli



Şekil 5.4 E grubu Çinko-Alüminyum alaşımların yapay sinir ağı modeli



Şekil 5.5 T grubu Çinko-Alüminyum alaşımların yapay sinir ağı modeli

Tablo 5.1 Korozyon numunelerinin kimyasal bileşenleri[19]

Alaşım Kodu	Alaşım Elementleri (% Ağırlık)					
	Al	Cu	Mg	Mn	Ti	Zn
B1	4,87	<0,003	0,028	---	---	Kalan
B5	7,08	<0,003	0,028	---	---	Kalan
B11	10,85	<0,003	0,028	---	---	Kalan
C1	8,1	1	0,026	0,01	---	Kalan
C6	8,06	1,02	0,026	0,14	---	Kalan
C9	8,15	1,1	0,026	0,3	---	Kalan
D2	7,96	0,59	0,03	---	---	Kalan
D5	8,05	2,13	0,03	---	---	Kalan
D7	7,96	2,92	0,03	---	---	Kalan
E1	8,05	1,02	---	---	---	Kalan
E7	8,05	1,02	0,146	---	---	Kalan
E10	8,05	1,02	0,48	---	---	Kalan
T1	8,04	1,02	0,025	---	0,01	Kalan
T4	8	1,06	0,025	---	0,09	Kalan
T7	8,25	1,12	0,025	---	0,2	Kalan

Korozyon deneylerini istenen sürelerde yaparak, birim alanda meydana gelen ağırlık kaybı veya korozyona etki eden diğer faktörlerin korozyona etkilerini incelemek mümkündür. Bu deneyleri çok fazla miktarda yapmak, çalışmanın maliyetini arttırmakta ve uzun zaman almaktadır. Bu nedenle, yapay sinir ağı kullanılarak belirli miktarda yapılan deneyler sonucunda, korozyona etki eden faktörlerin etkilerini tahmin etmek mümkündür [8].

5.2 Öğrenme Kümesinin Oluşturulması

Yapay sinir ağı oluşturulmasında en önemli adım problemi en iyi gösterecek olan eğitim ve test kümelerini belirlemektir. Bu çalışmadaki eğitim ve test kümeleri, Tablo 5.1’de kimyasal bileşenleri verilen Zn-Al alaşımları üzerine Elif OKTAY tarafından yapılan korozyon deneyleri sonucu birim alanda meydana gelen ağırlık kaybı değişimi tablolarında görüleceği gibi (Ek A); asit çözeltileri ve alaşımlar gibi sayısal olmayan değerler ve Zn, Al, Cu, Mg, Mn ,Ti elementlerinin yüzde miktarları, zaman ve birim alandaki ağırlık kaybı gibi sayısal değerlerden oluşmaktadır. Sayısal olmayan değerler yapay sinir ağına tanımlanamamaktadır. Sayısal olmayan değerlerin yapay sinir ağına öğretilmesi için sayısal değerlere dönüştürülmesi gerekmektedir [40]. Bu çalışmada, sayısal olmayan değerler Tablo 5.2’de görüldüğü gibi sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırma işlemi sonucunda tüm sayısal veriler Ek B’deki tablolarda gösterilmiştir.

Tablo 5.2 Sayısal olmayan değerlerin sayısallaştırılması

SAYISAL OLMAYAN DEĞERLER						SAYISAL DEĞER
B1	E1	T1	C1	D2	HCl	1
B5	E7	T4	C6	D5	H ₂ SO ₄	2
B11	E10	T7	C9	D7	H ₃ PO ₄	3

Yapay sinir ağının öğretilmesinin başarılı olup olmadığını görebilmek için, yapay sinir ağı, veri kümesi eğitim ve test kümeleri olarak 2 bölüme ayrılmaktadır. Yapay sinir ağı eğitim sırasında sadece eğitim kümesindeki verileri görür. Yapay sinir ağı eğitim sonrasında test kümesindeki verileri için başarılı sonuçlar elde ediliyorsa iyi

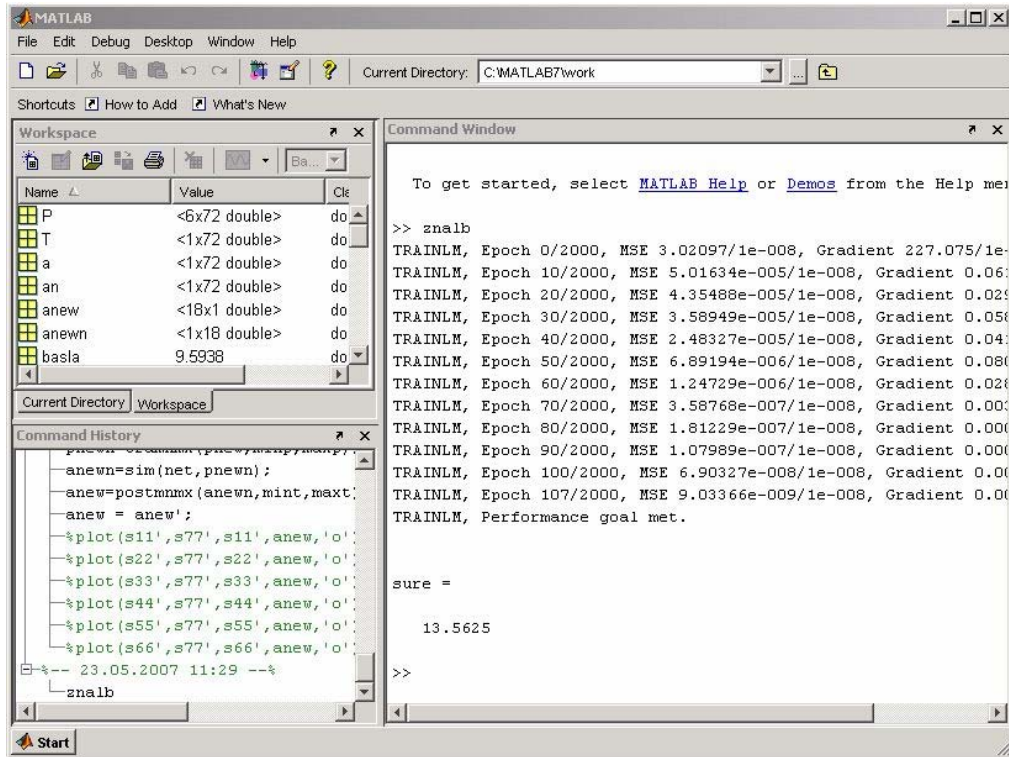
öğrenmiş demektir. Tasarlanan yapay modellerinde 90 adet birim alandaki ağırlık kaybı değerinin 72 adedi eğitim kümesinde 18 tanesi ise test kümesinde kullanılmıştır. Eğitim kümesi ve test kümeleri Ek C ve Ek D’de tablolar halinde görülmektedir.

5.3 Yapay Sinir Ağı Eğitimi

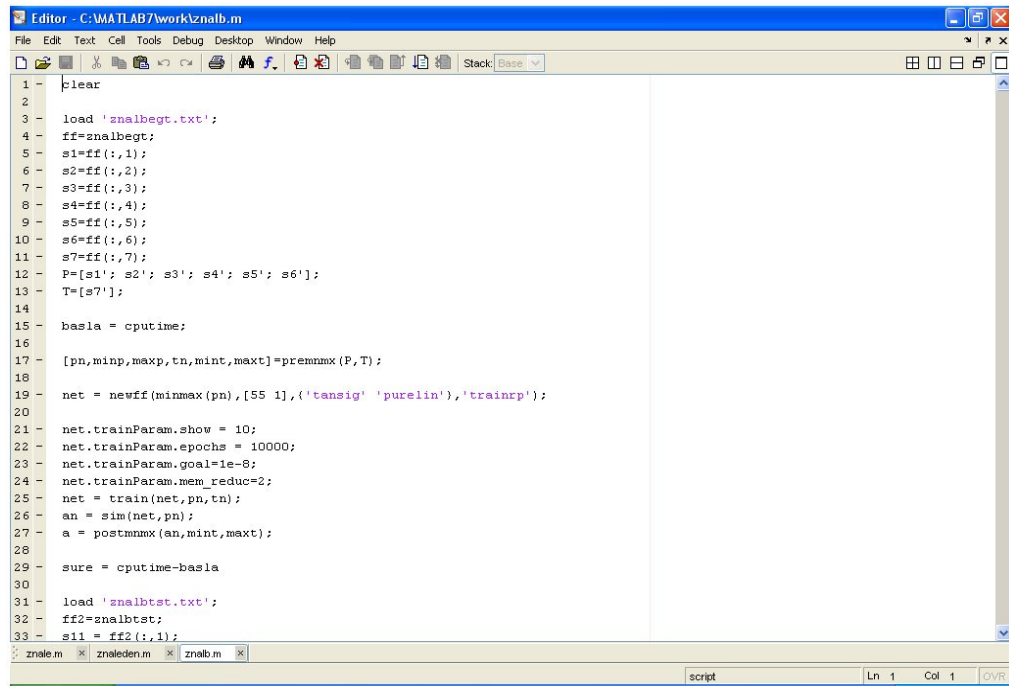
Modellenen yapay sinir ağı Matlab 7.0 programının Neural Network Toolbox’ı kullanılarak eğitilmiştir (Şekil 5.6 ve Şekil 5.6).

Yapay sinir ağının eğitiminde ham veriler girdi katmanından ağa verilir. Girdi katmanında veri işleme olmaz. Gelen her veri burada ara katmana geçer. Ara katmanda birçok sinir hücresi bulunabilir. Ara katmanda veriler işlenerek çıktı katmanına iletilir. Çıktı katmanı, girdi katmanından karşılık ağı ürettiği çıktıları kontrol eder. Belirlenen hata eğitim hata oranına gelinceye kadar gizli katmana verileri geri besler. Belirlenen eğitim hata oranına veya eğitim adımına kadar işlem devam eder. Çıktı katmanındaki değerler bu girdilerden birine gelince veri dış dünyaya verir [6,7,40,48].

Yapay sinir ağının uygulama başarısını belirleyen en önemli faktör öğrenme algoritmasıdır. Genellikle ağ yapısı öğrenme algoritmasının seçiminde belirleyicidir. Bu nedenle seçilen ağ yapısı üzerinde kullanılacak öğrenme algoritmasının seçimi ağ yapısına bağlıdır. Yapay sinir ağının geliştirilmesinde kullanılacak çok sayıda öğrenme algoritması bulunmaktadır. Bunlar içinde bazı algoritmaların bazı tip uygulamalar için daha uygun olduğu bilinmektedir.



Şekil 5.6. Matlab 7.0'ın sorgu ekranı



Şekil 5.7. Matlab 7.0 editör görüntüsü

Bu çalışmada geriye doğru hesaplama algoritmalarından; esnek yayılım (Resilient Propagation(RP)), Levenberg-Marquardt (LM), Polak-Ribiere eşleştirmeli eğim (Polak-Ribiere Conjugate-Gradient (CGP)), birleşik ayıklanmış eğim (Scaled conjugate gradient(SCG)), eğik alçalmalı değişken öğrenme oranlı (gradient descent variable learning rate (GDX)) ve adım adım ilerleyen (one step secant (OSS)) algoritmaları kullanılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan yapay sinir algoritmalarının eğitilmesi; aşağıda B grubu Zn-Al alaşımlar için verilen kodlar yardımıyla gerçekleştirmiştir. D, C, E ve T grubu korozyona etki eden faktörler değiştiği için Zn-Al alaşım gruplarında bazı değişiklikler yapılmıştır.

```
clear (1)
```

```
load 'znalcegt.txt'; (2)
```

```
ff=znalcegt; (3)
```

```
s1=ff(:,1); (4)
```

```
s2=ff(:,2); (5)
```

```
s3=ff(:,3); (6)
```

```
s4=ff(:,4); (7)
```

```
s5=ff(:,5); (8)
```

```
s6=ff(:,6); (9)
```

```
s7=ff(:,7); (10)
```

```
s8=ff(:,8); (11)
```

```
P=[s1'; s2'; s3'; s4'; s5'; s6'; s7']; (12)
```

```
T=[s8']; (13)
```

```
basla = cputime; (14)
```

```
[pn,minp,maxp,tn,mint,maxt]=premnmx(P,T); (15)
```

```
net = newff(minmax(pn),[50 1],{'tansig' 'purelin'},'trainlm'); (16)
```

```
net.trainParam.show = 10; (17)
```

```
net.trainParam.epochs = 2000; (18)
```

```
net.trainParam.goal=1e-12; (19)
```

```
net.trainParam.mem_reduc=2; (20)
```

```
net = train(net,pn,tn); (21)
```

```
an = sim(net,pn); (22)
```

```
a = postmnmx(an,mint,maxt); (23)
```

```
sure = cputime-basla (24)
```

```
load 'znaletst.txt'; (25)
```

```

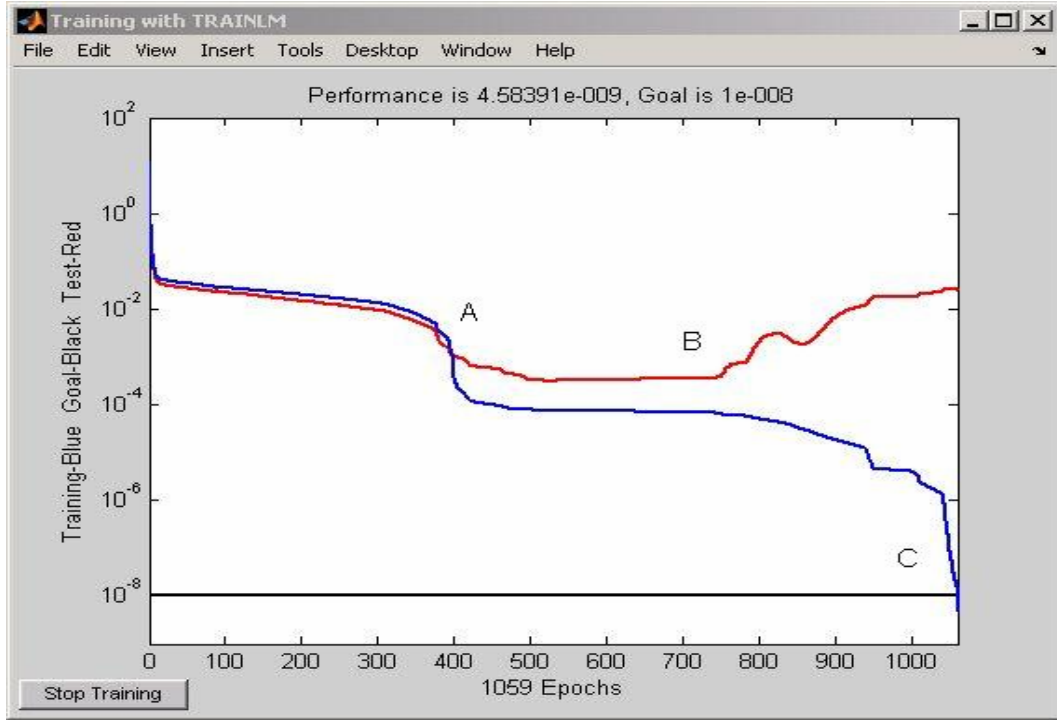
ff2=znalctst; (26)
s11 = ff2(:,1); (27)
s22 = ff2(:,2); (28)
s33 = ff2(:,3); (29)
s44 = ff2(:,4); (30)
s55 = ff2(:,5); (31)
s66 = ff2(:,6); (32)
s77 = ff2(:,7); (33)
s88 = ff2(:,8); (34)
pnew=[s11'; s22'; s33'; s44'; s55'; s66'; s77']; (35)
pnewn=trammx(pnew,minp,maxp); (36)

anewn=sim(net,pnewn); (37)
anew=postmnmx(anewn,mint,maxt); (38)
anew = anew'; (39)

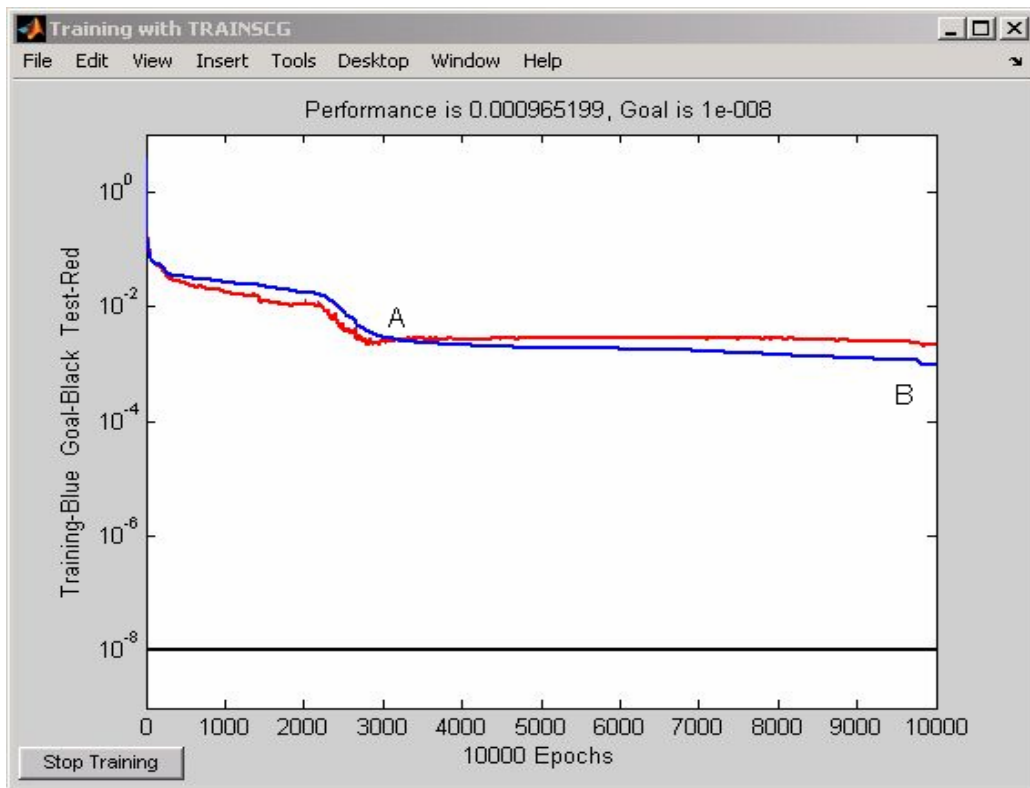
%plot(s11',s88',s11',anew,'o') (41)
%plot(s22',s88',s22',anew,'o') (42)
%plot(s33',s88',s33',anew,'o') (43)
%plot(s44',s88',s44',anew,'o') (44)
%plot(s55',s88',s55',anew,'o') (45)
%plot(s66',s88',s66',anew,'o') (46)
%plot(s77',s88',s77',anew,'o') (47)

```

Geriye doğru hesaplama algoritmalarında giriş katmanından girilen veriler, çıktı katmanında elde edilen çıktılar ile karşılaştırılır. Bunların arasındaki fark hata olarak kabul edilir [40,46,48]. Eğitim istenilen hata oranına kadar devam eder. Bu çalışmada hedeflenen eğitim hata oranı 1.10^{-8} olarak hedeflenmiş fakat Şekil 5.8 ve Şekil 5.9 daki B noktalarında eğitim sonlandırılmıştır.



Şekil 5.8. B grubu Zn-Al alaşımlarının YSA'daki gizli (ara) katmanında 10 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında eğitim ve test hata oranlarının karşılaştırılması



Şekil 5.9. B grubu Zn-Al alaşımlarının YSA'daki gizli (ara) katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasında eğitim ve test hata oranlarının karşılaştırılması

Yapay sinir ağlarının en önemli sorunlarından bir tanesi de öğrenme sürelerinin çok uzun olmasıdır. Bazı problemlerde birkaç yüz iterasyonla iyi sonuçlar elde edilirken, bazı problemlerde ise milyonlarca iterasyon gerekmektedir. Eğitim esnasında, eğitim karesel hata oranı yatay duruma geldiğinde, eğitimin çok fazla uzatılmaması gerekmektedir. Eğitim karesel hata oranı yataya gelmesinden sonra çok fazla iterasyon kullanılması eğitimin ezbere kaçmasına ve bu şekilde yapay sinir ağı tahmini değerleri ile dış dünya verilerinin uyumsuzluğuna neden olmaktadır [40,44,46,48].

Bu çalışmadaki iterasyon sayısını belirlemesi Şekil 5.8 ve Şekil 5.9'da gösterilmiştir. Şekillerdeki kırmızı çizgiler test kümesini mavi çizgiler ise eğitim kümesini temsil etmektedir. A noktalarında test ortalama karesel hatası ile eğitim ortalama karesel hatası birebir kesişmektedir. Eğitim bu noktada kesilebilir. YSA'da ortalama karesel hatayla birlikte iterasyon sayısı, hedeflenen eğitim ortalama hatası ve yüzdesel hata dikkate alındığı için A noktasından B noktasına kadar eğitim ve test ortalama karesel hataları karşılaştırılarak işleme B noktalarına devam edilmiştir. Şekil 5.8'de görüldüğü gibi B noktasından itibaren C noktasına kadar eğitim ve test ortalama karesel hata oranındaki fark giderek artmıştır. Bu nedenle B noktasından sonraki eğitim dikkate alınmamıştır. Bu iterasyonlar her bir Zn-Al alaşım grubu Ek E'nin Epoch kısmında gösterilmiştir.

Bu çalışmada eğitim ve test ortalama karesel hata oranları dikkate alınarak LM algoritmasında 2000 olarak alınmıştır. Diğer algoritmalarda ise 10000 olarak alınmıştır.

Yapay sinir ağının yapısal özelliklerinden bir tanesi de her bir katmanda bulunan nöron sayısıdır. Katmandaki nöron sayısının tespitinde de genellikle deneme-yanılma yöntemi kullanılır. Bunun için izlenecek yol, başlangıçtaki nöron sayısını istenilen performansa ulaşıncaya kadar arttırmak veya tersi şekilde istenen performansın altına inmeden azaltmaktır. Bir katmanda kullanılacak nöron sayısı olabildiğince az olmalıdır. Nöron sayısının az olması yapay sinir ağının "genelleme" yeteneğini arttırırken, gereğinden fazla olması ağın verileri ezberlemesine neden olur. Ancak gereğinden az nöron kullanılmasının verilerin ağ tarafından öğrenilememesi gibi bir sorun yaratabilir [40,48]. Bu çalışmada veriler 10 adet sinir hücresinden başlayarak 60 adet sinir hücresine kadar, 10'ar 10'ar artırılarak eğitilmişlerdir. Eğitimler

sonrasında en iyi sonucu veren sinir hücre sayısı, her bir algoritma için; eğitim karesel ortalama hatası, eğitim iterasyon sayısı, eğitim süresi, test karesel ortalama hatası ve test ortalama yüzde hatası dikkate alınarak tespit edilmiştir. Bu karşılaştırmalar Ek E’de tablolar şeklinde verilmiştir. Örneğin, B grubu alışımlarda en iyi tahmin sonucunu veren hücre sayıları; SCG 15, LM 30, OSS 30, CGP 30, RP 55 ve GDX 25’dir. Bu algoritmaların en uygun sinir hücre sayısı ile yapılan eğitim ve test sonuçlarında tüm deney grupları için yapay sinir ağı tahmini değerleri BÖLÜM 6’da tablolar şeklinde verilmiştir. Altı algoritmadan en küçük yüzdesel hatayı veren algoritmayla deney verileri karşılaştırılmıştır. Buna ek olarak deney zamanlarının haricinde, en büyük ve en küçük deney süresi aralığında değişik zamanlar belirlenerek yapay sinir ağı tahminleri gerçekleştirilmiştir. Bu karşılaştırmalar ve tahminler tablolar şeklinde BÖLÜM 6’da gösterilmiştir.

BÖLÜM 6. YAPAY SİNİR AĞI ÇALIŞMALARININ ANALİZİ

Eğitim ve test setinde birbirinden farklı değerler vardır. Örneğin B grubu alaşımlarda B1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisi içinde yapılan korozyon deneyinin 2 saatteki ağırlık kaybı $0,035895 \text{ mg/mm}^2$ iken B5 kodlu Zn-Al alaşımının H_2SO_4 asit çözeltisi içinde yapılan korozyon deneyinin 20 saatteki ağırlık kaybı ise $2,484722 \text{ mg/mm}^2$ 'dir. Test karesel ortalama hata (MSE) gizli katmanında 10 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında $7,367141 \cdot 10^{-3}$ iken gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasında ise $3,264513 \cdot 10^{-2}$ olmaktadır. Toplam % hatalar ise; gizli katmanında 15 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında 2,62398 iken gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasında ise 2,58671'dir. Veriler arasındaki farklılıktan dolayı % hatalara daha fazla öncelik verilmiştir. Bu çalışmadaki problem bir yakınsama problemi olduğu için LM algoritmasının daha iyi sonuçlar vermesi beklenir. Bu çalışmada da LM algoritması hem karesel ortalama hata'da hem de toplam % hatada olumlu sonuçlar vermiştir. Fakat toplam yüzde hata göz önüne alındığında SCG, OSS ve RP algoritmalarıyla da iyi sonuçlar elde edilebileceği gösterilmiştir.

6.1 B Grubu Alaşımların Yapay Sinir Ağı Sonuçları

Yapılan yapay sinir ağı eğitim ve test çalışmaları sonucu B grubu alaşımlarda 90 adet deney örneğinin eğitilmesi ve testinde kullanılan algoritmalarından; gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG % 2,58671, gizli katmanında 15 sinir hücresi bulunan LM algoritması % 2,62398, gizli katmanında 20 sinir hücresi bulunan CGP algoritması % 3,71978, gizli katmanında 10 sinir hücresi bulunan OSS algoritması % 3,95302, gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritması % 4,37605 ve gizli katmanında 30 hücresi bulunan GDX algoritması % 8,03986'lik sapma göstermişlerdir.

Altı algoritmanın en iyi tahmin sonuçlarını veren sinir hücre sayısına göre B grubu alaşımların asit çözeltilerine göre tahmin sonuçları Tablo 6.1, 6.3, 6.5, 6.7, 6.9, 6.11, 6.13, 6.15 ve 6.17’de verilmiş ve tahmin sonuçlarından elde edilen veriler grafiksel olarak gösterilmiştir (Şekil 1-9).

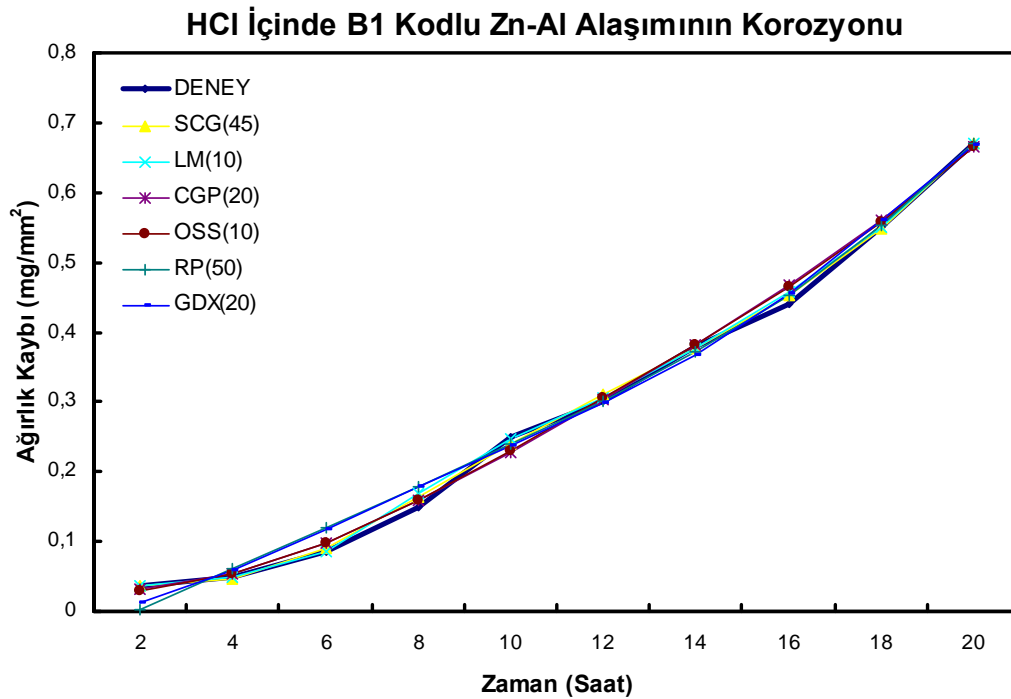
B grubu alaşımların deneylerinin yapay sinir ağı modellenmesinin deney zaman periyotları haricindeki zaman periyotlarında en uygun algoritmanın tahmini değerleri Tablo 6.2, 6.4, 6.6, 6.8, 6.10, 6.12, 6.14, 6.16 ve 6.18 de verilmiştir.

6.1.1. B1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

Şekil 6.1’de görüldüğü gibi, B1 kodlu Zn-Al alaşımının yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 20 sinir hücresi bulunan GDX algoritmasında 4-8. saatler arasındaki deney değerlerinin tahmininde sapmalar olmuştur. B grubu alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasında, B1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisi içerisindeki deneylerinin tahmininde 4-8. saatler arasında en çok %9,3’lük bir sapma olduğu Tablo 6.2’de görülmektedir. Gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasında, B1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisi içerisindeki deneylerinin tahmininde ortalama % 0,36822’lik bir sapma belirlenmiştir.

Tablo 6.1. B1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağına altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık kayıpları (mg/mm ²)	SCG45 Tahmini Ağırlık kayıpları (mg/mm ²)	LM10 Tahmini Ağırlık kayıpları (mg/mm ²)	CGP20 Tahmini Ağırlık kayıpları (mg/mm ²)	OSS10 Tahmini Ağırlık kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık kayıpları (mg/mm ²)	GDX20 Tahmini Ağırlık kayıpları (mg/mm ²)
2	0,035895	0,037370	0,035906	0,031269	0,030520	0,002687	0,011770
4	0,050000	0,045702	0,049268	0,053053	0,052687	0,060480	0,058416
6	0,084948	0,091423	0,086610	0,099056	0,097966	0,120180	0,118290
8	0,150001	0,163960	0,169750	0,159560	0,159560	0,179720	0,179430
10	0,250001	0,240460	0,245970	0,228460	0,230080	0,239310	0,237680
12	0,300001	0,309940	0,305800	0,302760	0,304620	0,301680	0,297640
14	0,380317	0,376340	0,376900	0,381880	0,382150	0,371390	0,368190
16	0,440739	0,451840	0,458190	0,466880	0,464960	0,453660	0,456010
18	0,549686	0,548960	0,550940	0,559990	0,557420	0,552860	0,560270
20	0,670108	0,671220	0,669580	0,664230	0,665040	0,671140	0,668580



Şekil 6.1. B1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.2. B1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasına göre tahmini değerleri

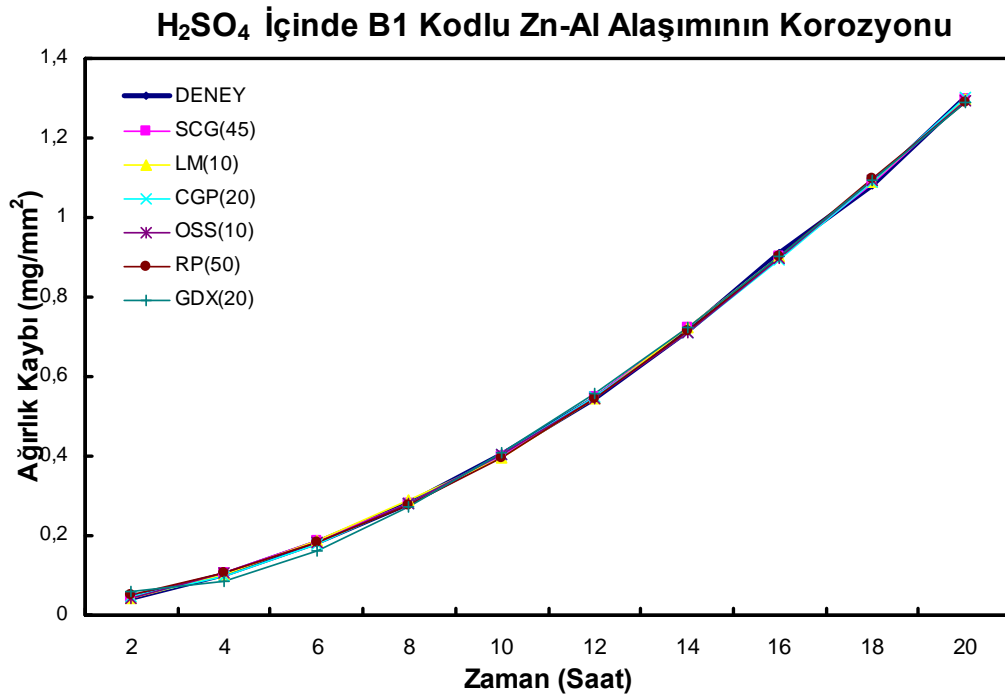
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	SCG45 Ağırlık Tahmini Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Periyodu (Saat)	SCG45 Ağırlık Tahmini Kaybı (mg/mm ²)
2	0,035894876	0,03737	0,304952	3	0,036125
4	0,050000	0,045702	8,596354	5	0,063419
6	0,084948	0,091423	7,622694	7	0,126000
8	0,150001	0,163960	9,306244	8,5	0,184090
10	0,250001	0,240460	3,816372	11	0,276620
12	0,300001	0,309940	3,312934	11,5	0,293450
14	0,380317	0,376340	1,045775	15	0,413080
16	0,440739	0,451840	2,518829	16,5	0,475200
18	0,549686	0,548960	0,132137	17	0,498260
20	0,670108	0,671220	0,165965	18,5	0,576150

6.1.2. B1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

Şekil 6.2’de görüldüğü gibi, B1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde kullanılan gizli katmanında 20 sinir hücresi bulunan GDX algoritmasında 3-8. saatler arasındaki deney değerlerinde sapmalar olmuştur. B grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasında, B1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapma 12. saatte yapılan deney değerinin tahminindedir. Bu sapma miktarı Tablo 6.4’de görüldüğü gibi, %1,000299’dir. B1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasında tahmininde ortalama hata % 0,541173 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.3. B1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG45 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,043619	0,043591	0,043613	0,046284	0,043614	0,052183	0,057655
4	0,104195	0,104560	0,102310	0,098276	0,104350	0,107880	0,085016
6	0,184851	0,185350	0,188480	0,178180	0,183640	0,181610	0,160070
8	0,281125	0,281720	0,289220	0,281500	0,282550	0,277260	0,271760
10	0,404507	0,400500	0,397850	0,405870	0,402560	0,397840	0,406790
12	0,543731	0,549170	0,544740	0,549920	0,545350	0,544290	0,557530
14	0,715418	0,721910	0,722470	0,712580	0,711340	0,714280	0,722750
16	0,908636	0,901780	0,903350	0,892720	0,897440	0,901670	0,902840
18	1,079653	1,086700	1,087800	1,089200	1,095600	1,097300	1,094400
20	1,300425	1,297700	1,297200	1,300700	1,293800	1,291000	1,287600



Şekil 6.2. B1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.4. B1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasına göre tahmini değerleri

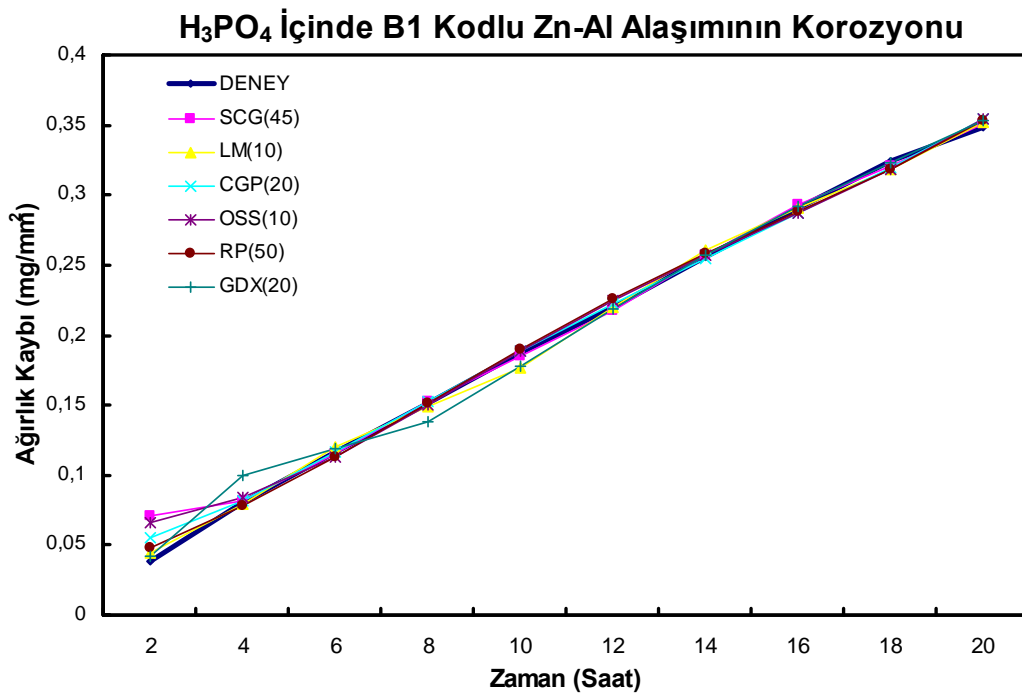
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	SCG45 Ağırlık Tahmini Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	SCG45 Ağırlık Tahmini Kaybı (mg/mm ²)
2	0,043619	0,043591	0,064117	3	0,073239
4	0,104195	0,104560	0,350624	5	0,141310
6	0,184851	0,185350	0,270103	7	0,227870
8	0,281125	0,281720	0,211721	8,5	0,307720
10	0,404507	0,400500	0,990675	11	0,472750
12	0,543731	0,549170	1,000299	11,5	0,510630
14	0,715418	0,721910	0,907442	15	0,808490
16	0,908636	0,901780	0,754485	16,5	0,945860
18	1,079653	1,086700	0,652700	17	0,992700
20	1,300425	1,297700	0,209571	18,5	1,138600

6.1.3. B1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

şekil 6.3’de görüldüğü gibi, B1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde kullanılan gizli katmanında 20 sinir hücresi bulunan GDX algoritmasında, 2-12. saatler arasında yapılan yapay sinir ağı modellemesinde deney değerlerin tahmininde sapmalar olmuştur. Diğer algoritmalarda ise ilk iki deney değerinde sapmalar görülmektedir. B grubu alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasında, B1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 2. saatte % 7,300233’lük bir sapma olduğu Tablo 6.6’da görülmektedir. Yapay sinir ağı modellerinde ilk ve son değerleri çok iyi öğretilememektedir. Yapay sinir ağı eğitiminde yapılan çalışmanın başlangıç değer aralığını sıklaştırılarak bu sorun ortadan kaldırılabılır. Gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasında, B1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması %1,513699 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.5. B1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG45 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,038290	0,071085	0,0442yy	0,055yy8	0,06u	0,048323	0,042520
4	0,080872	0,081433	0,078727	0,081927	0,083895	0,078318	0,099125
6	0,116789	0,115480	0,120490	0,116070	0,113080	0,113440	0,119420
8	0,151239	0,152270	0,148370	0,152500	0,149820	0,151680	0,138210
10	0,187270	0,184450	0,176370	0,188330	0,188500	0,190160	0,177310
12	0,219799	0,218000	0,219510	0,222490	0,224680	0,226180	0,218820
14	0,255604	0,256710	0,260100	0,255070	0,256970	0,258430	0,257510
16	0,290505	0,293110	0,290790	0,286890	0,287010	0,287870	0,291710
18	0,324842	0,321010	0,318090	0,319250	0,318230	0,317810	0,322660
20	0,348674	0,350440	0,352130	0,353940	0,354570	0,353260	0,353130



Şekil 6.3. B1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.6 B1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasına göre tahmini değerleri

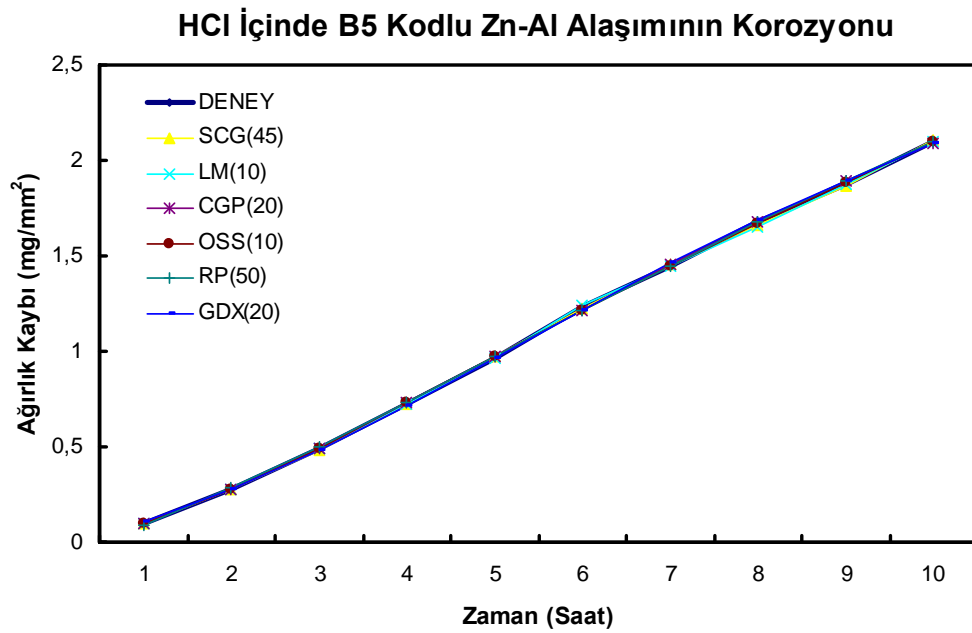
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	SCG45 Ağırlık Tahmini Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	SCG45 Ağırlık Tahmini Kaybı (mg/mm ²)
2	0,038290	0,041085	7,300233	3	0,059544
4	0,080872	0,081433	0,694207	5	0,099888
6	0,116789	0,115480	1,121172	7	0,134790
8	0,151239	0,152270	0,681770	8,5	0,159090
10	0,187270	0,184450	1,505675	11	0,200730
12	0,219799	0,218000	0,818487	11,5	0,209590
14	0,255604	0,256710	0,432739	15	0,274440
16	0,290505	0,293110	0,896649	16,5	0,300360
18	0,324842	0,321010	1,179567	17	0,308300
20	0,348674	0,350440	0,506492	18,5	0,329910

6.1.4. B5 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

Şekil 6.4’de görüldüğü gibi, B5 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisinde yapılan deneylerinin yapay sinir ağı eğitimi tüm algoritmalarda başarı ile tamamlanmıştır. B grubu alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasında, B5 alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 2. saatte %1,761085’lik bir sapma olduğu Tablo 6.8’de görülmektedir. gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasında, B5 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması .% 0,643592 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.7. B5 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG45 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,096369	0,094672	0,096232	0,095533	0,094622	0,087404	0,106130
4	0,275183	0,276220	0,275360	0,276900	0,277230	0,285480	0,278300
6	0,487261	0,483900	0,494820	0,492240	0,491520	0,503210	0,485300
8	0,724647	0,721080	0,724630	0,728150	0,728060	0,734500	0,716900
10	0,966565	0,975410	0,965860	0,972600	0,973880	0,972680	0,963910
12	1,235116	1,225600	1,237300	1,215800	1,217100	1,211700	1,216000
14	1,447416	1,454800	1,445200	1,451300	1,450600	1,446900	1,460500
16	1,674193	1,662800	1,654200	1,676000	1,672900	1,674300	1,686000
18	1,873562	1,869800	1,875100	1,889400	1,886300	1,890900	1,892000
20	2,101886	2,102700	2,101100	2,092900	2,094200	2,094100	2,088100



Şekil 6.4. B5 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.8 B5 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit zeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasına göre tahmini değerleri

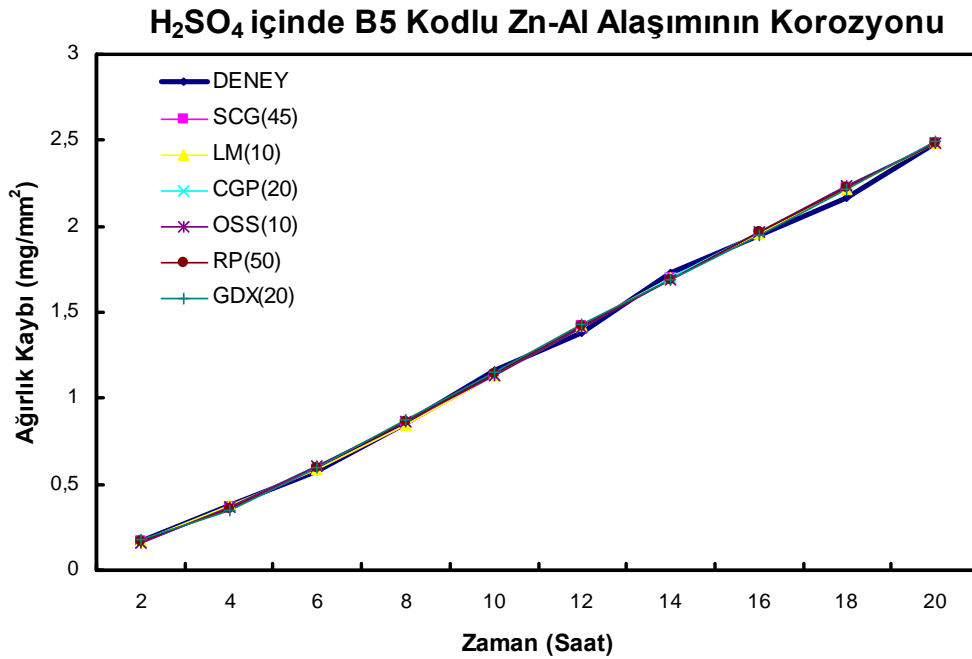
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	SCG45 Ağırlık Tahmini Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	SCG45 Ağırlık Tahmini Kaybı (mg/mm ²)
2	0,096369	0,094672	1,761085	3	0,184050
4	0,275183	0,276220	0,377012	5	0,375030
6	0,487261	0,483900	0,689764	7	0,597420
8	0,724647	0,721080	0,492284	8,5	0,783200
10	0,966565	0,975410	0,915115	11	1,102700
12	1,235116	1,225600	0,770489	11,5	1,164700
14	1,447416	1,454800	0,510158	15	1,559200
16	1,674193	1,662800	0,680496	16,5	1,714100
18	1,873562	1,869800	0,200795	17	1,765900
20	2,101886	2,102700	0,038720	18,5	1,926600

6.1.5. B5 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

Şekil 6.3’de görüldüğü gibi, B5 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin gizli katmanında 10 sinir hücresi bulunan LM algoritması hariç tüm algoritmalarda 18. saatte deney değerlerin tahmininde sapmalar olmuştur. B grubu alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasında, B5 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 12. saatte 2,948327’lik bir sapma olduğu Tablo 6.10’da görülmektedir. Bu algoritmaya göre 18. saatteki deney değerinin tahmininde ise 2,715496’lık bir sapma olmuştur. gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasında, B5 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 1,7956 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.9. B5 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG45 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,165950	0,169330	0,167350	0,163760	0,161110	0,173290	0,176240
4	0,380930	0,371030	0,375600	0,368540	0,372420	0,359450	0,351340
6	0,579104	0,590970	0,586810	0,604860	0,607280	0,595430	0,591340
8	0,857910	0,849190	0,847430	0,862890	0,863100	0,865050	0,869720
10	1,161020	1,135700	1,135800	1,134800	1,134300	1,143300	1,157200
12	1,382538	1,423300	1,425400	1,413900	1,413400	1,419400	1,431600
14	1,728016	1,697500	1,699100	1,694300	1,693300	1,693200	1,688200
16	1,949659	1,961100	1,957300	1,969800	1,968100	1,963700	1,942200
18	2,163257	2,222000	2,214400	2,234100	2,232900	2,227400	2,211700
20	2,484722	2,483300	2,484500	2,481000	2,483400	2,479100	2,493100



Şekil 6.5. B5 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.10. B1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasına göre tahmini değerleri

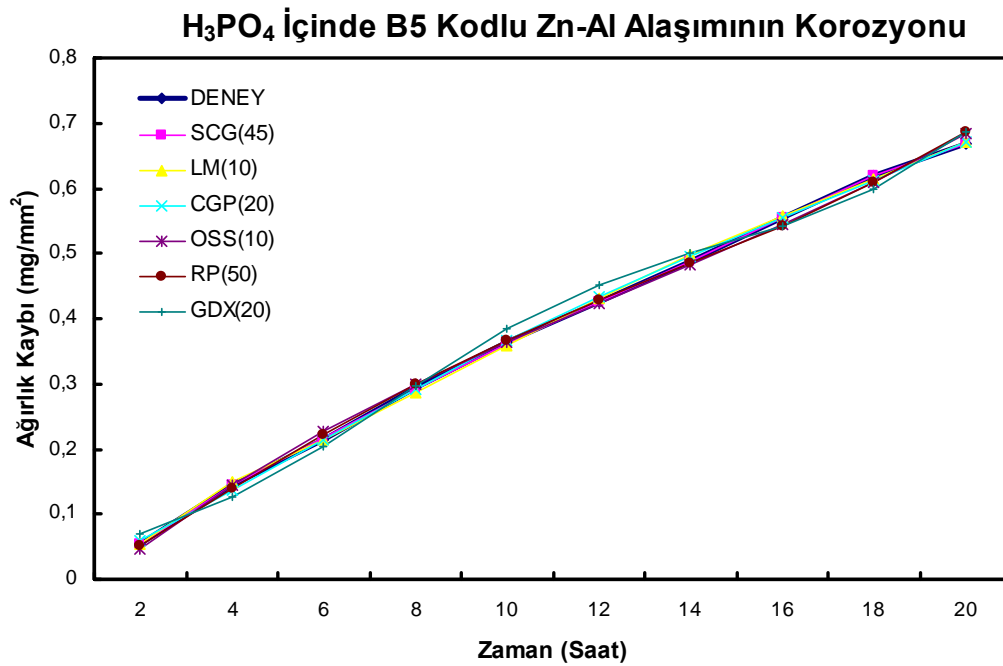
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	SCG45 Ağırlık Tahmini Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	SCG45 Ağırlık Tahmini Kaybı (mg/mm ²)
2	0,165950	0,169330	2,036851	3	0,264880
4	0,380930	0,371030	2,598988	5	0,476900
6	0,579104	0,590970	2,049027	7	0,721980
8	0,857910	0,849190	1,016473	8,5	0,924290
10	1,161020	1,135700	2,180870	11	1,279200
12	1,382538	1,423300	2,948327	11,5	1,350500
14	1,728016	1,697500	1,765937	15	1,830700
16	1,949659	1,961100	0,586806	16,5	2,024500
18	2,163257	2,222000	2,715496	17	2,088300
20	2,484722	2,483300	0,057223	18,5	2,281200

6.1.6. B5 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

şekil 6.6'da görüldüğü gibi, B5 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde, yapay sinir ağı eğitimde kullanılan gizli katmanında 20 sinir hücresi bulunan GDX algoritmasının 4, 6, 10, 12 ve 14. saatlerde yapılan yapay sinir ağı modellemesinde deney değerlerin tahmininde sapmalar olmuştur. Diğer algoritmalarda ise 16. ve 18. deney değerlerinde sapmalar görülmektedir. B grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasında, B5 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 6. saatte % 1,883132'lik bir sapma olduğu Tablo 6.12'de görülmektedir. Gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasında, B5 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,507932 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.11. B5 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG45 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,053596	0,053699	0,053548	0,059649	0,047449	0,052471	0,069620
4	0,145729	0,144210	0,149110	0,136070	0,143600	0,138310	0,126520
6	0,213647	0,217670	0,214410	0,215400	0,226320	0,221870	0,204310
8	0,292934	0,290820	0,285380	0,292720	0,298460	0,298810	0,295630
10	0,363067	0,361730	0,358460	0,365500	0,363250	0,367080	0,383460
12	0,426260	0,425230	0,430000	0,432970	0,423820	0,427610	0,452130
14	0,489010	0,487640	0,497060	0,495580	0,483080	0,484100	0,500050
16	0,554418	0,555400	0,558220	0,554690	0,543940	0,542110	0,542020
18	0,619679	0,618850	0,614420	0,612360	0,609450	0,607850	0,598680
20	0,668403	0,668670	0,669760	0,671200	0,682810	0,687070	0,685750



Şekil 6.6. B5 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.12. B5 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasına göre tahmini değerleri

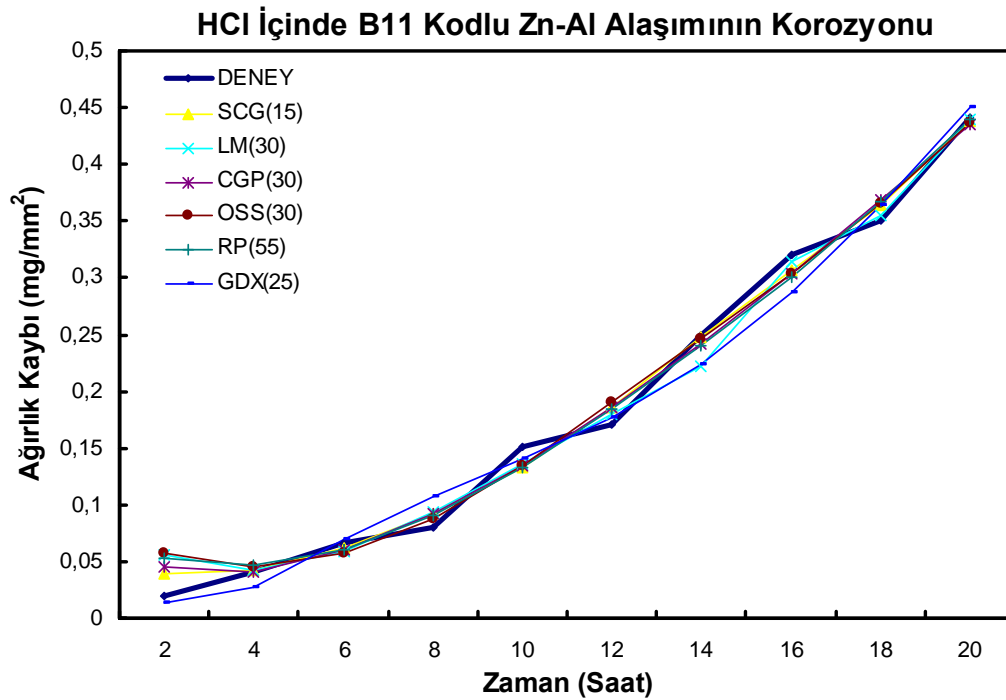
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	SCG45 Ağırlık Tahmini Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	SCG45 Ağırlık Tahmini Kaybı (mg/mm ²)
2	0,053596	0,053699	0,191716	3	0,097183
4	0,145729	0,144210	1,042101	5	0,180980
6	0,213647	0,217670	1,883132	7	0,256710
8	0,292934	0,290820	0,721583	8,5	0,307990
10	0,363067	0,361730	0,368139	11	0,390280
12	0,426260	0,425230	0,241627	11,5	0,406980
14	0,489010	0,487640	0,280237	15	0,525740
16	0,554418	0,555400	0,177036	16,5	0,573650
18	0,619679	0,618850	0,133767	17	0,588650
20	0,668403	0,668670	0,039978	18,5	0,630450

6.1.7. B11 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

Şekil 6.7’de görüldüğü gibi, bu çalışmadaki yapay sinir ağı eğitimlerinde kötü sonuçlardan birini vermiştir. B grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasında, B11 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çöztisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapma 2 saatte elde edilen deney değerinin tahmininde % 99,794496’lık bir sapma olduğu Tablo 6.14’de görülmektedir. gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasında, B11 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çöztisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 15,897955 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.13. B11 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çöztisindeki korozyonunun yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 6 algoritmaya göre tahmini değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG45 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,020030	0,040019	0,056413	0,045122	0,057046	0,052479	0,013990
4	0,040199	0,042412	0,042273	0,041081	0,046059	0,046129	0,026674
6	0,067184	0,061330	0,058799	0,059708	0,056810	0,059792	0,069374
8	0,079981	0,091803	0,094278	0,092449	0,088258	0,090229	0,107240
10	0,150643	0,132450	0,136380	0,134950	0,135040	0,132900	0,140670
12	0,170673	0,185440	0,179290	0,185360	0,189720	0,183590	0,176790
14	0,249632	0,247690	0,222660	0,242380	0,246410	0,239620	0,223910
16	0,320699	0,307170	0,314700	0,304260	0,303700	0,300280	0,286630
18	0,350666	0,363610	0,355580	0,369050	0,364960	0,366430	0,363870
20	0,440801	0,437410	0,439590	0,435500	0,436750	0,439710	0,449510



şekil 6.7. B11 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.14. B11 kodlu Zn-Al alaşımının HCl çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 45 sinir hresi bulunan SCG algoritmasına göre tahmini değerleri

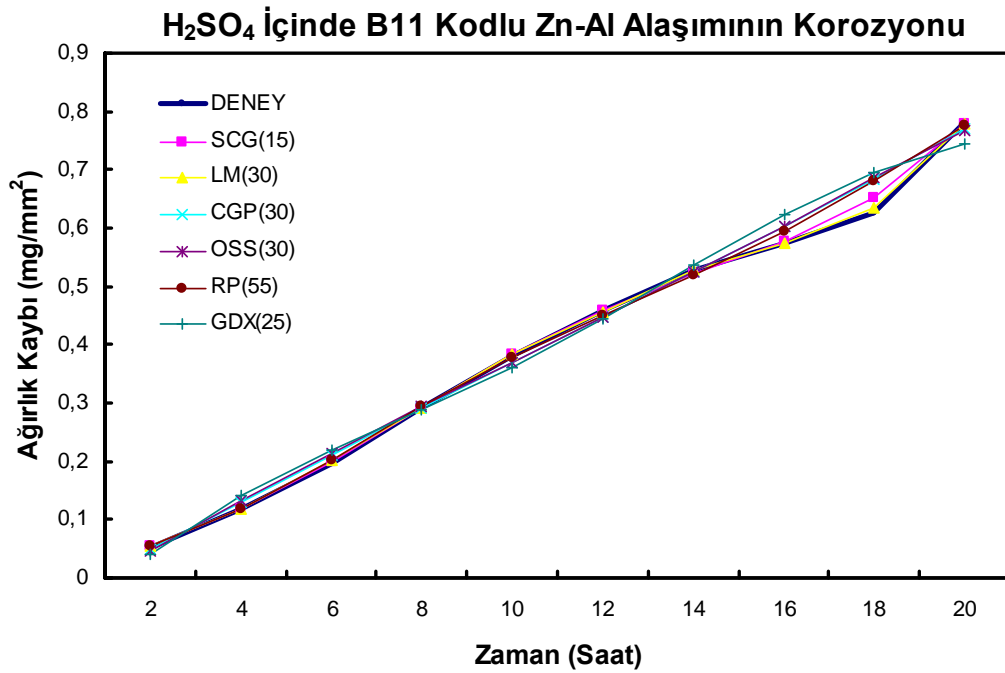
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	SCG45 Ağırlık Tahmini Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	SCG45 Ağırlık Tahmini Kaybı (mg/mm ²)
2	0,020030	0,040019	99,794496	3	0,025293
4	0,040199	0,042412	5,504429	5	0,053609
6	0,067184	0,061330	8,713698	5	0,053609
8	0,079981	0,091803	14,780684	8,5	0,098394
10	0,150643	0,132450	12,076840	11	0,158110
12	0,170673	0,185440	8,652228	11,5	0,172800
14	0,249632	0,247690	0,777815	15	0,280130
16	0,320699	0,307170	4,218697	16,5	0,320930
18	0,350666	0,363610	3,691404	17	0,334010
20	0,440801	0,437410	0,769256	18,5	0,376710

6.1.8. B11 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

şekil 6.8’de görüldüğü gibi, B11 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinde gizli katmanında 10 sinir hücresi bulunan LM algoritması hariç tüm algoritmalarda 4, 6 ve 18 saatlerde yapılan yapay sinir ağı modellemesinde deney değerlerinin tahmininde sapmalar olmuştur. B grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasında, B11 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerin tahmininde en büyük sapmanın 18. saatte % 3,920703’lük bir sapma olduğu Tablo 6.16’da görölmektedir. Gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasında, B11 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması %0,984036 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.15. B11 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG45 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,053105	0,053475	0,053420	0,049696	0,045517	0,055602	0,039941
4	0,118213	0,116890	0,118170	0,129090	0,132070	0,117150	0,141000
6	0,195717	0,199150	0,203050	0,210510	0,214330	0,201490	0,220140
8	0,291358	0,291990	0,290960	0,291150	0,293170	0,295160	0,288910
10	0,381168	0,382530	0,383060	0,370000	0,369880	0,378980	0,361520
12	0,459414	0,459650	0,456470	0,447270	0,446350	0,450660	0,445310
14	0,526480	0,521180	0,526470	0,524060	0,524260	0,519700	0,536240
16	0,573191	0,576930	0,574950	0,602050	0,604260	0,594690	0,623150
18	0,627209	0,651800	0,634040	0,683140	0,685740	0,679700	0,695120
20	0,780782	0,780280	0,780250	0,768830	0,767130	0,774850	0,745350



Şekil 6.8. B11 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.16. B11 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasına göre tahmini değerleri

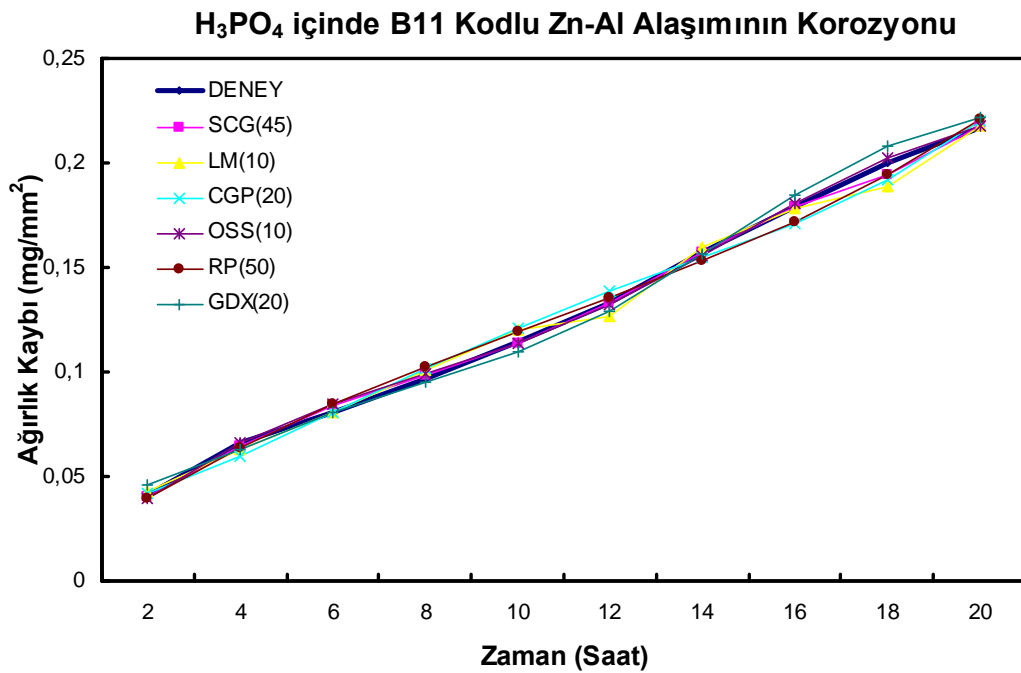
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	SCG45 Ağırlık Tahmini Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	SCG45 Ağırlık Tahmini Kaybı (mg/mm ²)
2	0,053105	0,053475	0,697393	3	0,081949
4	0,118213	0,116890	1,119420	5	0,155910
6	0,195717	0,199150	1,753860	7	0,244640
8	0,291358	0,291990	0,216931	8,5	0,314450
10	0,381168	0,382530	0,357427	11	0,423970
12	0,459414	0,459650	0,051380	11,5	0,443340
14	0,526480	0,521180	1,006645	15	0,548390
16	0,573191	0,576930	0,652314	16,5	0,589890
18	0,627209	0,651800	3,920703	17	0,606770
20	0,780782	0,780280	0,064283	18,5	0,675110

6.1.9. B11 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

Şekil 6.9’da görüldüğü gibi, B11 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde tüm algoritmalarda sapmalar meydana gelmiştir. B grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasında, B11 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 6. saatte % 3,494194’lük bir sapma olduğu Tablo 6.18’de görülmektedir. Gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasında, B11 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 1,258096 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.17. B11 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG45 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,041154	0,040495	0,042629	0,042273	0,039113	0,039209	0,046007
4	0,065935	0,064662	0,063028	0,059745	0,065966	0,063789	0,063075
6	0,080833	0,083657	0,080843	0,080591	0,084568	0,084503	0,080577
8	0,096616	0,098459	0,100440	0,101730	0,098899	0,102650	0,095120
10	0,114316	0,113470	0,119910	0,121360	0,113690	0,119390	0,109450
12	0,133197	0,133290	0,126610	0,138850	0,132490	0,135820	0,129390
14	0,157240	0,157400	0,160050	0,154830	0,155700	0,152990	0,156100
16	0,179071	0,178910	0,178370	0,171330	0,180360	0,172030	0,184450
18	0,199721	0,194660	0,188970	0,191760	0,202090	0,194230	0,207790
20	0,217127	0,217370	0,217400	0,220540	0,217530	0,221130	0,221630



Şekil 6.9. B11 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.18 B11 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 45 sinir hücresi bulunan SCG algoritmasına göre tahmini değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	SCG45 Ağırlık Tahmini Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	SCG45 Ağırlık Tahmini Kaybı (mg/mm ²)
2	0,041154	0,040495	1,600825	3	0,055147
4	0,065935	0,064662	1,930069	5	0,074413
6	0,080833	0,083657	3,494194	7	0,088303
8	0,096616	0,098459	1,908024	8,5	0,100110
10	0,114316	0,113470	0,740151	11	0,123600
12	0,133197	0,133290	0,070041	11,5	0,128680
14	0,157240	0,157400	0,101776	15	0,168040
16	0,179071	0,178910	0,089717	16,5	0,184050
18	0,199721	0,194660	2,534186	17	0,188680
20	0,217127	0,217370	0,111981	18,5	0,201080

6.2. C Grubu Zn-Al Alaşımlarının Yapay Sinir Ağı Sonuçları

Yapılan yapay sinir ağı eğitim ve test çalışmaları sonucu C grubu Zn-Al alaşımlarda kullanılan algoritmalarından; gizli katmanında 20 sinir hücresi bulunan SCG % 2,185912, gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritması % 1,082473, gizli katmanında 40 sinir hücresi bulunan CGP algoritması % 1,128906, gizli katmanında 40 sinir hücresi bulunan OSS algoritması % 1,897132, gizli katmanında 20 sinir hücresi bulunan RP algoritması % 1,1018 ve gizli katmanında 20 sinir hücresi bulunan GDX algoritması % 1,749967'lik sapma göstermiştir.

Altı algoritmanın en iyi tahmin sonuçlarını veren sinir hücre sayısına göre C grubu alaşımların asit çözeltilerine göre tahmin sonuçları Tablo 6.19, 6.21, 6.23, 6.25, 6.27, 6.29, 6.31, 6.33 ve 6.35'de verilmiş ve tahmin sonuçlarından elde edilen veriler grafiksel olarak gösterilmiştir (Şekil10-18).

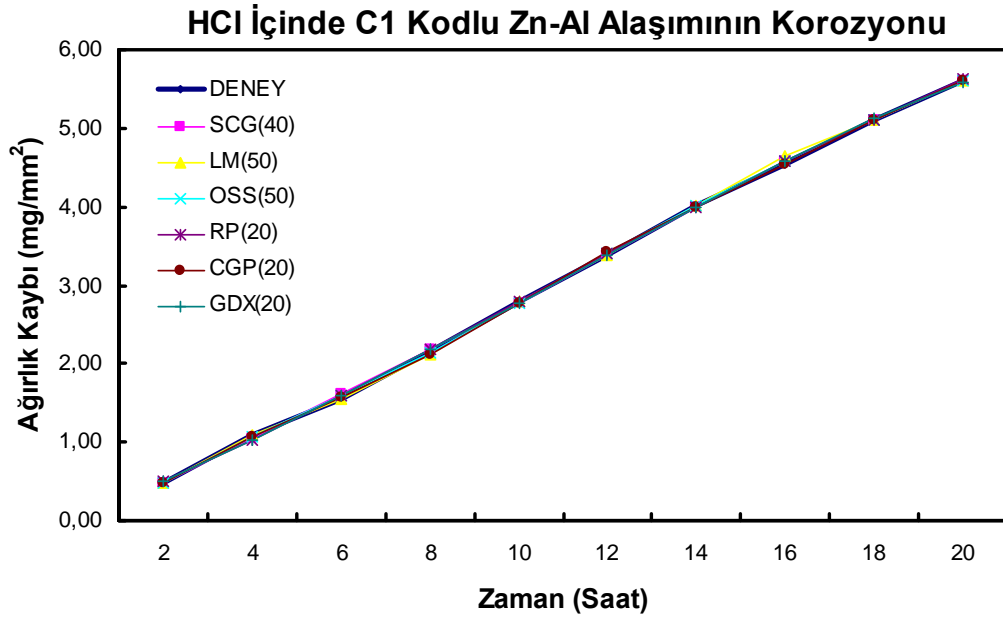
C grubu Zn-Al alaşımların deneylerinin yapay sinir ağı modellemesinin deney zaman periyotları haricindeki zaman periyotlarında en uygun algoritmanın tahmini değerleri Tablo 6.20, 6.22, 6.24, 6.26, 6.28, 6.30, 6.32, 6.34 ve 6.36'da verilmiştir.

6.2.1. C1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

C1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisi içerisindeki deneylerinin yapay sinir ağı eğitim sonuçları Şekil 6.10'de görülmektedir. C grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, C1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 10. saatte % 0,158374'lük bir sapma olduğu Tablo 6.20'de görülmektedir. gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, C1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisi içerisindeki deneylerin ortalama tahmini sapması % 0,418938'dır.

Tablo 6.19. C1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,478774	0,477690	0,478770	0,488000	0,512060	0,485470	0,501210
4	1,087444	1,047500	1,087400	1,059300	1,021500	1,066800	1,033500
6	1,554348	1,607200	1,554300	1,584200	1,586900	1,576300	1,597500
8	2,169575	2,179000	2,123100	2,142100	2,181400	2,115200	2,181400
10	2,788420	2,776100	2,788400	2,761400	2,789500	2,760100	2,779400
12	3,383750	3,390400	3,383800	3,403000	3,398000	3,420800	3,387800
14	4,016387	3,998200	4,016400	4,016700	3,997100	3,994500	3,998400
16	4,544791	4,575400	4,637300	4,580000	4,591200	4,543400	4,592600
18	5,104623	5,112300	5,104600	5,098500	5,097700	5,111400	5,138000
20	5,609851	5,615800	5,609900	5,613100	5,618700	5,607200	5,588800



Şekil 6.10. C1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.20. C1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücreli bulunan LM algoritmasına göre tahmini değerleri

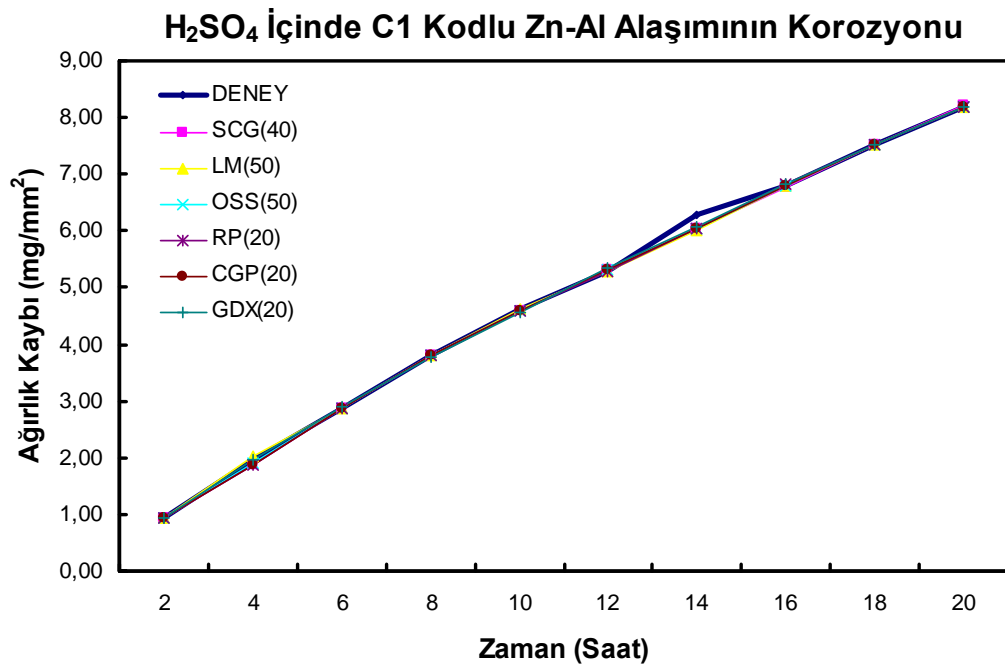
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	LM50 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	0,478774	0,478770	0,000809	3	0,847450
4	1,087444	1,087400	0,004058	5	1,297800
6	1,554348	1,554300	0,003061	7	1,859700
8	2,169575	2,123100	2,142117	8,5	2,330700
10	2,788420	2,788400	0,000708	11	3,087400
12	3,383750	3,383800	0,001480	11,5	3,235300
14	4,016387	4,016400	0,000321	15	4,351400
16	4,544791	4,637300	2,035502	16,5	4,791900
18	5,104623	5,104600	0,000443	17	4,908000
20	5,609851	5,609900	0,000881	18,5	5,200300

6.2.2. C1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

şekil 6.11'de görüldüğü gibi, C1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinde 14. saatteki deney değerlerinde tüm algoritmalarda sapmalar meydana gelmiştir. C grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücreli bulunan LM algoritmasında, C1 alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerin tahmininde en büyük sapmanın 14. saatte bir % 4,500446'lık bir sapma olduğu Tablo 6.22'de görülmektedir. Ayrıca 4. saatte de % 3,464014'lük bir sapma meydana gelmiştir. Diğer değerlerin tahminin de ise hata % 0,001'lerin altındadır. Gizli katmanında 50 sinir hücreli bulunan LM algoritmasında, C1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,796673 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.21. C1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,929348	0,929620	0,929350	0,927040	0,928320	0,924800	0,941290
4	1,952660	1,876300	2,020300	1,893200	1,872400	1,866100	1,952400
6	2,869094	2,877900	2,869100	2,881700	2,881800	2,880300	2,894600
8	3,808101	3,798800	3,808100	3,800700	3,812000	3,809600	3,764800
10	4,625217	4,596200	4,625200	4,600200	4,594000	4,593000	4,573200
12	5,280553	5,317600	5,280600	5,314100	5,291200	5,313400	5,339400
14	6,280553	6,031800	5,997900	6,025700	6,032100	6,042100	6,083900
16	6,809689	6,770500	6,809700	6,785600	6,815400	6,793600	6,815700
18	7,515624	7,513400	7,515600	7,531800	7,519900	7,522700	7,522300
20	8,182294	8,211200	8,182300	8,178800	8,177700	8,180600	8,169500



Şekil 6.11. C1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.22. C1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasına göre tahmini değerleri

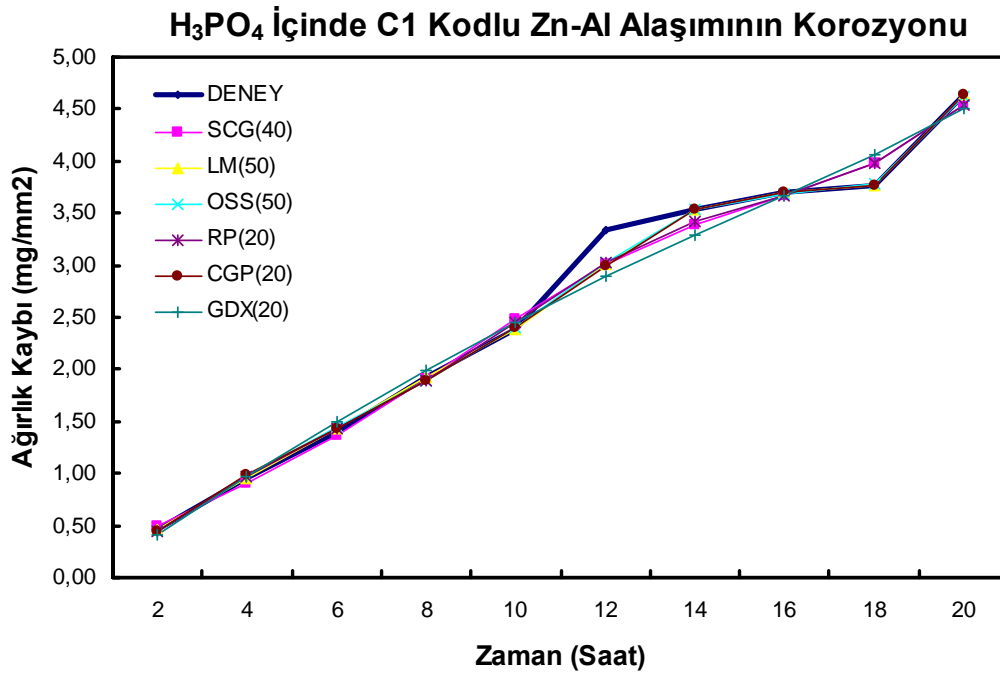
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	LM50 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	0,929348	0,929350	0,000219	3	1,347400
4	1,952660	2,020300	3,464014	5	2,348500
6	2,869094	2,869100	0,000205	7	3,359200
8	3,808101	3,808100	0,000024	8,5	4,020800
10	4,625217	4,625200	0,000377	11	4,976100
12	5,280553	5,280600	0,000893	11,5	5,131800
14	6,280553	5,997900	4,500446	15	6,385200
16	6,809689	6,809700	0,000160	16,5	7,006400
18	7,515624	7,515600	0,000319	17	7,188700
20	8,182294	8,182300	0,000078	18,5	7,669800

6.2.3. C1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna aityapay sinir ağı sonuçları

şekil 6.12’de görüldüğü gibi, C1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin yapay sinir ağı tahmininde, 12. saatteki deney değerlerinin tahmininde tüm algoritmalarda sapmalar meydana gelmiştir. C grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, C1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerin tahmininde en büyük sapmanın 12. saatte % 9,449527’lik sapma olduğu Tablo 6.24’de görülmektedir. Ayrıca 6. saatte de % 2,641586’lik bir sapma meydana gelmiştir. Diğer değerlerin tahmininde ise hata % 0,002’lerin altındadır. Gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, C1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 1,209782 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.23. C1 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasına göre tahmini değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	CGP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	OSS40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	RP10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	SCG50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	GDX20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)
2	0,459831	0,489740	0,459830	0,447540	0,442220	0,440330	0,416110
4	0,947007	0,904430	0,947000	0,971560	0,970450	0,984150	0,966460
6	1,400212	1,368700	1,437200	1,445400	1,426200	1,438600	1,491300
8	1,920940	1,909300	1,920900	1,891300	1,895800	1,889400	1,989300
10	2,386450	2,487100	2,386500	2,405700	2,457100	2,401900	2,455900
12	3,332617	3,002700	3,017700	3,030000	3,020700	2,999600	2,887500
14	3,532617	3,381800	3,532600	3,538300	3,414300	3,535400	3,287000
16	3,698525	3,660200	3,698500	3,678600	3,666100	3,694200	3,668300
18	3,770991	3,984100	3,771000	3,790700	3,972900	3,773600	4,059800
20	4,632491	4,534800	4,632500	4,625300	4,533100	4,632300	4,506400



Şekil 6.12. C1 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.24. C1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasına göre tahmini değerleri

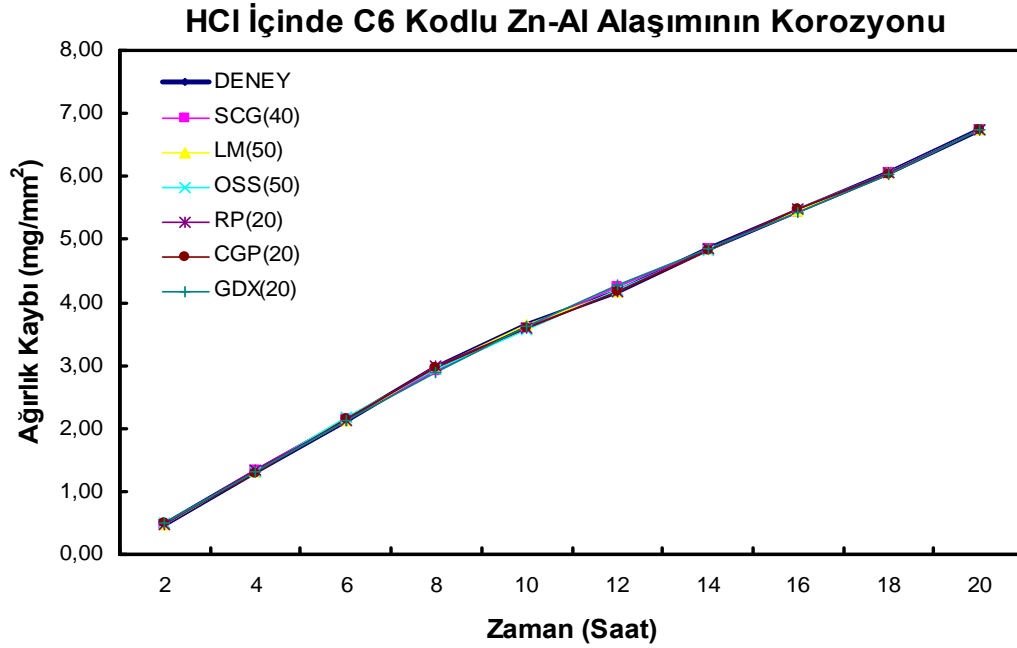
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	LM50 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	0,459831	0,459830	0,000178	3	0,664540
4	0,947007	0,947000	0,000790	5	1,232400
6	1,400212	1,437200	2,641586	7	1,707900
8	1,920940	1,920900	0,002087	8,5	2,030200
10	2,386450	2,386500	0,002077	11	2,654700
12	3,332617	3,017700	9,449527	11,5	2,799600
14	3,532617	3,532600	0,000467	15	3,682000
16	3,698525	3,698500	0,000673	16,5	3,684900
18	3,770991	3,771000	0,000229	17	3,680700
20	4,632491	4,632500	0,000205	18,5	3,892300

6.2.4. C6 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

C6 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin yapay sinir ağı eğitimde kullanılan algoritmalara göre eğitim tahminleri Şekil 6.13'de görölmektedir. C grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, C6 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerin tahmininde en büyük sapmanın 10. saatte % 0,158374'lük bir sapma olduğu Tablo 6.26'da görölmektedir. Gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, C6 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,016527 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.25. C6 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,459831	0,489740	0,459830	0,447540	0,442220	0,440330	0,416110
4	0,947007	0,904430	0,947000	0,971560	0,970450	0,984150	0,966460
6	1,400212	1,368700	1,437200	1,445400	1,426200	1,438600	1,491300
8	1,920940	1,909300	1,920900	1,891300	1,895800	1,889400	1,989300
10	2,386450	2,487100	2,386500	2,405700	2,457100	2,401900	2,455900
12	3,332617	3,002700	3,017700	3,030000	3,020700	2,999600	2,887500
14	3,532617	3,381800	3,532600	3,538300	3,414300	3,535400	3,287000
16	3,698525	3,660200	3,698500	3,678600	3,666100	3,694200	3,668300
18	3,770991	3,984100	3,771000	3,790700	3,972900	3,773600	4,059800
20	4,632491	4,534800	4,632500	4,625300	4,533100	4,632300	4,506400



Şekil 6.13 C6 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.26. C6 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasına göre tahmini değerleri

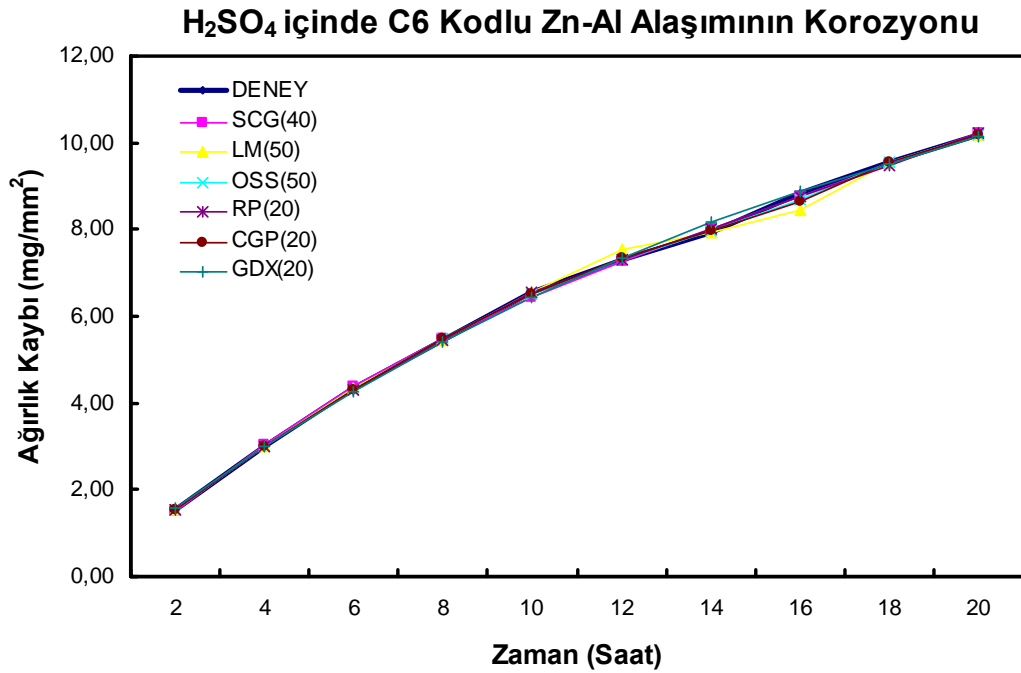
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	LM50 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	0,485095	0,485090	0,000965	3	0,929910
4	1,324210	1,324200	0,000750	5	1,705700
6	2,123357	2,123400	0,002031	7	2,568500
8	2,975065	2,975100	0,001181	8,5	3,148900
10	3,641167	3,635400	0,158374	11	3,861400
12	4,168529	4,168500	0,000700	11,5	4,010700
14	4,847333	4,847300	0,000686	15	5,171600
16	5,466787	5,466800	0,000236	16,5	5,607900
18	6,054595	6,054600	0,000085	17	5,750200
20	6,743583	6,743600	0,000258	18,5	6,220900

6.2.5. C6 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

şekil 6.14'de C6 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerin yapay sinir ağı algoritmalarına göre tahminleri görölmektedir. C grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, C6 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerin tahmininde en büyük sapmanın 16. saatte % 4,637259'luk bir sapma olduğu Tablo 6.28'de görölmektedir. Ayrıca 12. saatte de % 3,070071'lik bir sapma meydana gelmiştir. Diğer değerlerin tahmininde ise hata % 0,002'lerin altındadır. Gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, C6 kodlu Zn-Al alaşımının asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,771481 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.27. C6 kodlu Zn-Al alaşımının H_2SO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	CGP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	OSS40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	RP10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	SCG50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	GDX20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)
2	1,535275	1,493600	1,535300	1,540900	1,549000	1,536600	1,598500
4	3,005920	3,035600	3,005900	2,998600	2,987800	3,005200	2,997900
6	4,337928	4,374900	4,337900	4,313700	4,315200	4,315100	4,275300
8	5,427936	5,497800	5,427900	5,496300	5,465400	5,482900	5,423000
10	6,570853	6,436900	6,570900	6,514300	6,543500	6,531100	6,446200
12	7,321524	7,256300	7,546300	7,317800	7,313500	7,348800	7,355300
14	7,951195	8,018100	7,951200	7,973100	7,998500	7,960600	8,162100
16	8,843181	8,762300	8,433100	8,696000	8,743600	8,663900	8,879900
18	9,548644	9,502100	9,548600	9,535600	9,458700	9,545100	9,528400
20	10,192268	10,219000	10,192000	10,198000	10,239000	10,192000	10,138000



Şekil 6.14. C6 kodlu Zn-Al alaşımının H_2SO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.28. C6 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasına göre tahmini değerleri

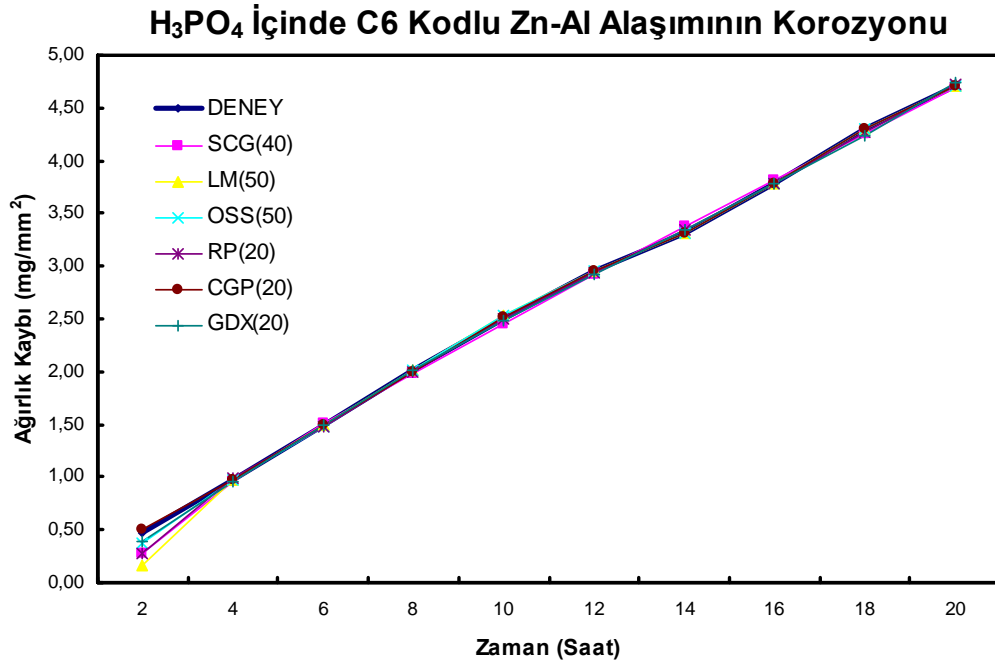
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	LM50 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	1,535275	1,535300	0,001610	3	2,267900
4	3,005920	3,005900	0,000676	5	3,705900
6	4,337928	4,337900	0,000656	7	4,900200
8	5,427936	5,427900	0,000663	8,5	5,696900
10	6,570853	6,570900	0,000712	11	7,141300
12	7,321524	7,546300	3,070071	11,5	7,379700
14	7,951195	7,951200	0,000069	15	8,118800
16	8,843181	8,433100	4,637259	16,5	8,671400
18	9,548644	9,548600	0,000464	17	8,945300
20	10,192268	10,192000	0,002628	18,5	9,826800

6.2.6. C6 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

şekil 6.15’de C6 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin yapay sinir ağı algoritmalarına göre tahminleri görölmektedir. C grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, C6 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerin tahmininde en büyük sapmanın 2. saatte % 64,860511’lik bir sapma olduğu Tablo 6.30’da görölmektedir. 10. saatteki % 1,589116 sapmanın haricindeki değerlerin tahmininde ise hata % 0,002’lerin altındadır. Gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, C6 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 6,645585 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.29. C6 kodlu Zn-Al alaşımının H_2SO_4 asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	CGP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	OSS40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	RP10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	SCG50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	GDX20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)
2	0,469956	0,271150	0,165140	0,373430	0,269200	0,505890	0,390580
4	0,971273	0,961180	0,971270	0,971930	0,982770	0,969590	0,950170
6	1,488330	1,504400	1,488300	1,484200	1,475900	1,493800	1,500700
8	2,006209	1,983800	2,006200	2,013100	1,999600	2,002100	2,018400
10	2,492491	2,449600	2,532100	2,533000	2,508000	2,511600	2,491300
12	2,959158	2,914600	2,959200	2,951400	2,945400	2,953900	2,927400
14	3,306721	3,373300	3,306700	3,314100	3,344700	3,313000	3,349300
16	3,781610	3,819100	3,781600	3,776500	3,781600	3,780900	3,782000
18	4,297962	4,253500	4,298000	4,300800	4,270600	4,296900	4,243200
20	4,700613	4,689200	4,700600	4,700200	4,716400	4,700700	4,740600



Şekil 6.15 C6 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.30. C6 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasına göre tahmini değerleri

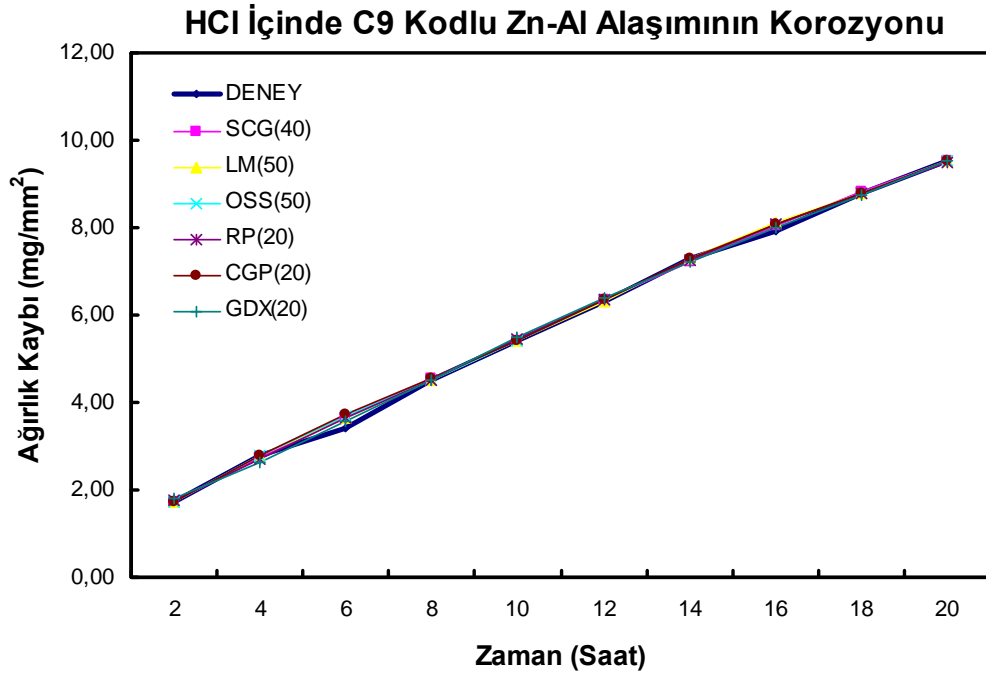
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	LM50 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	0,469956	0,165140	64,860511	3	0,592210
4	0,971273	0,971270	0,000302	5	1,248900
6	1,488330	1,488300	0,002004	7	1,734100
8	2,006209	2,006200	0,000445	8,5	2,150200
10	2,492491	2,532100	1,589116	11	2,789200
12	2,959158	2,959200	0,001414	11,5	2,879200
14	3,306721	3,306700	0,000634	15	3,537700
16	3,781610	3,781600	0,000261	16,5	3,905800
18	4,297962	4,298000	0,000884	17	4,033400
20	4,700613	4,700600	0,000283	18,5	4,426700

6.1.7. C9 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

şekil 6.14'de C9 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahminleri yapay sinir ağı algoritmalarına göre tahminleri görölmektedir. C9 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin eğitiminde 6. saatteki deney değerinin tüm algoritmalarındaki tahmininde hata oluşmuştur. 16. saatte de aynı durum söz konusudur. C grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, C9 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 6. saatte % 6,434871'lik bir sapma olduğu Tablo 6.28'de görölmektedir. Ayrıca 16. saatte de % 2,194717'lik bir sapma meydana gelmiştir. Diğer değerlerin tahmininde ise hata % 0,002'lerin altındadır. Gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, C9 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,863433'dür.

Tablo 6.31. C9 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	1,721195	1,737900	1,721200	1,716200	1,753100	1,724100	1,801800
4	2,773148	2,743200	2,773200	2,782600	2,721900	2,767500	2,642400
6	3,428106	3,661300	3,648700	3,675000	3,636300	3,709900	3,563500
8	4,522806	4,540900	4,522800	4,518400	4,528900	4,535900	4,527500
10	5,423346	5,428800	5,423300	5,407200	5,433000	5,399400	5,481500
12	6,320183	6,333900	6,320200	6,352000	6,350300	6,341900	6,379000
14	7,288865	7,222300	7,288900	7,270800	7,242200	7,277600	7,206800
16	7,935146	8,051600	8,109300	8,069500	8,061600	8,078800	7,989500
18	8,767969	8,807800	8,768000	8,770800	8,798700	8,776600	8,762400
20	9,519847	9,512100	9,519800	9,519400	9,502900	9,514900	9,535600



Şekil 6.16. C9 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.32. C9 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasına göre tahmini değerleri

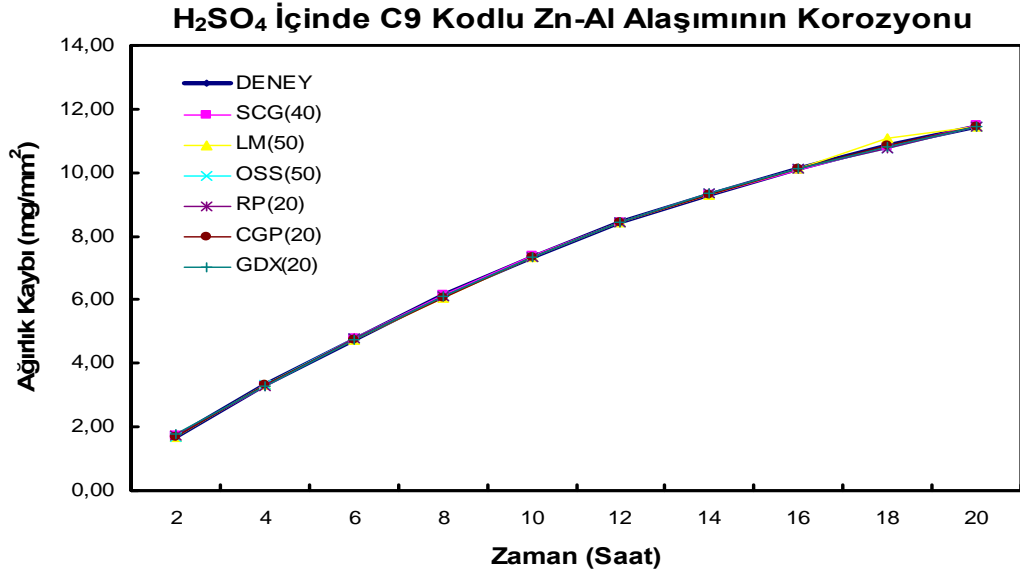
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	LM50 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	1,721195	1,721200	0,000289	3	2,336500
4	2,773148	2,773200	0,001871	5	3,155300
6	3,428106	3,648700	6,434871	7	4,045200
8	4,522806	4,522800	0,000127	8,5	4,755300
10	5,423346	5,423300	0,000851	11	5,862500
12	6,320183	6,320200	0,000265	11,5	6,088100
14	7,288865	7,288900	0,000485	15	7,742400
16	7,935146	8,109300	2,194717	16,5	8,306200
18	8,767969	8,768000	0,000357	17	8,465400
20	9,519847	9,519800	0,000498	18,5	8,925700

6.2.8. C9 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

şekil 6.17’de görüldüğü gibi, C9 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinde eğitim tüm algoritmalarda başarı ile tamamlanmıştır. C grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, C9 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 18. saatte % 2,233149’luk bir sapma olduğu Tablo 6.34’de de görülmektedir. Ayrıca 8. saatte % 1,711734’lük bir sapma meydana gelmiştir. Diğer değerlerin tahmininde ise hata % 0,004’lerin altındadır. Gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, C1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,395431’dir.

Tablo 6.33. C9 kodlu Zn-Al alaşımının H_2SO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deneş Zaman Periyodu (Saat)	Deneş Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	CGP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	OSS40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	RP10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	SCG50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	GDX20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)
2	1,700929	1,733500	1,700900	1,707200	1,722500	1,699700	1,774700
4	3,333551	3,279400	3,333600	3,315500	3,293400	3,340900	3,262400
6	4,764559	4,774900	4,764600	4,781900	4,776200	4,754900	4,732200
8	6,158721	6,163500	6,053300	6,112100	6,129200	6,061700	6,119200
10	7,329357	7,385700	7,329400	7,328200	7,344900	7,341300	7,362900
12	8,451027	8,423200	8,451000	8,421700	8,419800	8,432500	8,431400
14	9,302165	9,307900	9,302200	9,348700	9,338700	9,323000	9,335200
16	10,125637	10,090000	10,126000	10,102000	10,10300	10,11400	10,11500
18	10,84971	10,80600	11,09200	10,76800	10,76800	10,84400	10,81200
20	11,45993	11,47500	11,46000	11,46200	11,46700	11,46000	11,45400



Şekil 6.17. C9 kodlu Zn-Al alaşımının H_2SO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.34. C9 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücreci bulunan LM algoritmasına göre tahmini değerleri

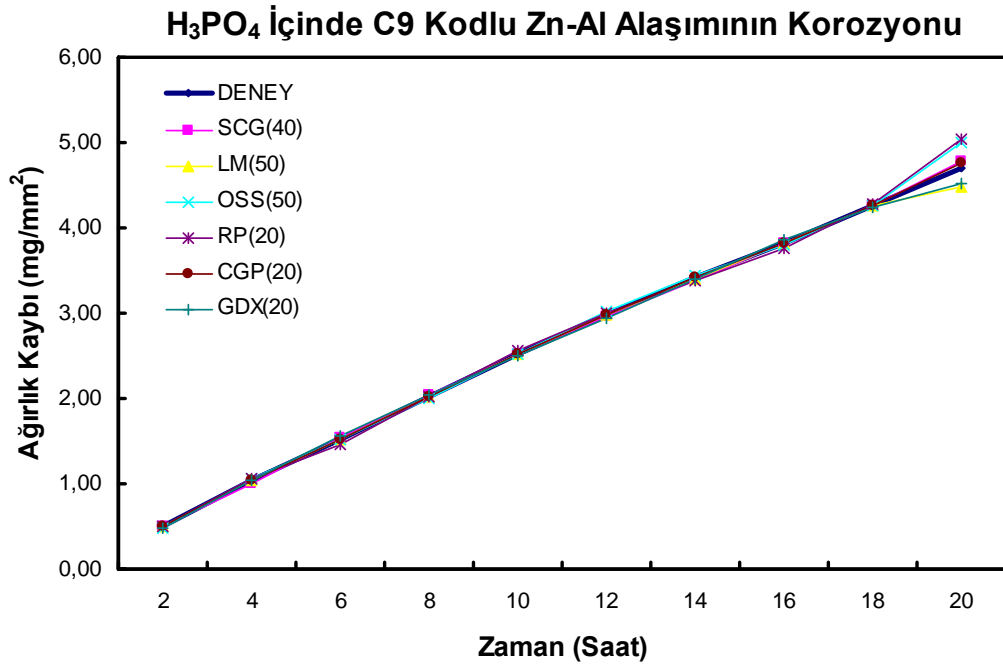
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	LM50 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	1,700929	1,700900	0,001691	3	2,5487
4	3,333551	3,333600	0,001468	5	4,0691
6	4,764559	4,764600	0,000857	7	5,429
8	6,158721	6,053300	1,711734	8,5	6,3916
10	7,329357	7,329400	0,000593	11	7,9201
12	8,451027	8,451000	0,000319	11,5	8,1947
14	9,302165	9,302200	0,000381	15	9,6924
16	10,125637	10,126000	0,003586	16,5	10,362
18	10,849710	11,092000	2,233149	17	10,604
20	11,459939	11,460000	0,000535	18,5	11,249

6.2.9. C9 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

şekil 6.18'de görüldüğü gibi, C9 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinde 20. saatteki deney değerlerinin tahmininde tüm algoritmalarda sapsmalar meydana gelmiştir. C grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücreci bulunan LM algoritmasında, C9 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapsmanın 20. saatte % 4,894917'lik bir sapsma olduğu Tablo 6.36'da görülmektedir. Diğer değerlerin tahmininde ise hata % 0,002'lerin altındadır. Gizli katmanında 50 sinir hücreci bulunan LM algoritmasında, C9 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapsması % 0,550529'dur.

Tablo 6.35. C9 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	CGP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	OSS40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	RP10 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	SCG50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	GDX20 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)
2	0,495074	0,496390	0,495080	0,485240	0,500200	0,497130	0,476030
4	1,035983	0,997590	1,036000	1,056900	1,059600	1,036400	1,035000
6	1,519858	1,538600	1,519900	1,520700	1,456900	1,517200	1,556600
8	2,022782	2,048800	2,022800	1,994700	2,018800	2,018900	2,038500
10	2,510467	2,514500	2,510500	2,512200	2,556400	2,515100	2,493400
12	2,983950	2,955000	2,984000	3,012000	3,008300	2,985500	2,945700
14	3,422451	3,385000	3,401900	3,431000	3,389100	3,416900	3,408000
16	3,826892	3,815000	3,826900	3,800600	3,768400	3,821200	3,858300
18	4,252808	4,268200	4,252800	4,265500	4,279300	4,256100	4,244800
20	4,704586	4,779300	4,474300	5,000500	5,045800	4,766500	4,514600



Şekil 6.18. C9 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.36. C9 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasına göre tahmini değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	LM50 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	0,495073696	0,49508	0,001273	3	0,784810
4	1,035983274	1,036	0,001615	5	1,276200
6	1,519857775	1,5199	0,002778	7	1,769900
8	2,022782453	2,0228	0,000867	8,5	2,148200
10	2,51046699	2,5105	0,001315	11	2,742700
12	2,983950485	2,984	0,001659	11,5	2,861100
14	3,422450928	3,4019	0,600474	15	3,691000
16	3,826891963	3,8269	0,000210	16,5	3,896200
18	4,252807744	4,2528	0,000182	17	3,983400
20	4,704585583	4,4743	4,894917	18,5	4,446100

6.3. D grubu Zn-Al alaşımlarının yapay sinir ağı sonuçları

Yapılan yapay sinir ağı eğitim ve test çalışmaları sonucu D grubu alaşımlarda 90 deney örneğinin eğitilmesi ve testinde kullanılan algoritmalarından; gizli katmanında 40 sinir hücresi bulunan SCG % 1,195646, gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritması % 1,072655, gizli katmanında 30 sinir hücresi bulunan CGP algoritması % 2,076648, gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan OSS algoritması % 1,234615, gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritması % 1,915801 ve gizli katmanında 30 sinir hücresi bulunan GDX algoritması % 2,266223'lük sapma göstermiştir

Altı algoritmanın en iyi tahmin sonuçlarını veren sinir hücre sayısına göre D grubu alaşımların asit çözeltilerine göre tahmin sonuçları Tablo 6.37, 6.39, 6.41, 6.43, 6.45, 6.47, 6.49, 6.51 ve 6.53'de verilmiş ve tahmin sonuçlarından elde edilen veriler grafiksel olarak gösterilmiştir (şekil 19-27).

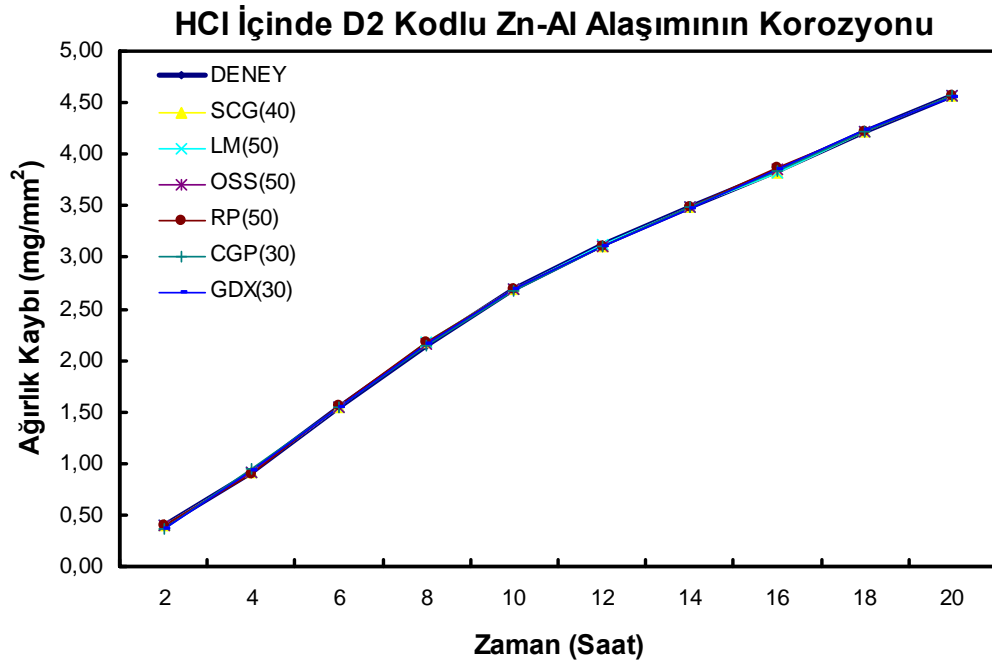
D grubu alaşımların deneylerinin yapay sinir ağı modellemesinin deney zaman periyotları haricindeki zaman periyotlarında en uygun algoritmanın tahmini değerleri tablo 6.38, 6.40, 6.42, 6.44, 6.46, 6.48, 6.50, 6.52 ve 6.54 da verilmiştir.

6.3.1. D2 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

Şekil 6.19'de görüldüğü gibi, D2 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin yapay sinir ağı eğitimi tüm algoritmalarda başarı ile tamamlanmıştır. D grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, D2 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 8. saatte % 2,233'lük bir sapma olduğu tablo 6.38'de görülmektedir. Diğer değerlerin tahmininde ise hata % 0,01'lerin altındadır. Gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, D2 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,154678'dir.

Tablo 6.37. D2 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP30 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX30 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,393835	0,394100	0,393910	0,390890	0,394560	0,366510	0,372470
4	0,908421	0,909810	0,908380	0,916990	0,905110	0,943450	0,933730
6	1,551824	1,548400	1,552000	1,544300	1,553700	1,548900	1,544100
8	2,150811	2,181600	2,180800	2,156500	2,178300	2,142400	2,151600
10	2,682778	2,687700	2,682800	2,688500	2,688500	2,672700	2,683200
12	3,117393	3,113400	3,117300	3,112800	3,109200	3,112200	3,109800
14	3,482261	3,484600	3,482300	3,483000	3,486100	3,481100	3,479400
16	3,829748	3,821100	3,825600	3,855600	3,870700	3,841000	3,855800
18	4,216881	4,216100	4,217000	4,220300	4,216800	4,226000	4,230100
20	4,567436	4,567100	4,567500	4,567200	4,567600	4,565700	4,556300



Şekil 6.19. D2 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.38. D2 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit zeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hcreti bulunan LM algoritmasına göre tahmini değerleri

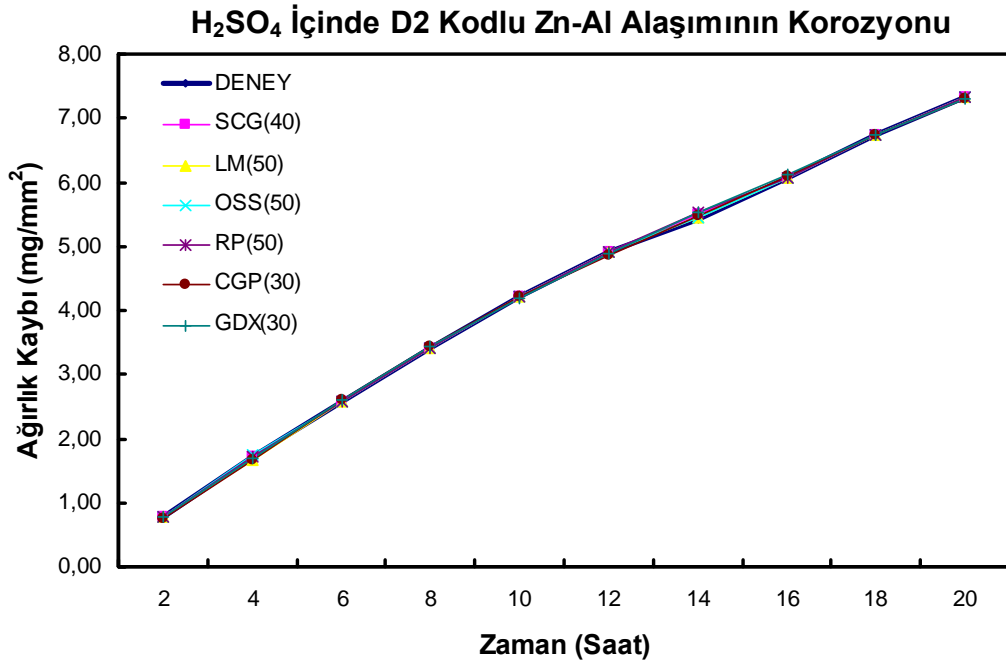
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	LM50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	LM50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)
2	0,393835	0,393910	0,019162	3	0,638320
4	0,908421	0,908380	0,004487	5	1,242400
6	1,551824	1,552000	0,011346	7	1,857700
8	2,150811	2,180800	1,394293	8,5	2,285800
10	2,682778	2,682800	0,000832	11	2,902400
12	3,117393	3,117300	0,002980	11,5	3,011400
14	3,482261	3,482300	0,001130	15	3,682300
16	3,829748	3,825600	0,108319	16,5	3,942900
18	4,216881	4,217000	0,002828	17	4,029300
20	4,567436	4,567500	0,001412	18,5	4,292500

6.3.2. D2 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

Şekil 6.20’de görüldüğü gibi, D2 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin yapay sinir ağı tahmininde 14. saatte sapmalar meydana gelmiştir. D grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, D2 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 4. saatte % 2,424868’lik bir sapma olduğu tablo 6.34’de görülmektedir. 14. saatte de % 0,661535’lik bir sapma meydana gelmiştir. Diğer değerlerin tahmininde ise hata % 0,01’lerin altındadır. Gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, D2 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,311291’dir.

Tablo 6.39. D2 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP30 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX30 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,780596	0,781200	0,780580	0,781360	0,779320	0,763510	0,776420
4	1,705865	1,725900	1,664500	1,748300	1,709600	1,676900	1,700400
6	2,578453	2,572600	2,578200	2,579900	2,578500	2,595700	2,590900
8	3,410259	3,419500	3,410000	3,406500	3,416300	3,448800	3,423700
10	4,219602	4,212300	4,219500	4,226500	4,211400	4,205100	4,185800
12	4,910479	4,914300	4,910400	4,906100	4,914300	4,870800	4,879300
14	5,426999	5,508700	5,462900	5,452000	5,530700	5,481700	5,517900
16	6,059845	6,058700	6,059800	6,062000	6,059500	6,090300	6,129200
18	6,738956	6,737800	6,738800	6,737500	6,739000	6,728600	6,734600
20	7,323399	7,323800	7,323400	7,323600	7,324400	7,315000	7,291800



Şekil 6.20. D2 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösteri

Tablo 6.40. D2 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitimi için kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasına göre tahmini değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	LM50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	LM50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)
2	0,780596	0,780580	0,002009	3	1,227700
4	1,705865	1,664500	2,424868	5	2,118700
6	2,578453	2,578200	0,009802	7	2,995500
8	3,410259	3,410000	0,007599	8,5	3,614200
10	4,219602	4,219500	0,002425	11	4,552700
12	4,910479	4,910400	0,001609	11,5	4,727300
14	5,426999	5,462900	0,661535	15	5,853500
16	6,059845	6,059800	0,000747	16,5	6,295700
18	6,738956	6,738800	0,002308	17	6,439300
20	7,323399	7,323400	0,000008	18,5	6,863400

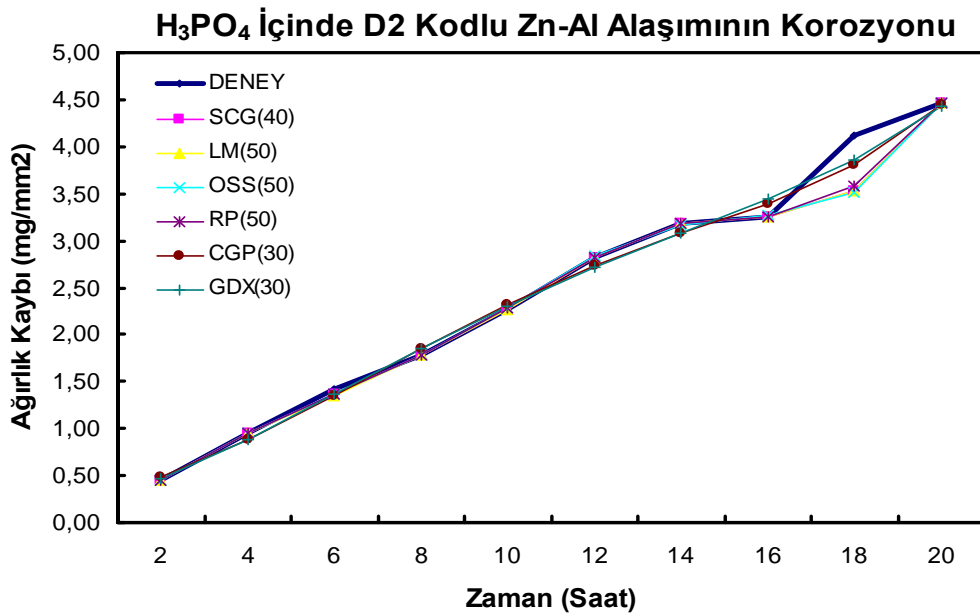
6.3.3. D2 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

Şekil 6.21'de görüldüğü gibi, D2 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltisi içerisindeki deneylerinin tahmininde tüm algoritmalar 18. saatte hata vermişlerdir. D

grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, D2 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 18. saatte % 14,240782'lik bir sapma olduğu Tablo 6.42'de görülmektedir. Gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, D2 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 1,943519'dur.

Tablo 6.41. D2 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	SCG40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	OSS50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	CGP30 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	GDX30 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)
2	0,445392	0,445640	0,445330	0,444260	0,449900	0,488540	0,474060
4	0,950234	0,950480	0,950080	0,953740	0,943360	0,874370	0,889870
6	1,421324	1,370600	1,349700	1,373900	1,363900	1,343500	1,362300
8	1,782872	1,780500	1,782500	1,775300	1,779500	1,845300	1,851400
10	2,269832	2,272300	2,269400	2,281900	2,280600	2,325400	2,308900
12	2,826543	2,826000	2,826100	2,830400	2,823400	2,738600	2,713200
14	3,189393	3,190200	3,189300	3,173500	3,183900	3,076100	3,076000
16	3,251092	3,250800	3,251600	3,263600	3,255800	3,394300	3,437800
18	4,115942	3,525300	3,529800	3,514200	3,579200	3,810700	3,861600
20	4,468727	4,468900	4,471000	4,467700	4,467500	4,450000	4,421600



Şekil 6.21. D2 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.42. D2 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasına göre tahmini değerleri

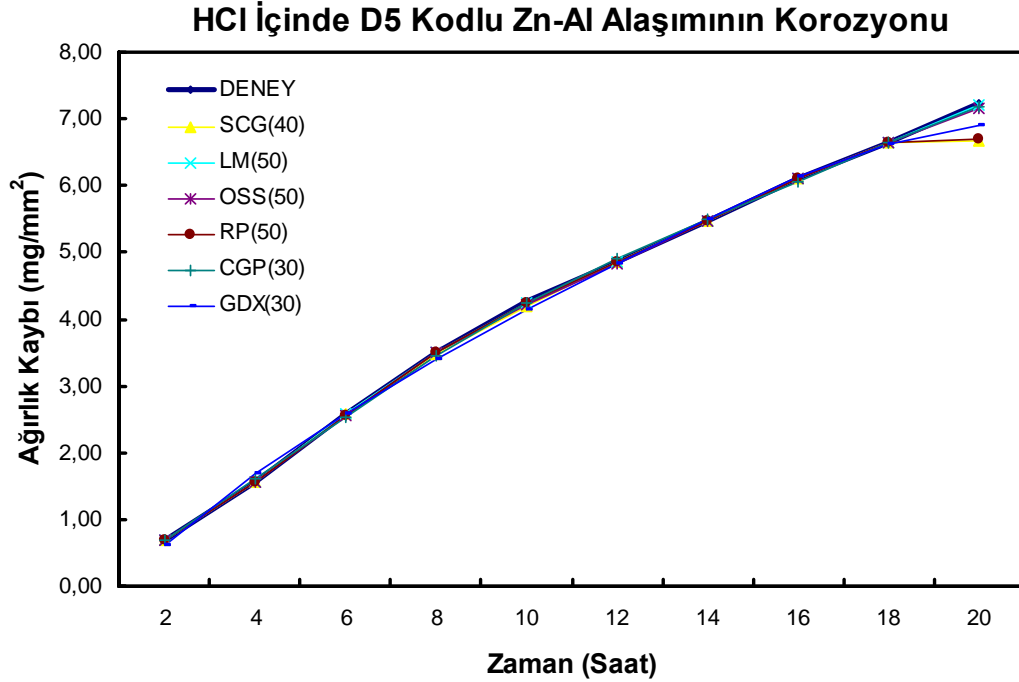
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	LM50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	LM50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)
2	0,445392	0,445330	0,014017	3	0,682090
4	0,950234	0,950080	0,016172	5	1,167100
6	1,421324	1,349700	5,039252	7	1,643900
8	1,782872	1,782500	0,020887	8,5	1,982400
10	2,269832	2,269400	0,019015	11	2,501300
12	2,826543	2,826100	0,015657	11,5	2,598700
14	3,189393	3,189300	0,002931	15	3,259100
16	3,251092	3,251600	0,015614	16,5	3,563300
18	4,115942	3,529800	14,240782	17	3,672800
20	4,468727	4,471000	0,050858	18,5	4,031700

6.3.4. D5 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

şekil 6.22’de görüldüğü gibi, D5 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin eğitiminde GDX30, RP50 ve SCG40 algoritmalarında 20. saatte sapmalar meydana gelmiştir. D grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, D5 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 10. saatte % 0,527652’lik bir sapma olduğu Tablo 6.34’de de görülmektedir. Gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, D5 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması %0,099129 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.43. D5 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP30 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX30 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,689570	0,688920	0,688930	0,685350	0,688490	0,679230	0,625910
4	1,562233	1,560100	1,561100	1,567000	1,566700	1,615000	1,676900
6	2,570406	2,578100	2,569100	2,561400	2,562400	2,532700	2,584000
8	3,490406	3,484900	3,489500	3,493600	3,494300	3,444400	3,390400
10	4,260179	4,203800	4,237700	4,221400	4,233500	4,244800	4,131100
12	4,844162	4,844900	4,844600	4,836500	4,850300	4,905000	4,832800
14	5,468859	5,469600	5,469500	5,477900	5,459100	5,490700	5,507000
16	6,102631	6,101200	6,103100	6,100100	6,108700	6,063300	6,124400
18	6,639522	6,640900	6,639700	6,640300	6,637900	6,635600	6,610100
20	7,221542	6,680400	7,207800	7,162000	6,700200	7,177400	6,892900



Şekil 6.22. D5 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.44. D5 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücreci bulunan LM algoritmasına göre tahmini değerleri

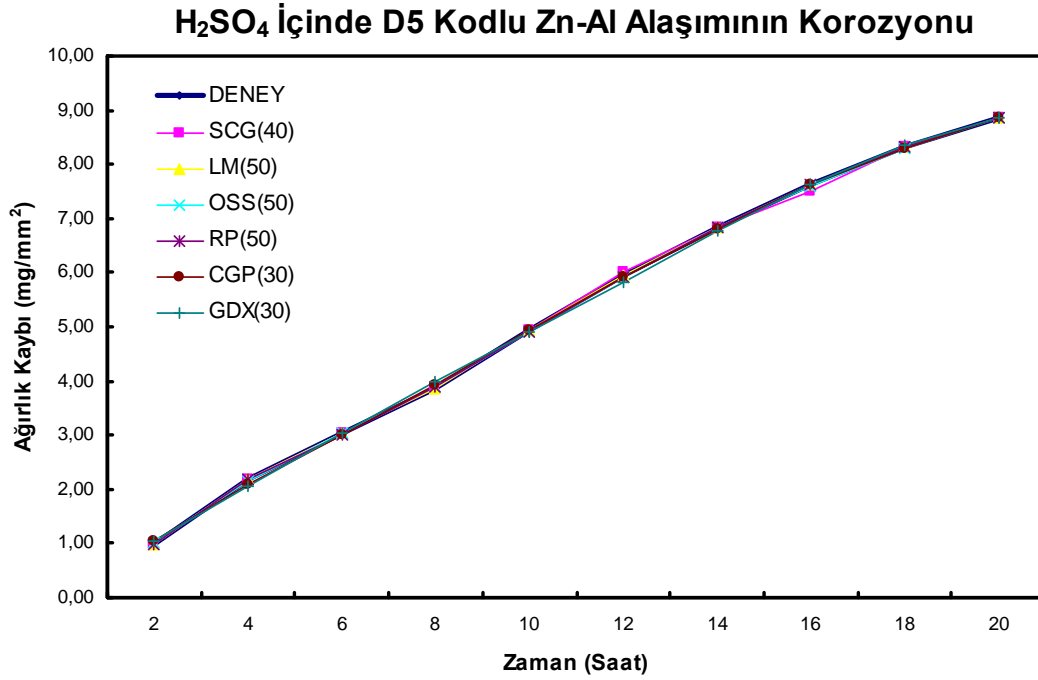
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	LM50 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	0,689570	0,688930	0,092869	3	1,126700
4	1,562233	1,561100	0,072537	5	2,087500
6	2,570406	2,569100	0,050827	7	3,027600
8	3,490406	3,489500	0,025956	8,5	3,671000
10	4,260179	4,237700	0,527652	11	4,579600
12	4,844162	4,844600	0,009051	11,5	4,738500
14	5,468859	5,469500	0,011728	15	5,748800
16	6,102631	6,103100	0,007692	16,5	6,193200
18	6,639522	6,639700	0,002684	17	6,349900
20	7,221542	7,207800	0,190295	18,5	6,845600

6.3.5. D5 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

şekil 6.17'de görüldüğü gibi, D5 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinde yapay sinir ağı eğitimi başarı ile tamamlanmıştır. D grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücreci bulunan LM algoritmasında, D5 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 12. saatte % 0,226752'lik bir sapma olduğu Tablo 6.34'de görülmektedir. Gizli katmanında 50 sinir hücreci bulunan LM algoritmasında, D5 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,026536'dır.

Tablo 6.45. D5 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP30 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX30 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,990571	0,991900	0,990710	1,004400	0,989120	1,031500	1,046700
4	2,187980	2,182400	2,188000	2,161000	2,194100	2,100600	2,056100
6	3,023774	3,030700	3,023800	3,039800	3,013500	3,021400	3,044400
8	3,871645	3,865600	3,871600	3,905000	3,882500	3,936100	3,976800
10	4,921664	4,924700	4,921700	4,891400	4,914800	4,921200	4,890100
12	5,956206	6,016500	5,942700	5,921200	5,918600	5,903700	5,827000
14	6,825066	6,824300	6,825100	6,840700	6,826300	6,810100	6,770000
16	7,617945	7,501000	7,616600	7,610500	7,632600	7,617300	7,636300
18	8,307991	8,308500	8,308000	8,301700	8,308400	8,304200	8,339000
20	8,858269	8,857100	8,858500	8,863500	8,858700	8,860300	8,849800



Şekil 6.23. D5 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.46. D5 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasına göre tahmini değerleri

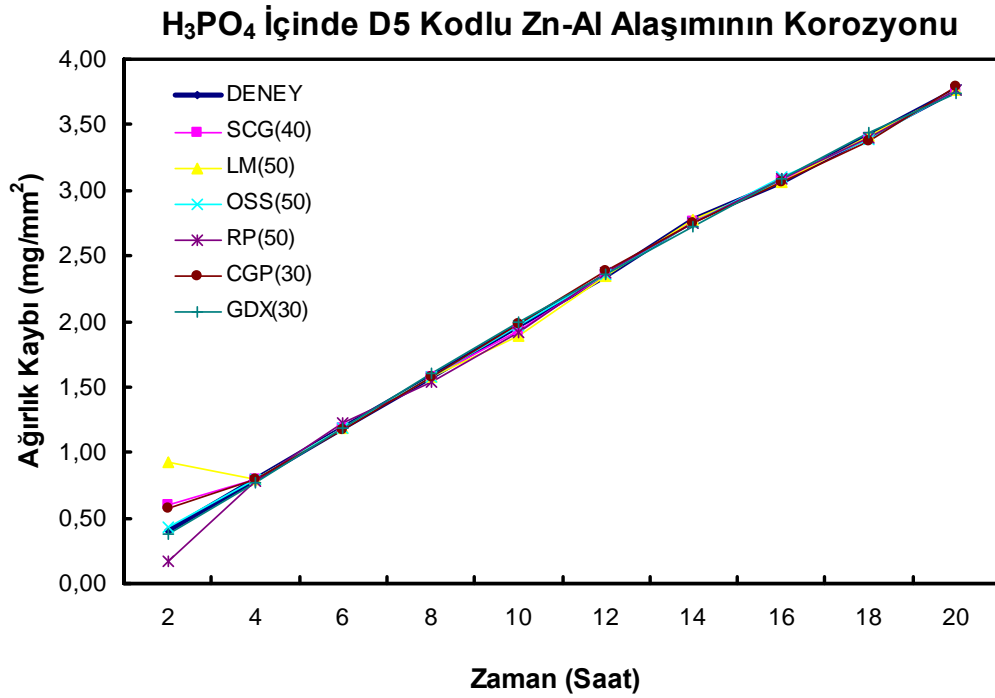
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	LM50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	LM50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)
2	0,990571	0,990710	0,014049	3	1,551200
4	2,187980	2,188000	0,000932	5	2,530900
6	3,023774	3,023800	0,000868	7	3,504900
8	3,871645	3,871600	0,001167	8,5	4,220100
10	4,921664	4,921700	0,000725	11	5,384000
12	5,956206	5,942700	0,226752	11,5	5,613800
14	6,825066	6,825100	0,000500	15	7,204600
16	7,617945	7,616600	0,017651	16,5	7,834500
18	8,307991	8,308000	0,000111	17	8,024300
20	8,858269	8,858500	0,002610	18,5	8,505600

6.3.6. D5 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna aityapay sinir ağı sonuçları

şekil 6.24'de görüldüğü gibi, D5 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin eğitimde gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan OSS algoritması hariç tüm algoritmalarda 2. saatteki eğitiminde sapmalar meydana gelmiştir. D grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, D5 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 2. saatte % 127,885257'lik bir sapma olduğu Tablo 6.34'de görülmektedir. Ayrıca 10. saatte de % 3,884156'lık bir sapma meydana gelmiştir. Diğer değerlerin tahmininde ise hata % 0,026'ların altındadır. Gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, D5 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 13,185393'dür. Bu hata oranının yüksek çıkmasının en büyük nedeni 2. saatteki hata oranının çok yüksek çıkmasıdır.

Tablo 6.47. D5 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	SCG40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	OSS50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	CGP30 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	GDX30 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)
2	0,403896	0,604500	0,920420	0,431020	0,167350	0,572860	0,379520
4	0,791122	0,791500	0,791320	0,793040	0,779170	0,793510	0,774320
6	1,185305	1,182600	1,185400	1,182400	1,219400	1,176000	1,179500
8	1,573450	1,575900	1,573600	1,577800	1,542200	1,576400	1,602700
10	1,964088	1,928700	1,887800	1,965200	1,920100	1,975700	1,999100
12	2,350789	2,356800	2,351000	2,356600	2,376100	2,385200	2,360300
14	2,776081	2,763300	2,776200	2,749000	2,749400	2,751700	2,717400
16	3,065254	3,076600	3,065400	3,097100	3,082900	3,060500	3,087100
18	3,411263	3,406600	3,411600	3,388200	3,401100	3,379500	3,444100
20	3,765673	3,766600	3,766200	3,770200	3,768300	3,788700	3,738300



Şekil 6.24. D5 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.48. D5 kodlu Zn-Al alaşımının asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücreci bulunan LM algoritmasına göre tahmini değerleri

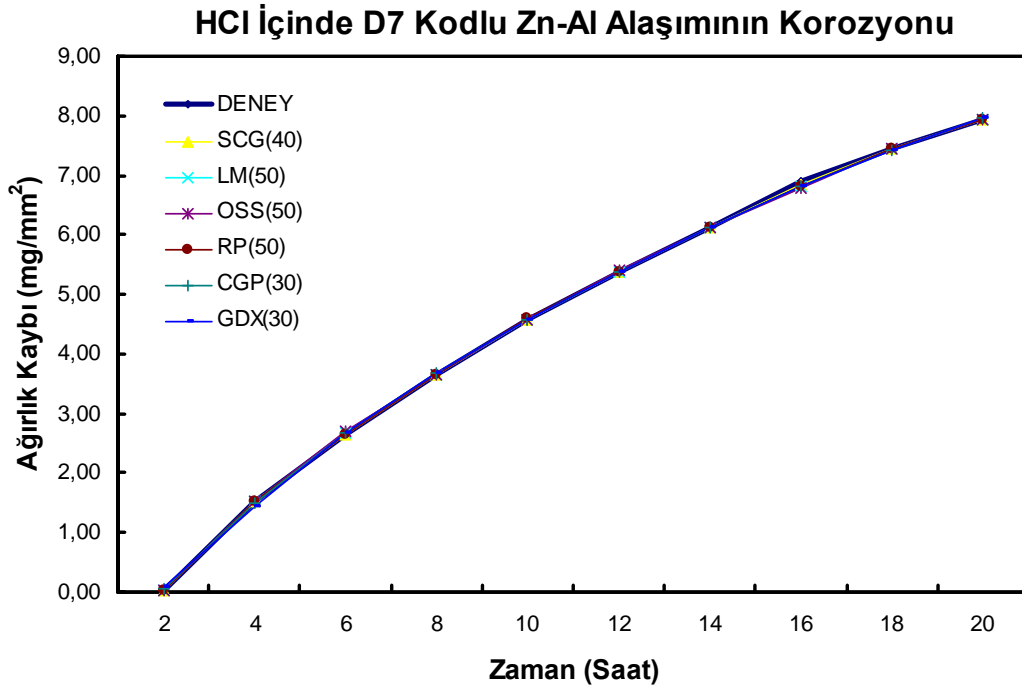
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	LM50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	LM50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)
2	0,403896	0,920420	127,885257	3	0,476180
4	0,791122	0,791320	0,025016	5	1,004100
6	1,185305	1,185400	0,008025	7	1,424300
8	1,573450	1,573600	0,009561	8,5	1,689400
10	1,964088	1,887800	3,884156	11	2,126900
12	2,350789	2,351000	0,008974	11,5	2,222800
14	2,776081	2,776200	0,004281	15	2,926300
16	3,065254	3,065400	0,004778	16,5	3,196700
18	3,411263	3,411600	0,009885	17	3,280500
20	3,765673	3,766200	0,013997	18,5	3,517700

6.3.7. D7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

Şekil 6.25’de görüldüğü gibi, D7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin yapay sinir ağı eğitimi tüm algoritmelerde başarı ile tamamlanmıştır. D grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücreci bulunan LM algoritmasında, D7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 16. saatte % 1,277685’lük bir sapma olduğu Tablo 6.50’de görülmektedir. Ayrıca 8. saatte de % 1,123209’lük bir sapma meydana gelmiştir. Gizli katmanında 50 sinir hücreci bulunan LM algoritmasında, D7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,346343’dür

Tablo 6.49. D7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP30 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX30 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,030126	0,029622	0,029828	0,031646	0,038747	0,056580	0,074353
4	1,524082	1,522300	1,523700	1,528500	1,510900	1,487600	1,448100
6	2,652111	2,658400	2,681900	2,690000	2,644600	2,665000	2,662500
8	3,655715	3,659200	3,655400	3,660100	3,658000	3,673000	3,691800
10	4,576533	4,579000	4,576100	4,568800	4,587300	4,568500	4,578500
12	5,386519	5,377400	5,385900	5,400100	5,378600	5,382100	5,376600
14	6,121312	6,128300	6,120700	6,114000	6,120800	6,129800	6,119800
16	6,915255	6,834100	6,826900	6,792700	6,804500	6,815900	6,810500
18	7,454103	7,451300	7,454100	7,456900	7,456900	7,430900	7,428200
20	7,937841	7,938400	7,938400	7,935200	7,936400	7,955200	7,954400



Şekil 6.25. D7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.50. D7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitimi de kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücreci bulunan LM algoritmasına göre tahmini değerleri

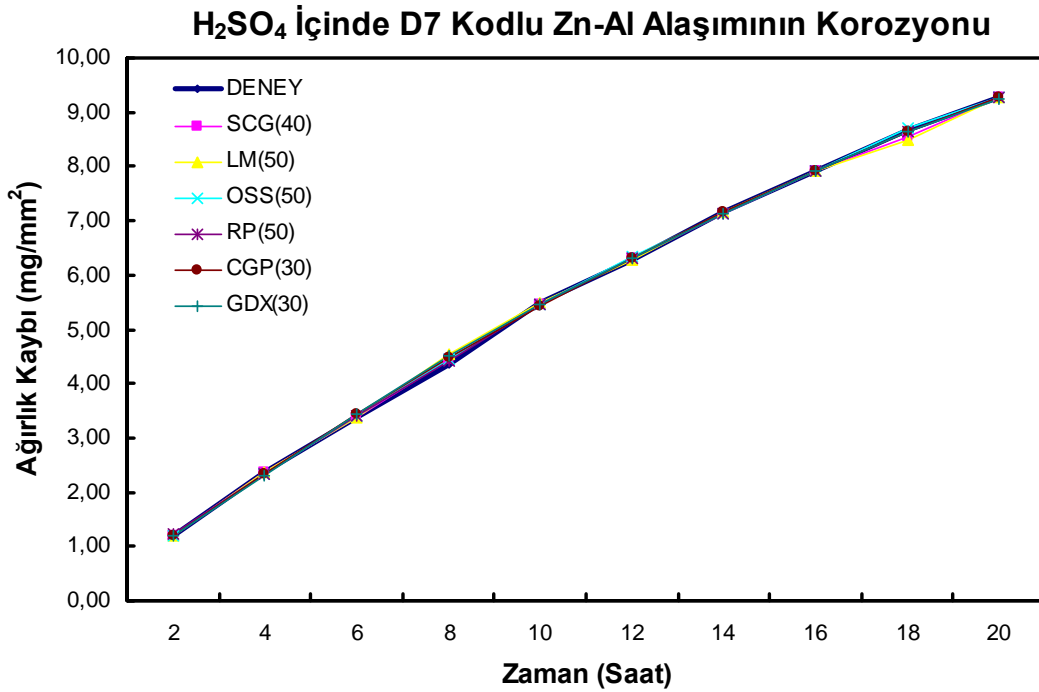
D deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	LM50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	LM50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)
2	0,030126	0,029828	0,990804	3	0,778080
4	1,524082	1,523700	0,025078	5	2,047700
6	2,652111	2,681900	1,123209	7	3,164900
8	3,655715	3,655400	0,008628	8,5	3,906500
10	4,576533	4,576100	0,009460	11	5,002500
12	5,386519	5,385900	0,011496	11,5	5,205100
14	6,121312	6,120700	0,009995	15	6,487200
16	6,915255	6,826900	1,277685	16,5	6,962500
18	7,454103	7,454100	0,000041	17	7,112200
20	7,937841	7,938400	0,007037	18,5	7,544200

6.3.8. D7 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

Şekil 6.26'da görüldüğü gibi, D7 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin yapay sinir ağı eğitimi tüm algoritmalarda başarı ile tamamlanmıştır. D grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücreci bulunan LM algoritmasında, D7 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 8. saatte % 4,633592'lik bir sapma olduğu Tablo 6.52'de görülmektedir. Ayrıca 18. saatte de 2,249825'lik bir sapma meydana gelmiştir. Diğer değerlerin tahmininde ise hata % 0,03'den daha azdır. Gizli katmanında 50 sinir hücreci bulunan LM algoritmasında, D7 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,692378 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.51. D7 kodlu Zn-Al alaşımının H_2SO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	SCG40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	OSS50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	CGP30 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	GDX30 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)
2	1,203551	1,210300	1,203900	1,212600	1,215100	1,211300	1,212700
4	2,373541	2,356500	2,373600	2,336900	2,337700	2,324700	2,302600
6	3,364998	3,382500	3,364900	3,405700	3,396400	3,435800	3,447400
8	4,338664	4,454000	4,539700	4,449000	4,404200	4,465700	4,506300
10	5,492251	5,470800	5,492100	5,444700	5,471400	5,420400	5,444900
12	6,281581	6,311800	6,281700	6,337100	6,313000	6,312500	6,306800
14	7,159736	7,136400	7,159700	7,129100	7,128000	7,147500	7,132000
16	7,906167	7,914700	7,906100	7,916100	7,921300	7,926100	7,924500
18	8,683258	8,552800	8,487900	8,698700	8,658700	8,640100	8,651700
20	9,263900	9,263500	9,263900	9,263100	9,262500	9,260900	9,255000



Şekil 6.26. D7 kodlu Zn-Al alaşımının H_2SO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.52. D7 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasına göre tahmini değerleri

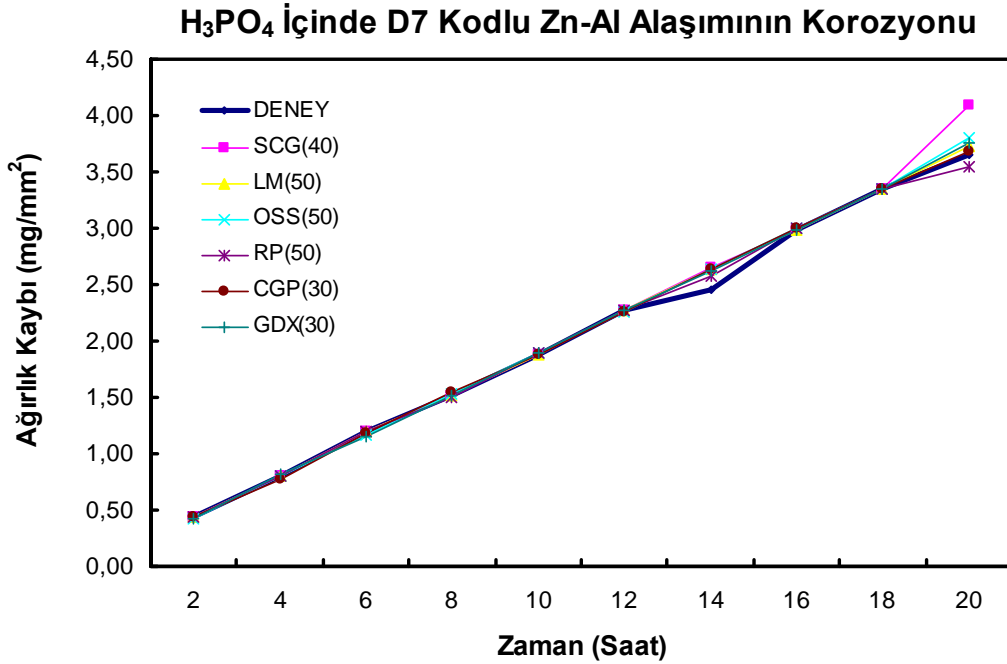
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	LM50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	LM50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)
2	1,203551	1,203900	0,028979	3	1,778800
4	2,373541	2,373600	0,002494	5	2,865000
6	3,364998	3,364900	0,002898	7	3,935000
8	4,338664	4,539700	4,633592	8,5	4,712000
10	5,492251	5,492100	0,002754	11	5,907100
12	6,281581	6,281700	0,001894	11,5	6,127000
14	7,159736	7,159700	0,000497	15	7,523100
16	7,906167	7,906100	0,000847	16,5	8,086700
18	8,683258	8,487900	2,249825	17	8,272400
20	9,263900	9,263900	0,000001	18,5	8,807600

6.3.9. D7 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

Şekil 6.27'de görüldüğü gibi, D7 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerin eğitiminde 14. saatte tüm algoritmalar tahminde sapma göstermişlerdir. D grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, D7 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 14. saatte % 7,335443'lük bir sapma olduğu Tablo 6.54'de görülmektedir. Ayrıca 8. saatte % 1,856075'lik bir sapma meydana gelmiştir. Diğer değerlerin tahmininde ise hata % 0,026'ların altındadır. Gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasında, D7 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,928455'dir

Tablo 6.53. D7 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	SCG40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	OSS50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	CGP30 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	GDX30 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)
2	0,433758	0,432540	0,433870	0,429950	0,431850	0,443500	0,427120
4	0,798026	0,800660	0,798180	0,809180	0,802340	0,778040	0,822000
6	1,194893	1,192900	1,195000	1,168200	1,194400	1,179700	1,158400
8	1,509857	1,511700	1,510000	1,528900	1,504000	1,540800	1,514000
10	1,882246	1,878700	1,882100	1,890600	1,889600	1,884300	1,894300
12	2,274821	2,278100	2,274800	2,261300	2,270200	2,252600	2,268400
14	2,458927	2,657800	2,639300	2,638300	2,574600	2,636600	2,627400
16	2,990944	2,989200	2,991300	2,999700	2,993300	3,002600	2,983100
18	3,350804	3,351200	3,351100	3,352000	3,349400	3,341500	3,354100
20	3,658692	4,097900	3,726600	3,809300	3,546600	3,681000	3,755300



Şekil 6.27. D7 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.54. D7 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritmasına göre tahmini değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	LM50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	LM50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)
2	0,433758	0,433870	0,025899	3	0,633150
4	0,798026	0,798180	0,019306	5	1,037000
6	1,194893	1,195000	0,008977	7	1,370600
8	1,509857	1,510000	0,009459	8,5	1,603700
10	1,882246	1,882100	0,007761	11	2,031500
12	2,274821	2,274800	0,000903	11,5	2,130300
14	2,458927	2,639300	7,335443	15	2,902400
16	2,990944	2,991300	0,011899	16,5	3,160600
18	3,350804	3,351100	0,008832	17	3,220400
20	3,658692	3,726600	1,856075	18,5	3,311800

6.4. E grubu Zn-Al alaşımlarının yapay sinir ağı sonuçları

Yapılan yapay sinir ağı eğitim ve test çalışmaları sonucu E grubu Zn-Al alaşımlarda algoritmalardan; gizli katmanında 15 sinir hücresi bulunan SCG % 1,034676, gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan LM algoritması % 1,047326, gizli katmanında 40 sinir hücresi bulunan CGP algoritması % 1,467284, gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan OSS algoritması % 1,07364, gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritması % 1,00264 ve gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan GDX algoritması % 1,659574'lik sapma göstermiştir.

Altı algoritmanın en iyi tahmin sonuçlarını veren sinir hücre sayısına göre E grubu alaşımların asit çözeltilerine göre tahmin sonuçları Tablo 6.55, 6.57, 6.59, 6.61, 6.63, 6.65, 6.67, 6.69 ve 6.71'de verilmiş ve tahmin sonuçlarından elde edilen veriler grafiksel olarak gösterilmiştir (şekil 28-36).

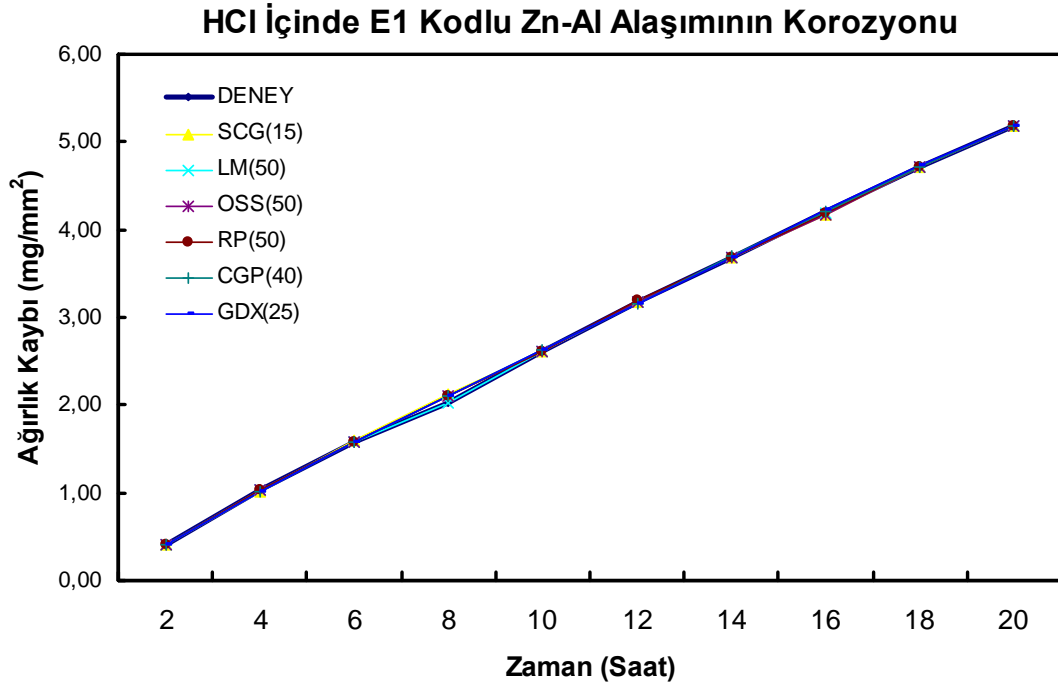
E grubu Zn-Al alaşımların deneylerinin yapay sinir ağı modellemesinin deney zaman periyotları haricindeki zaman periyotlarında en uygun algoritmanın tahmini değerleri Tablo, 6.56, 6.58, 6.60, 6.62, 6.64, 6.66, 6.68 6.70 ve 6.72 da verilmiştir.

6.4.1. E1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

Şekil 6.28’de görüldüğü gibi, E1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerin yapay sinir ağı eğitiminde tüm algoritmalarda başarı ile tamamlanmıştır. E grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasında, E1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 18. saatte % 4,172’lik bir sapma olduğu Tablo 6.34’de de görülmektedir. Gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasında, E1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,535323’tür.

Tablo 6.55. E1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG15 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,393835	0,394100	0,393910	0,390890	0,394560	0,366510	0,372470
4	0,908421	0,909810	0,908380	0,916990	0,905110	0,943450	0,933730
6	1,551824	1,548400	1,552000	1,544300	1,553700	1,548900	1,544100
8	2,150811	2,181600	2,180800	2,156500	2,178300	2,142400	2,151600
10	2,682778	2,687700	2,682800	2,688500	2,688500	2,672700	2,683200
12	3,117393	3,113400	3,117300	3,112800	3,109200	3,112200	3,109800
14	3,482261	3,484600	3,482300	3,483000	3,486100	3,481100	3,479400
16	3,829748	3,821100	3,825600	3,855600	3,870700	3,841000	3,855800
18	4,216881	4,216100	4,217000	4,220300	4,216800	4,226000	4,230100
20	4,567436	4,567100	4,567500	4,567200	4,567600	4,565700	4,556300



Şekil 6.28. E1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.56. E1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit zeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasına göre tahmini değerleri

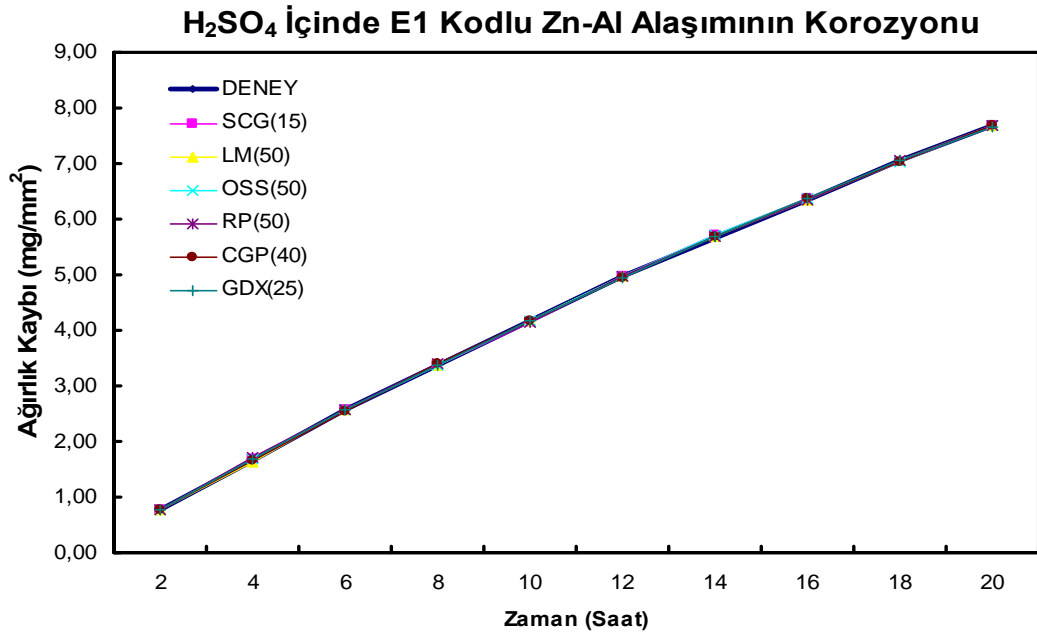
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	RP50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	RP50 Ağırlık Tahmini (mg/mm ²)
2	0,406710	0,40626	0,110730	3	0,666930
4	1,024288	1,0262	0,186664	5	1,323000
6	1,579660	1,5779	0,111406	7	1,821100
8	2,025776	2,1103	4,172425	8,5	2,144400
10	2,611987	2,6092	0,106707	11	2,915200
12	3,182383	3,1912	0,277047	11,5	3,053800
14	3,683852	3,6765	0,199578	15	3,886300
16	4,199423	4,1927	0,160088	16,5	4,290600
18	4,714730	4,7158	0,022700	17	4,439700
20	5,190895	5,1912	0,005884	18,5	4,839300

6.4.2. E1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

Şekil 6.29'da görüldüğü gibi, E1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerin yapay sinir ağı eğitimi tüm algoritmalarda başarı ile tamamlanmıştır. E grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasında, E1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 4. saatte % 3,336702'lik bir sapma olduğu Tablo 6.58'de görülmektedir. Diğer değerlerin tahmininde ise hata % 0,63'lerin altındadır. Gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasında, E1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,505148 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.57. E1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG15 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,780596	0,781200	0,780580	0,781360	0,779320	0,763510	0,776420
4	1,705865	1,725900	1,664500	1,748300	1,709600	1,676900	1,700400
6	2,578453	2,572600	2,578200	2,579900	2,578500	2,595700	2,590900
8	3,410259	3,419500	3,410000	3,406500	3,416300	3,448800	3,423700
10	4,219602	4,212300	4,219500	4,226500	4,211400	4,205100	4,185800
12	4,910479	4,914300	4,910400	4,906100	4,914300	4,870800	4,879300
14	5,426999	5,508700	5,462900	5,452000	5,530700	5,481700	5,517900
16	6,059845	6,058700	6,059800	6,062000	6,059500	6,090300	6,129200
18	6,738956	6,737800	6,738800	6,737500	6,739000	6,728600	6,734600
20	7,323399	7,323800	7,323400	7,323600	7,324400	7,315000	7,291800



Şekil 6.29. E1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.58. E1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasına göre tahmini değerleri

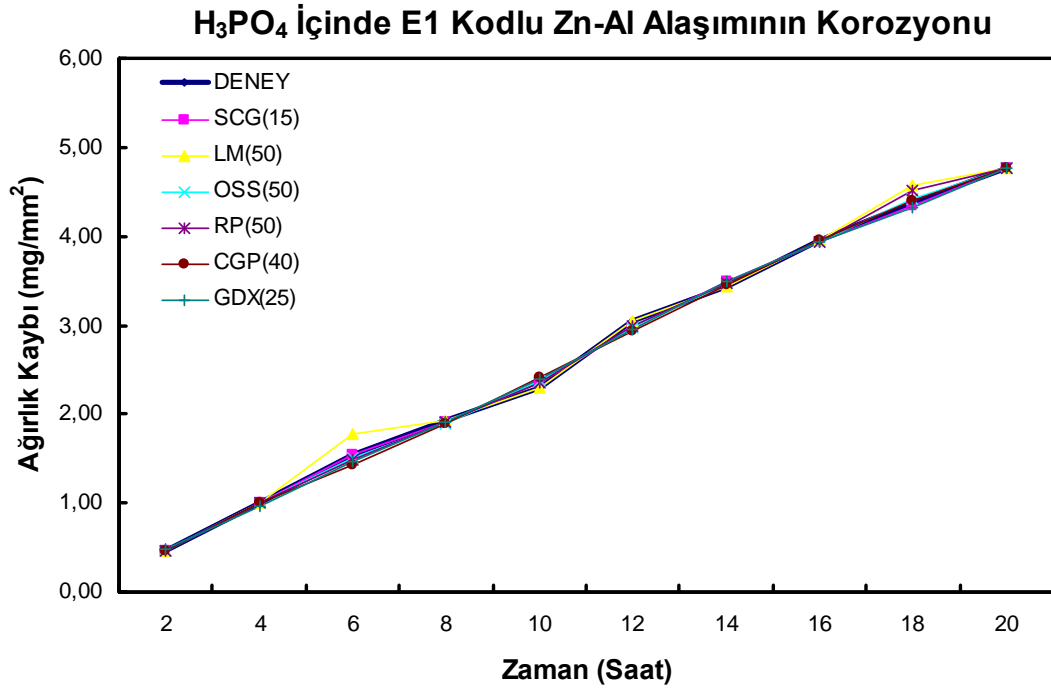
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	RP50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	RP50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)
2	0,764857	0,76527	0,053977	3	1,113300
4	1,650527	1,7056	3,336702	5	2,078500
6	2,565560	2,5599	0,220612	7	2,078500
8	3,375058	3,3879	0,380493	8,5	3,574000
10	4,161261	4,1498	0,275413	11	4,561900
12	4,972167	4,9763	0,083114	11,5	4,771200
14	5,643408	5,6784	0,620044	15	6,030000
16	6,354198	6,3523	0,029868	16,5	6,502200
18	7,044292	7,0468	0,035602	17	6,667000
20	7,682702	7,6815	0,015651	18,5	7,237800

6.4.3. E1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

E1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tüm algoritmalar için yapay sinir ağı eğitimi Şekil 6.30'da görölmektedir. E grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasında, E1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 6. saatte % 3,654525'lik bir sapma olduğu Tablo 6.60'da görölmektedir. Ayrıca 18. saatte de % 3,095993'lük bir sapma meydana gelmiştir. Diğer değerlerin tahmininde ise hata % 0,28'lerin altındadır. Gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasında, E1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 1,457739 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.59. E1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG15 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,445392	0,445640	0,445330	0,444260	0,449900	0,488540	0,474060
4	0,950234	0,950480	0,950080	0,953740	0,943360	0,874370	0,889870
6	1,421324	1,370600	1,349700	1,373900	1,363900	1,343500	1,362300
8	1,782872	1,780500	1,782500	1,775300	1,779500	1,845300	1,851400
10	2,269832	2,272300	2,269400	2,281900	2,280600	2,325400	2,308900
12	2,826543	2,826000	2,826100	2,830400	2,823400	2,738600	2,713200
14	3,189393	3,190200	3,189300	3,173500	3,183900	3,076100	3,076000
16	3,251092	3,250800	3,251600	3,263600	3,255800	3,394300	3,437800
18	4,115942	3,525300	3,529800	3,514200	3,579200	3,810700	3,861600
20	4,468727	4,468900	4,471000	4,467700	4,467500	4,450000	4,421600



Şekil 6.30. E1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.60. E1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitimi için kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasına göre tahmini değerleri

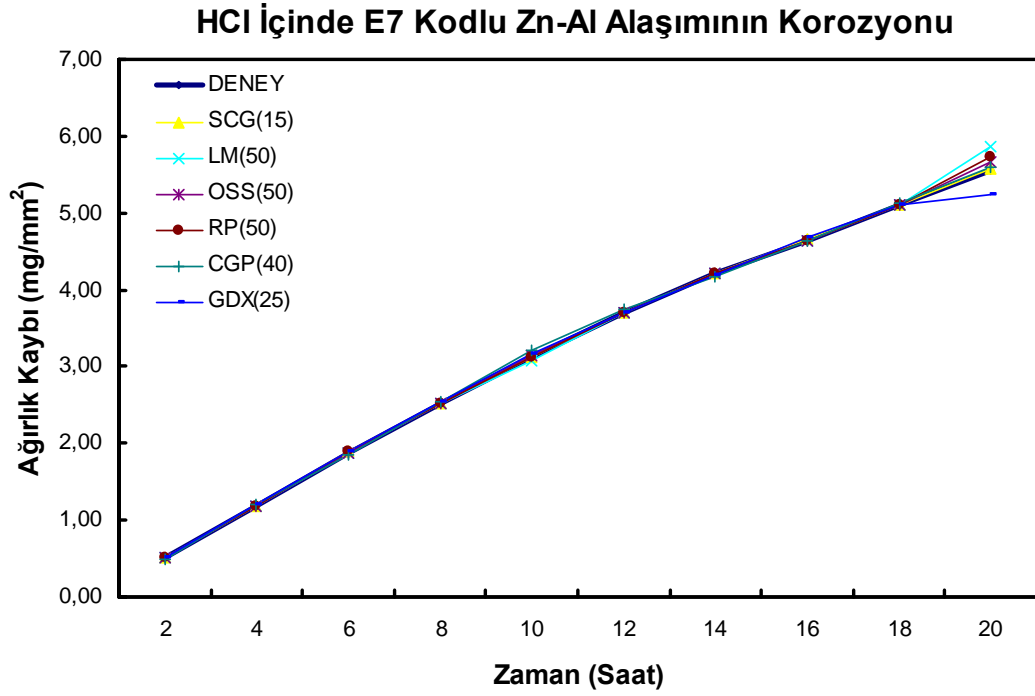
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	RP50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	RP50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)
2	0,468568	0,46642	0,458509	3	0,722870
4	0,994589	1,0011	0,654670	5	1,300600
6	1,545480	1,489	3,654525	7	1,300600
8	1,928865	1,9038	1,299491	8,5	1,986600
10	2,302676	2,3533	2,198504	11	2,673900
12	3,040472	2,9858	1,798139	11,5	2,832300
14	3,429578	3,4663	1,070753	15	3,687300
16	3,949753	3,9371	0,320357	16,5	4,077400
18	4,374176	4,5096	3,095993	17	4,218500
20	4,771738	4,773	0,026453	18,5	4,594900

6.4.4. E7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

E7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tüm algoritmalar için yapay sinir ağı eğitimi Şekil 6.31’de görölmektedir. E grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasında, E7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 20. saatte % 2,919479’luk bir sapma olduğu Tablo 6.62’de görölmektedir. Diğer değerlerin tahmininde ise hata % 0,33’lerin altındadır. Gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasında, E1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,415333’dür.

Tablo 6.61. E7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG15 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,689570	0,688920	0,688930	0,685350	0,688490	0,679230	0,625910
4	1,562233	1,560100	1,561100	1,567000	1,566700	1,615000	1,676900
6	2,570406	2,578100	2,569100	2,561400	2,562400	2,532700	2,584000
8	3,490406	3,484900	3,489500	3,493600	3,494300	3,444400	3,390400
10	4,260179	4,203800	4,237700	4,221400	4,233500	4,244800	4,131100
12	4,844162	4,844900	4,844600	4,836500	4,850300	4,905000	4,832800
14	5,468859	5,469600	5,469500	5,477900	5,459100	5,490700	5,507000
16	6,102631	6,101200	6,103100	6,100100	6,108700	6,063300	6,124400
18	6,639522	6,640900	6,639700	6,640300	6,637900	6,635600	6,610100
20	7,221542	6,680400	7,207800	7,162000	6,700200	7,177400	6,892900



Şekil 6.31. E7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.62. E7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitimi için kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasına göre tahmini değerleri

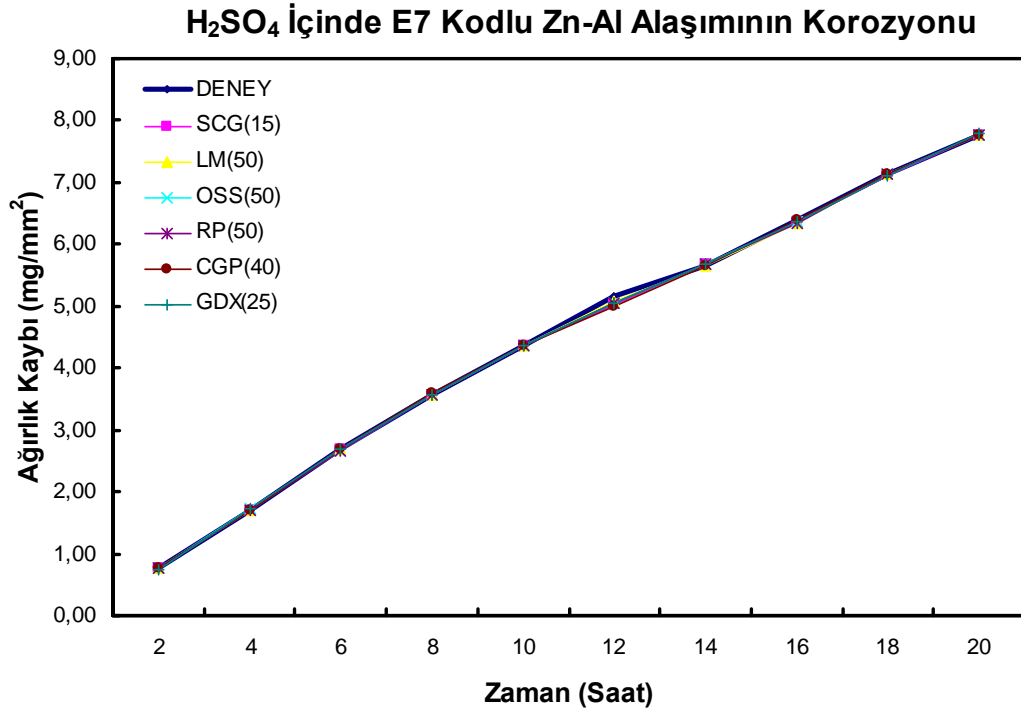
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	RP50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	RP50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)
2	0,507755	0,50801	0,050199	3	0,869640
4	1,183416	1,1804	0,254885	5	1,524300
6	1,880461	1,8866	0,326444	7	1,524300
8	2,527538	2,5228	0,187462	8,5	2,669600
10	3,115919	3,1238	0,252934	11	3,455300
12	3,704081	3,7072	0,084200	11,5	3,595500
14	4,210854	4,2083	0,060662	15	4,418700
16	4,646930	4,6466	0,007107	16,5	4,795300
18	5,113991	5,1145	0,009957	17	4,910300
20	5,556285	5,7185	2,919479	18,5	5,183900

6.4.5. E7 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

şekil 6.32’de görüldüğü gibi, E7 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinde eğitimi tüm algoritmalarda başarı ile tamamlanmıştır. E grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasında, E7 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 12. saatte % 2,072965’lik bir sapma olduğu tablo 6.64’de görülmektedir. Diğer değerlerin tahmininde ise hata % 0,91’lerin altındadır. Gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasında, E7 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,398612 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.63. E7 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG15 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,990571	0,991900	0,990710	1,004400	0,989120	1,031500	1,046700
4	2,187980	2,182400	2,188000	2,161000	2,194100	2,100600	2,056100
6	3,023774	3,030700	3,023800	3,039800	3,013500	3,021400	3,044400
8	3,871645	3,865600	3,871600	3,905000	3,882500	3,936100	3,976800
10	4,921664	4,924700	4,921700	4,891400	4,914800	4,921200	4,890100
12	5,956206	6,016500	5,942700	5,921200	5,918600	5,903700	5,827000
14	6,825066	6,824300	6,825100	6,840700	6,826300	6,810100	6,770000
16	7,617945	7,501000	7,616600	7,610500	7,632600	7,617300	7,636300
18	8,307991	8,308500	8,308000	8,301700	8,308400	8,304200	8,339000
20	8,858269	8,857100	8,858500	8,863500	8,858700	8,860300	8,849800



Şekil 6.32. E7 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.64. E7 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasına göre tahmini değerleri

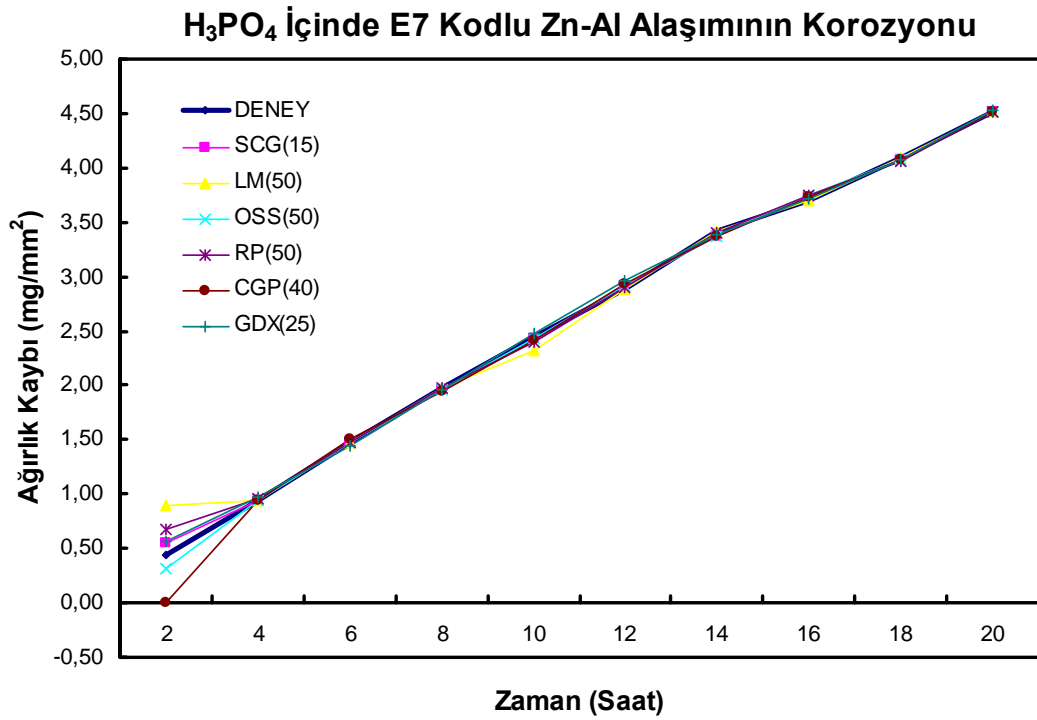
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	RP50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	RP50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)
2	0,755307	0,75636	0,139442	3	1,249700
4	1,713213	1,7147	0,086783	5	2,186200
6	2,676724	2,6685	0,307251	7	2,186200
8	3,557717	3,5689	0,314338	8,5	3,783000
10	4,376343	4,3707	0,128952	11	4,748100
12	5,161700	5,0547	2,072965	11,5	4,927800
14	5,665636	5,6663	0,011727	15	5,969800
16	6,397689	6,3396	0,907974	16,5	6,548000
18	7,125569	7,126	0,006042	17	6,746500
20	7,768427	7,7676	0,010644	18,5	7,308700

6.4.6. E7 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

E7 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çöztisi içerisindeki deneylerinin tüm algoritmalar için yapay sinir ağı eğitimi Şekil 6.33'de görölmektedir. E grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasında, E7 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çöztisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 2. saatte % 54,026152'lik bir sapma olduğu Tablo 6.66'da görölmektedir. Gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasında, E7 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çöztisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 5,896938'dir.

Tablo 6.65. E7 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çöztisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG15 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,403896	0,604500	0,920420	0,431020	0,167350	0,572860	0,379520
4	0,791122	0,791500	0,791320	0,793040	0,779170	0,793510	0,774320
6	1,185305	1,182600	1,185400	1,182400	1,219400	1,176000	1,179500
8	1,573450	1,575900	1,573600	1,577800	1,542200	1,576400	1,602700
10	1,964088	1,928700	1,887800	1,965200	1,920100	1,975700	1,999100
12	2,350789	2,356800	2,351000	2,356600	2,376100	2,385200	2,360300
14	2,776081	2,763300	2,776200	2,749000	2,749400	2,751700	2,717400
16	3,065254	3,076600	3,065400	3,097100	3,082900	3,060500	3,087100
18	3,411263	3,406600	3,411600	3,388200	3,401100	3,379500	3,444100
20	3,765673	3,766600	3,766200	3,770200	3,768300	3,788700	3,738300



Şekil 6.33. E7 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.66. E7 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasına göre tahmini değerleri

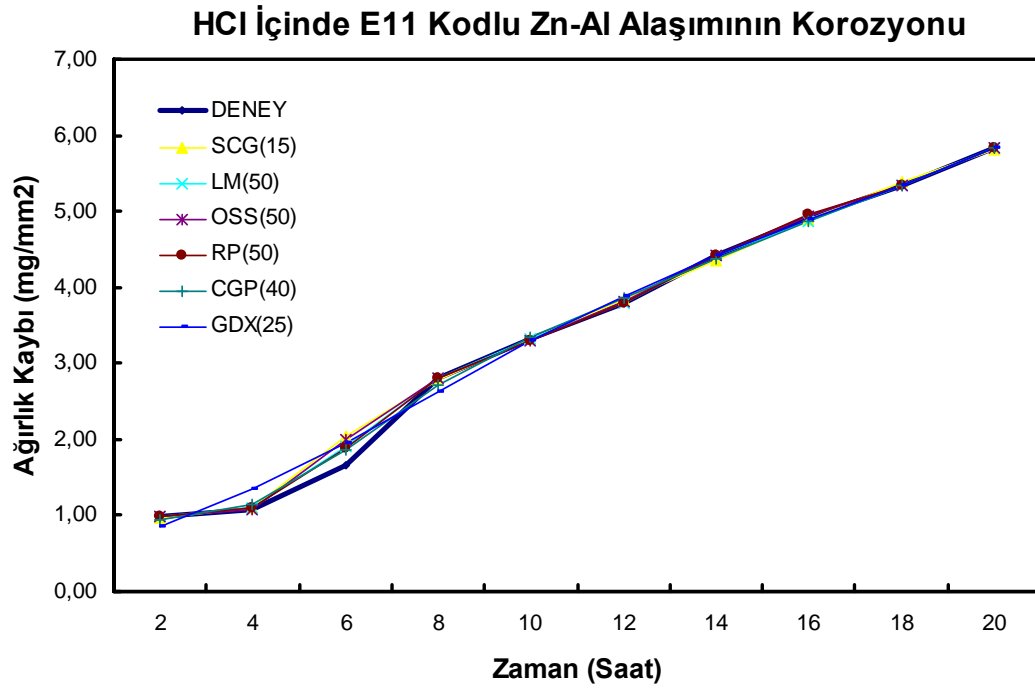
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	RP50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	RP50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)
2	0,435822	0,67128	54,026152	3	0,600700
4	0,948905	0,94976	0,090139	5	1,230500
6	1,469896	1,4703	0,027499	7	1,230500
8	1,975313	1,9724	0,147478	8,5	2,067100
10	2,441674	2,4034	1,567548	11	2,632500
12	2,888082	2,8993	0,388430	11,5	2,766200
14	3,422457	3,3941	0,828546	15	3,564600
16	3,702419	3,7404	1,025832	16,5	3,819000
18	4,091155	4,0636	0,673531	17	3,909800
20	4,511039	4,5198	0,194223	18,5	4,181600

6.4.7. E10 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

Şekil 6.34’de görüldüğü gibi, E10 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerin yapay sinir ağı eğitiminde tüm algoritmaların 6 saat tahmininde sapmalar meydana gelmiştir. E grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasında, E10 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 6. saatte % 13,469569’luk bir sapma olduğu Tablo 6.68’de görülmektedir. Gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasında, E10 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 1,527453 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.67. E10 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG15 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,030126	0,029622	0,029828	0,031646	0,038747	0,056580	0,074353
4	1,524082	1,522300	1,523700	1,528500	1,510900	1,487600	1,448100
6	2,652111	2,658400	2,681900	2,690000	2,644600	2,665000	2,662500
8	3,655715	3,659200	3,655400	3,660100	3,658000	3,673000	3,691800
10	4,576533	4,579000	4,576100	4,568800	4,587300	4,568500	4,578500
12	5,386519	5,377400	5,385900	5,400100	5,378600	5,382100	5,376600
14	6,121312	6,128300	6,120700	6,114000	6,120800	6,129800	6,119800
16	6,915255	6,834100	6,826900	6,792700	6,804500	6,815900	6,810500
18	7,454103	7,451300	7,454100	7,456900	7,456900	7,430900	7,428200
20	7,937841	7,938400	7,938400	7,935200	7,936400	7,955200	7,954400



Şekil 6.34. E10 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.68. E10 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasına göre tahmini değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	RP50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	RP50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)
2	0,977106	0,97602	0,111145	3	0,922300
4	1,088059	1,09	0,178377	5	1,460000
6	1,655774	1,8788	13,469569	7	1,460000
8	2,795897	2,7955	0,014210	8,5	2,923500
10	3,310411	3,3065	0,118133	11	3,557300
12	3,795763	3,8021	0,166947	11,5	3,691900
14	4,425782	4,422	0,085463	15	4,659600
16	4,903880	4,9562	1,066908	16,5	5,005500
18	5,331906	5,3343	0,044894	17	5,116300
20	5,833902	5,8328	0,018886	18,5	5,465800

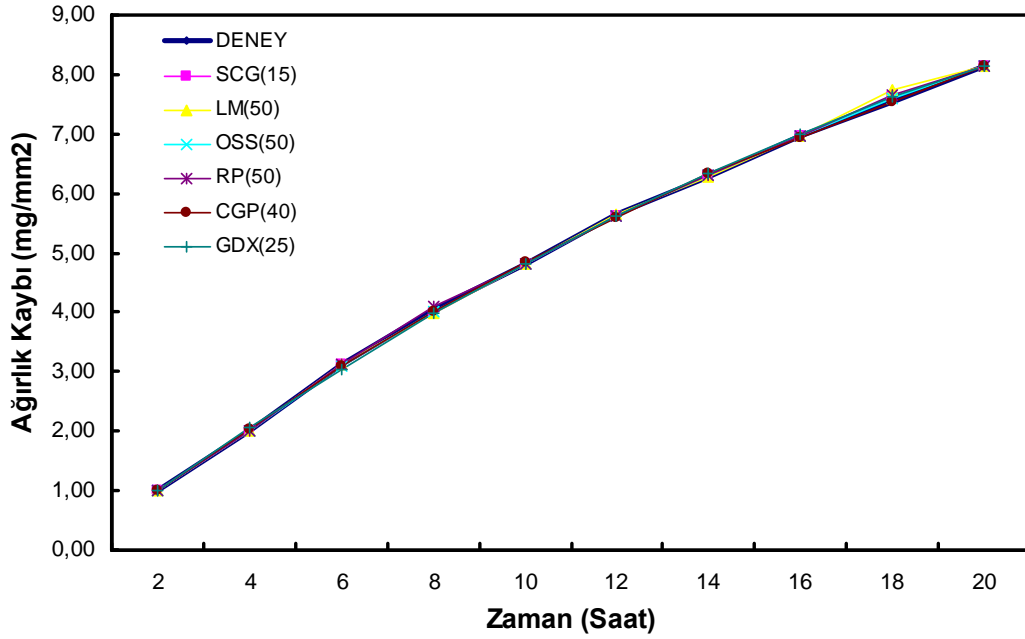
6.4.8. E10 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

E10 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tüm algoritmalar için yapay sinir ağı eğitimi Şekil 6.35’de görölmektedir. E grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasında, E10 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 18. saatte % 1,422979’lık bir sapma olduğu Tablo 6.70’de görölmektedir. Ayrıca 8. saatte de % 1,208333’lük bir sapma meydana gelmiştir. Diğer değerlerin tahmininde ise hata % 0,35’lerin altındadır. Gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasında, E10 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,406805’dir.

Tablo 6.69. E10 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG15 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	1,203551	1,210300	1,203900	1,212600	1,215100	1,211300	1,212700
4	2,373541	2,356500	2,373600	2,336900	2,337700	2,324700	2,302600
6	3,364998	3,382500	3,364900	3,405700	3,396400	3,435800	3,447400
8	4,338664	4,454000	4,539700	4,449000	4,404200	4,465700	4,506300
10	5,492251	5,470800	5,492100	5,444700	5,471400	5,420400	5,444900
12	6,281581	6,311800	6,281700	6,337100	6,313000	6,312500	6,306800
14	7,159736	7,136400	7,159700	7,129100	7,128000	7,147500	7,132000
16	7,906167	7,914700	7,906100	7,916100	7,921300	7,926100	7,924500
18	8,683258	8,552800	8,487900	8,698700	8,658700	8,640100	8,651700
20	9,263900	9,263500	9,263900	9,263100	9,262500	9,260900	9,255000

H₂SO₄ İçinde E11 Kodlu Zn-Al Alaşımının Korozyonu



Şekil 6.35. E10 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.70. E10 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasına göre tahmini değerleri

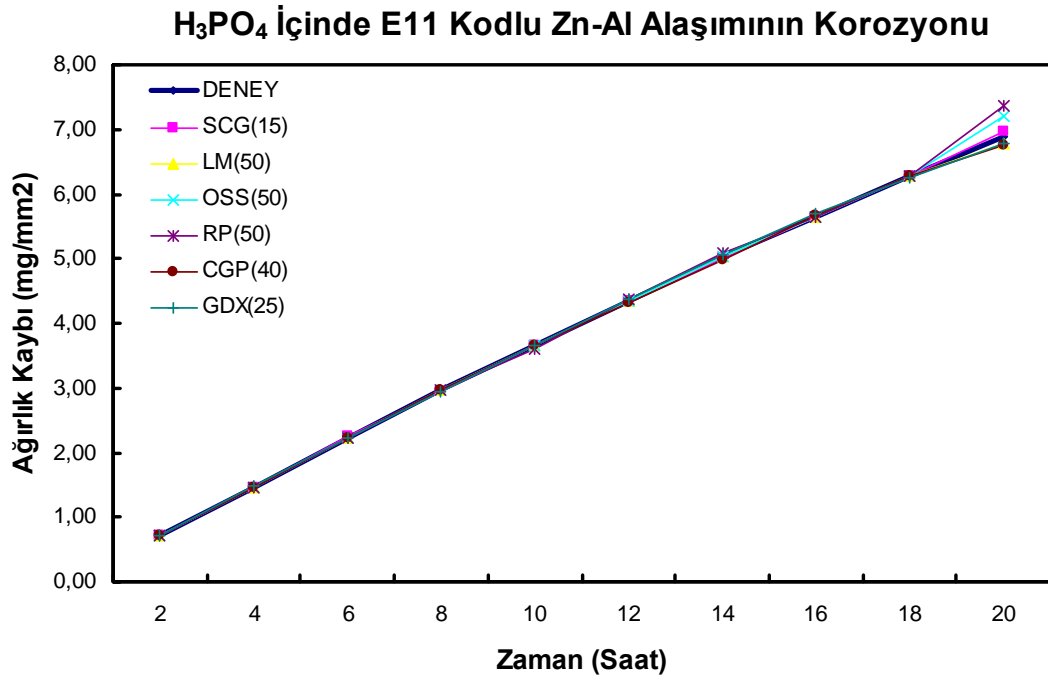
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	RP50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	RP50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)
2	1,009790	1,0093	0,048492	3	1,539200
4	2,004697	2,007	0,114893	5	2,570900
6	3,121477	3,117	0,143426	7	2,570900
8	4,041268	4,0901	1,208333	8,5	4,235200
10	4,802741	4,8144	0,242756	11	5,217400
12	5,638393	5,6155	0,406015	11,5	5,413300
14	6,284086	6,3057	0,343945	15	6,629100
16	6,973842	6,965	0,126782	16,5	7,127400
18	7,552036	7,6595	1,422979	17	7,279900
20	8,146051	8,1469	0,010426	18,5	7,713000

6.4.9. E10 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

E10 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tüm algoritmalar için yapay sinir ağı eğitimi Şekil 6.36’da görölmektedir. E grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen 50 gizli katmanında sinir hücresi bulunan RP algoritmasında, E10 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 18. saatte % 6,744081’lik bir sapma olduğu Tablo 6.72’de görölmektedir. Diğer değerlerin tahmininde ise hata % 1’in altındadır. Gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasında, E10 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 1,010288’dir.

Tablo 6.71. E10 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG15 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP50 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,433758	0,432540	0,433870	0,429950	0,431850	0,443500	0,427120
4	0,798026	0,800660	0,798180	0,809180	0,802340	0,778040	0,822000
6	1,194893	1,192900	1,195000	1,168200	1,194400	1,179700	1,158400
8	1,509857	1,511700	1,510000	1,528900	1,504000	1,540800	1,514000
10	1,882246	1,878700	1,882100	1,890600	1,889600	1,884300	1,894300
12	2,274821	2,278100	2,274800	2,261300	2,270200	2,252600	2,268400
14	2,458927	2,657800	2,639300	2,638300	2,574600	2,636600	2,627400
16	2,990944	2,989200	2,991300	2,999700	2,993300	3,002600	2,983100
18	3,350804	3,351200	3,351100	3,352000	3,349400	3,341500	3,354100
20	3,658692	4,097900	3,726600	3,809300	3,546600	3,681000	3,755300



Şekil 6.36. E10 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.72. E10 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 50 sinir hücresi bulunan RP algoritmasına göre tahmini değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	RP50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	RP50 Ağırlık Kaybı Tahmini (mg/mm ²)
2	0,709377	0,71028	0,127319	3	1,076000
4	1,458347	1,4554	0,202064	5	1,828000
6	2,231696	2,2307	0,044623	7	1,828000
8	2,961053	2,9798	0,633135	8,5	3,153900
10	3,646417	3,611	0,971279	11	3,984300
12	4,350845	4,3749	0,552891	11,5	4,155900
14	5,044274	5,0762	0,632912	15	5,363200
16	5,648436	5,6406	0,138728	16,5	5,810300
18	6,280093	6,2836	0,055844	17	5,964100
20	6,889937	7,3546	6,744081	18,5	6,413000

6.5 T Grubu Zn-Al Alaşımlarının Yapay Sinir Ağı Sonuçları

Yapılan yapay sinir ağı eğitim ve test çalışmaları sonucu T grubu alaşımlarda kullanılan algoritmalarından; gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan SCG % 1,403337, gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan LM algoritması % 0,922578, gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan CGP algoritması % 0,834194, gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritması % 0,82828, gizli katmanında 40 sinir hücresi bulunan RP algoritması % 0,969037 ve 25 sinir hücresi bulunan GDX algoritması % 0,986691'lik sapmalar göstermişlerdir.

Altı algoritmanın en iyi tahmin sonuçlarını veren sinir hücre sayısına göre T grubu alaşımların asit çözeltilerine göre tahmin sonuçları Tablo 6.73, 6.75, 6.77, 6.79, 6.81, 6.83, 6.85, 6.87 ve 6.89'de verilmiş ve tahmin sonuçlarından elde edilen veriler grafiksel olarak gösterilmiştir (Şekil 37-45).

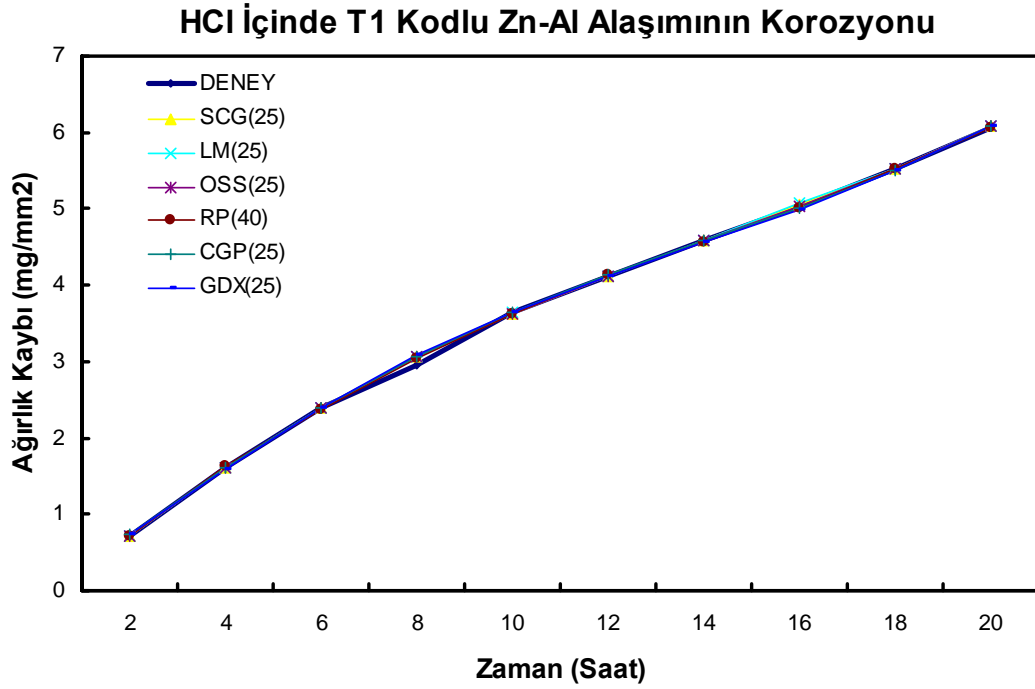
T grubu kodlu Zn-Al alaşımların deneylerinin yapay sinir ağı modellemesinin zaman periyotları haricindeki zaman periyotlarında en uygun algoritmanın tahmini değerleri tablo 6.74, 6.76, 6.78, 6.80, 6.82, 6.84, 6.86, 6.88 ve 6.90'da verilmiştir.

6.5.1. T1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

Şekil 6.37'de görüldüğü gibi, T1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisi içerisindeki deneylerinin yapay sinir ağı eğitimi tüm algoritmalarda başarı ile tamamlanmıştır. T1 grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasında, T1 alaşımının HCl asit çözeltisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 8. saatte % 3,820631'lik bir sapma olduğu Tablo 6.74'de görülmektedir. Gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasında, T1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,052581'dir.

Tablo 6.73. T1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,721435	0,722260	0,721680	0,721430	0,712870	0,729930	0,729560
4	1,617425	1,611100	1,616600	1,612600	1,636100	1,599200	1,585600
6	2,386549	2,397400	2,387200	2,398100	2,377000	2,383000	2,392200
8	2,950666	3,071700	3,054100	3,063400	3,031800	3,060700	3,086300
10	3,639810	3,630400	3,639400	3,627900	3,630600	3,636800	3,652800
12	4,117855	4,117700	4,118200	4,122800	4,134400	4,131800	4,123700
14	4,575446	4,585100	4,575400	4,579000	4,565300	4,577300	4,552900
16	5,028210	5,047900	5,085400	5,031800	5,007100	5,016100	4,994800
18	5,523033	5,514700	5,523100	5,520400	5,526100	5,501100	5,494800
20	6,071865	6,076200	6,071900	6,072500	6,071200	6,083600	6,085500



Şekil 6.37. T1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.74. T1 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 25 sinir hücreli bulunan OSS algoritmasına göre tahmini değerleri

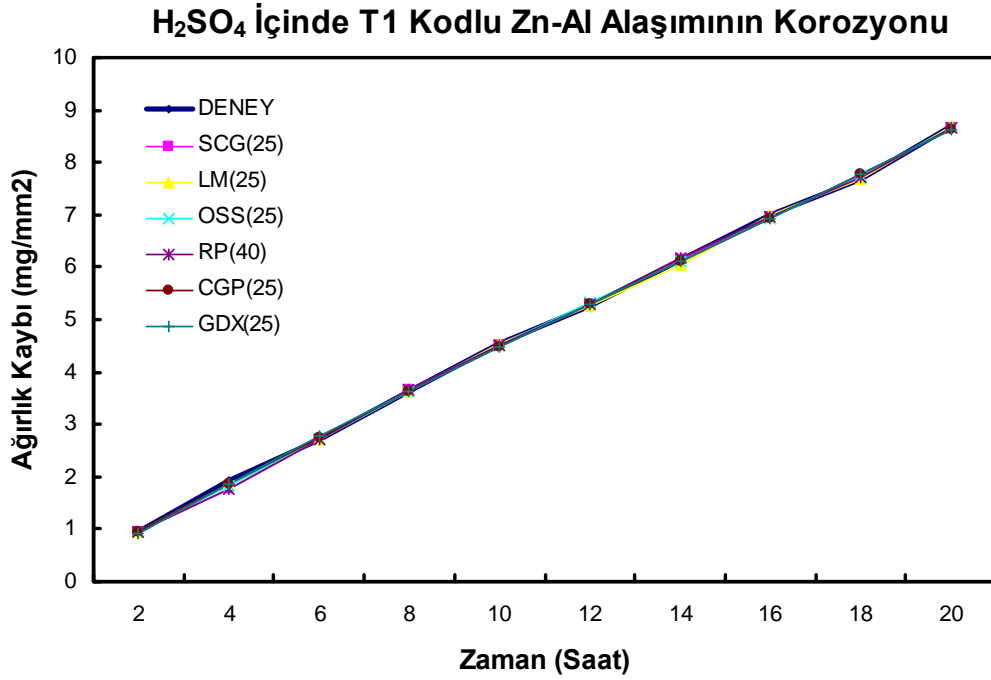
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	0,721435	0,721430	0,000662	3	1,173100
4	1,617425	1,612600	0,298317	5	2,006100
6	2,386549	2,398100	0,483985	7	2,747400
8	2,950666	3,063400	3,820631	8,5	3,230300
10	3,639810	3,627900	0,327206	11	3,896400
12	4,117855	4,122800	0,120086	11,5	4,013000
14	4,575446	4,579000	0,077686	15	4,783800
16	5,028210	5,031800	0,071404	16,5	5,138200
18	5,523033	5,520400	0,047665	17	5,263300
20	6,071865	6,072500	0,010452	18,5	5,658400

6.5.2. T1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

T1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan tüm algoritmaların tahmini değerleri Şekil 6.18'de görölmektedir. T grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 25 sinir hücreli bulunan OSS algoritmasında, T1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 4. saatte % 4,827450'lik bir sapma olduğu Tablo 6.76'da görölmektedir. Ayrıca 12. saatte % 1,371680'lik ve 16. saatte de 1,209097'lik sapmalar meydana gelmiştir. Diğer değerlerin tahmininde ise hata % 1'lerin altındadır. gizli katmanında 25 sinir hücreli bulunan OSS algoritmasında, T1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,105412'dir.

Tablo 6.75. T1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,951968	0,949550	0,951940	0,951080	0,954620	0,943040	0,917420
4	1,927341	1,766500	1,846500	1,834300	1,755800	1,847800	1,855000
6	2,713189	2,711300	2,712700	2,725800	2,700500	2,752200	2,765000
8	3,636271	3,656700	3,637100	3,624200	3,662300	3,634100	3,636800
10	4,539260	4,495800	4,538400	4,501700	4,498900	4,484100	4,476800
12	5,261627	5,302100	5,261900	5,333800	5,302500	5,305500	5,295200
14	6,143037	6,145400	6,035600	6,127200	6,167400	6,112800	6,104600
16	6,999329	6,959400	6,999200	6,914700	6,965500	6,927100	6,921200
18	7,672602	7,711600	7,672500	7,745300	7,699800	7,768800	7,761500
20	8,684853	8,671500	8,684700	8,666600	8,675100	8,643100	8,640100



Şekil 6.38. T1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.76. T1 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasına göre tahmini değerleri

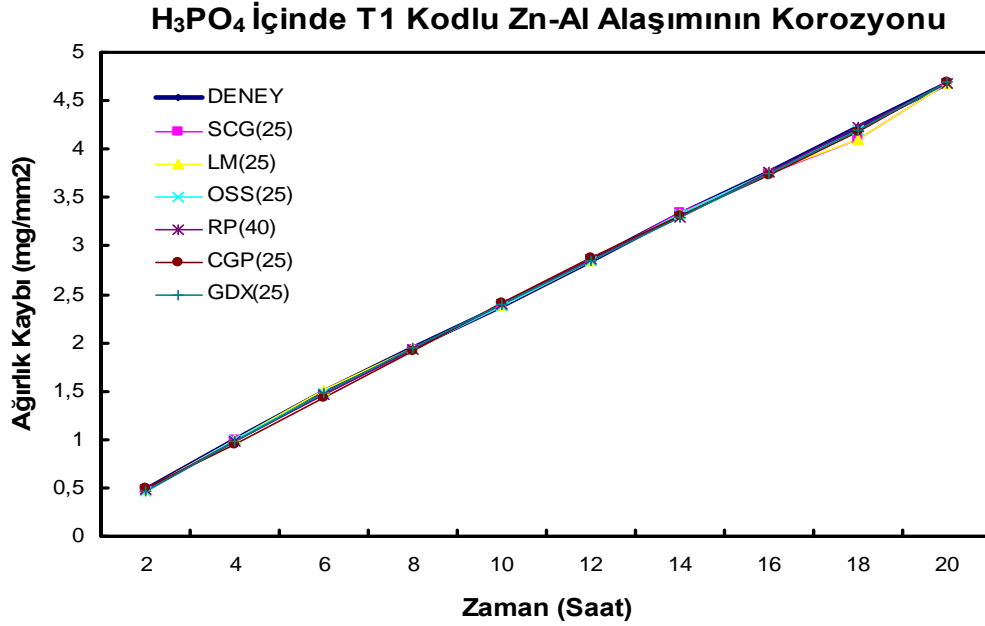
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	0,951968	0,951080	0,093287	3	1,380800
4	1,927341	1,834300	4,827450	5	2,276300
6	2,713189	2,725800	0,464807	7	2,276300
8	3,636271	3,624200	0,331972	8,5	3,848400
10	4,539260	4,501700	0,827438	11	4,918100
12	5,261627	5,333800	1,371680	11,5	5,124700
14	6,143037	6,127200	0,257803	15	6,520500
16	6,999329	6,914700	1,209097	16,5	7,119300
18	7,672602	7,745300	0,947497	17	7,324400
20	8,684853	8,666600	0,210174	18,5	7,967500

6.5.3. T1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

T1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerin yapay sinir ağı eğitimde kullanılan tüm algoritmaların tahmini değerleri Şekil 6.39'da görölmektedir. T grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasında, T1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 6. saatte % 0,789623'lük bir sapma olduğu Tablo 6.78'de görölmektedir. Gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasında, T1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,036754'dür.

Tablo 6.77. T1 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	SCG25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	LM25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	RP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	CGP25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	GDX25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)
2	0,475215	0,475440	0,475110	0,471840	0,478970	0,502560	0,472640
4	0,993276	0,996840	0,993190	1,000700	0,988570	0,953910	0,978350
6	1,494199	1,456300	1,513300	1,482400	1,469800	1,428100	1,472500
8	1,938917	1,931000	1,938800	1,931400	1,930200	1,917900	1,944400
10	2,377082	2,384300	2,377000	2,383100	2,395500	2,407800	2,398000
12	2,853053	2,847300	2,853100	2,853600	2,856700	2,877800	2,843900
14	3,325748	3,337500	3,325700	3,321400	3,302900	3,315600	3,289400
16	3,759251	3,748800	3,759300	3,763300	3,768500	3,732800	3,738300
18	4,222368	4,097400	4,097300	4,200400	4,234100	4,172500	4,201300
20	4,683343	4,685500	4,683400	4,682900	4,685100	4,695600	4,701600



Şekil 6.39. T1 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.78. T1 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasına göre tahmini değerleri

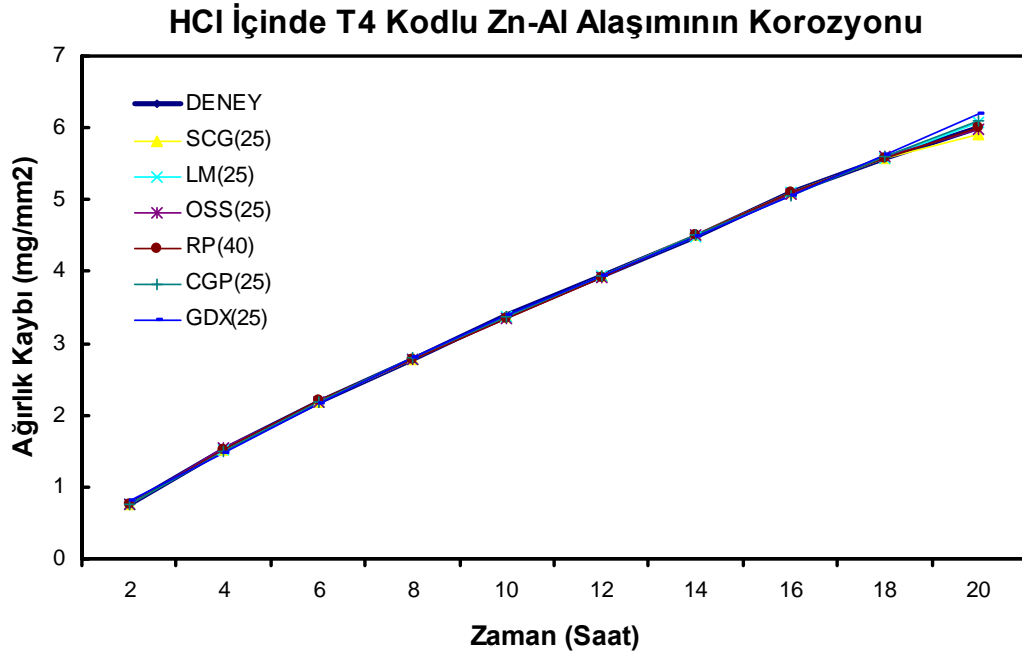
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	0,475215	0,471840	0,710178	3	0,736650
4	0,993276	1,000700	0,747431	5	1,232300
6	1,494199	1,482400	0,789623	7	1,232300
8	1,938917	1,931400	0,387690	8,5	2,047100
10	2,377082	2,383100	0,253147	11	2,621000
12	2,853053	2,853600	0,019156	11,5	2,736500
14	3,325748	3,321400	0,130737	15	3,540900
16	3,759251	3,763300	0,107713	16,5	3,879000
18	4,222368	4,200400	0,520275	17	3,991200
20	4,683343	4,682900	0,009453	18,5	4,330600

6.5.4. T4 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

T4 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerin yapay sinir ağı eğitimde kullanılan tüm algoritmaların tahmini değerleri Şekil 6.40'da görölmektedir. T grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasında, T4 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 4. saatte % 4,827450'lik bir sapma olduğu Tablo 6.80'de görölmektedir. Ayrıca 12. saatte % 1,371680'lik ve 16. saatte de 1,209097'lik sapmalar meydana gelmiştir. Diğer değerlerin tahmininde ise hata % 1'lerin altındadır. Gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasında, T4 kodlu Zn-Al alaşımının HCl deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,42326'dir.

Tablo 6.79. T4 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,757858	0,758980	0,757860	0,754640	0,761210	0,763880	0,797240
4	1,524506	1,523900	1,524400	1,534900	1,512900	1,502500	1,477300
6	2,193125	2,189800	2,193400	2,185100	2,202900	2,179600	2,159300
8	2,777511	2,782000	2,777300	2,779000	2,780900	2,795600	2,798400
10	3,382772	3,376200	3,376400	3,352300	3,334200	3,375900	3,388500
12	3,937127	3,928100	3,937200	3,926100	3,917700	3,947500	3,945600
14	4,485011	4,501600	4,484700	4,512400	4,511000	4,515700	4,493000
16	5,110171	5,097300	5,110400	5,086200	5,095900	5,065900	5,048300
18	5,583955	5,587100	5,584000	5,591500	5,585700	5,588800	5,616200
20	6,008175	5,916400	6,078100	5,989500	6,010300	6,099300	6,187300



Şekil 6.40. T4 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.80. T4 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasına göre tahmini değerleri

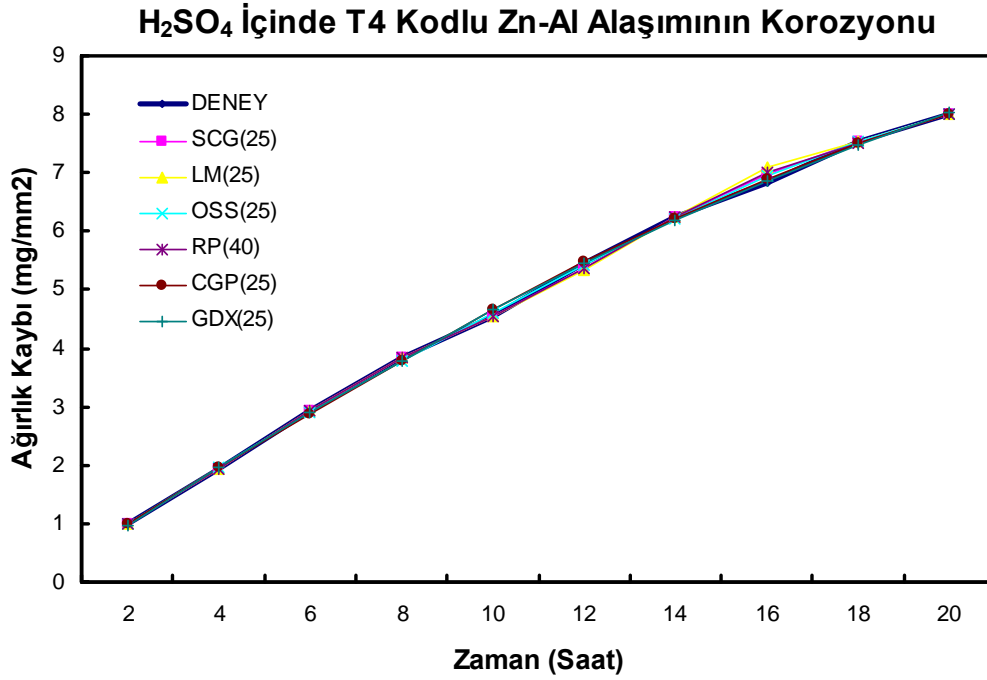
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	0,757858	0,754640	0,424639	3	1,153200
4	1,524506	1,534900	0,681800	5	1,850000
6	2,193125	2,185100	0,365930	7	1,850000
8	2,777511	2,779000	0,053605	8,5	2,937800
10	3,382772	3,352300	0,900805	11	3,660900
12	3,937127	3,926100	0,280074	11,5	3,803200
14	4,485011	4,512400	0,610668	15	4,789200
16	5,110171	5,086200	0,469088	16,5	5,201400
18	5,583955	5,591500	0,135126	17	5,336300
20	6,008175	5,989500	0,310818	18,5	5,731600

6.5.5. T4 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

T4 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerin yapay sinir ağı eğitimde kullanılan tüm algoritmaların tahmini değerleri Şekil 6.41'de görölmektedir. T grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasında, T4 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 16. saatte % 1,586673'lük bir sapma olduğu Tablo 6.82'de görölmektedir. Gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasında, T4 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,71535'dir.

Tablo 6.81. T4 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,991313	0,994720	0,991350	0,985890	0,989390	1,006900	0,980970
4	1,938512	1,929000	1,937800	1,956900	1,936100	1,951000	1,950300
6	2,921640	2,927800	2,922000	2,913300	2,925200	2,879500	2,890600
8	3,826806	3,829700	3,826600	3,788200	3,832000	3,782200	3,792500
10	4,558291	4,553900	4,558100	4,609500	4,552600	4,649200	4,648100
12	5,467342	5,356300	5,324300	5,423400	5,354200	5,468500	5,449300
14	6,251264	6,253300	6,251200	6,222000	6,252400	6,224700	6,188600
16	6,838200	6,991100	7,079900	6,946700	6,998800	6,902700	6,863100
18	7,520023	7,519600	7,519800	7,540900	7,517400	7,496700	7,478200
20	8,002223	8,002600	8,001800	7,993900	8,005700	8,016300	8,043400



Şekil 6.40 T4 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.82. T4 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasına göre tahmini değerleri

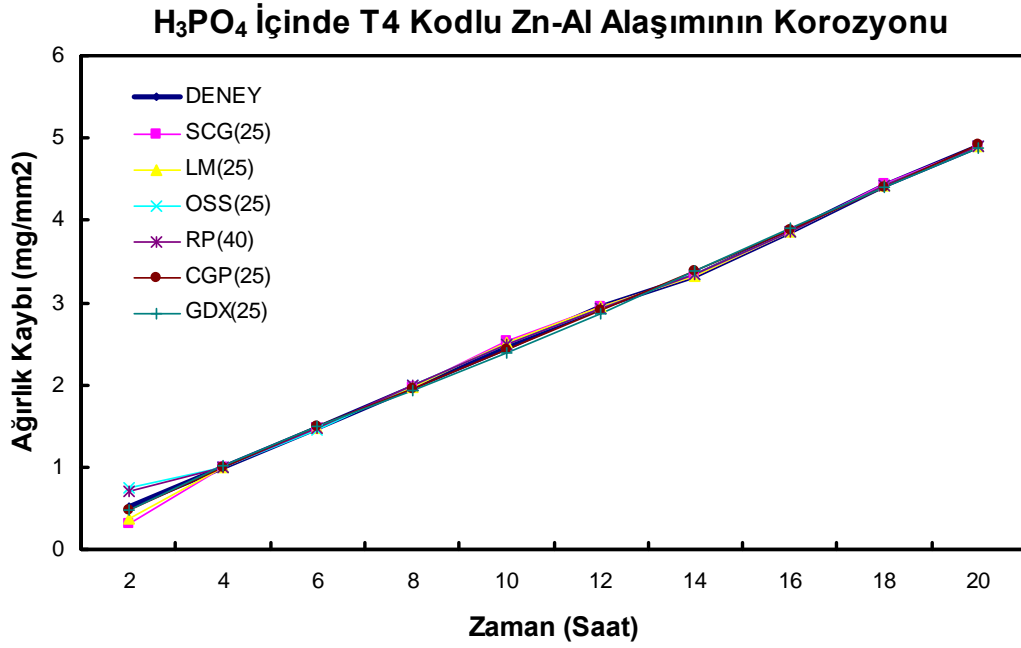
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	0,991313	0,985890	0,547042	3	1,477300
4	1,938512	1,956900	0,948565	5	2,433600
6	2,921640	2,913300	0,285463	7	2,433600
8	3,826806	3,788200	1,008838	8,5	3,998000
10	4,558291	4,609500	1,123416	11	5,043700
12	5,467342	5,423400	0,803713	11,5	5,247000
14	6,251264	6,222000	0,468131	15	6,583500
16	6,838200	6,946700	1,586673	16,5	7,083700
18	7,520023	7,540900	0,277625	17	7,237300
20	8,002223	7,993900	0,104007	18,5	7,654800

6.5.6. T4 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

T4 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerin yapay sinir ağı eğitimde kullanılan tüm algoritmaların tahmini değerleri Şekil 6.42’de görölmektedir. T grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasında, T4 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 2. saatte bir % 47,842816’lık bir sapma olduğu Tablo 6.84’de görölmektedir. Gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasında, T4 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 5,51984’dür.

Tablo 6.83. T4 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	SCG25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	LM25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	RP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	CGP25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	GDX25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)
2	0,512531	0,310060	0,370820	0,757740	0,696490	0,474960	0,479100
4	0,997009	0,993120	0,996910	1,003100	1,000600	1,000000	1,016600
6	1,473569	1,483700	1,472900	1,455600	1,465100	1,487800	1,486100
8	1,977050	1,971000	1,977400	1,999300	1,986200	1,960100	1,931800
10	2,455420	2,523000	2,507700	2,499100	2,500700	2,428100	2,388300
12	2,954942	2,950900	2,954100	2,922400	2,929700	2,899600	2,872500
14	3,317028	3,330100	3,317600	3,351300	3,351900	3,381600	3,382200
16	3,869489	3,855000	3,868800	3,861700	3,859300	3,879000	3,900500
18	4,426248	4,434900	4,426300	4,417700	4,417600	4,392300	4,406400
20	4,901790	4,899600	4,901600	4,906300	4,906300	4,917300	4,887200



Şekil 6.42. T4 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.84. T4 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasına göre tahmini değerleri

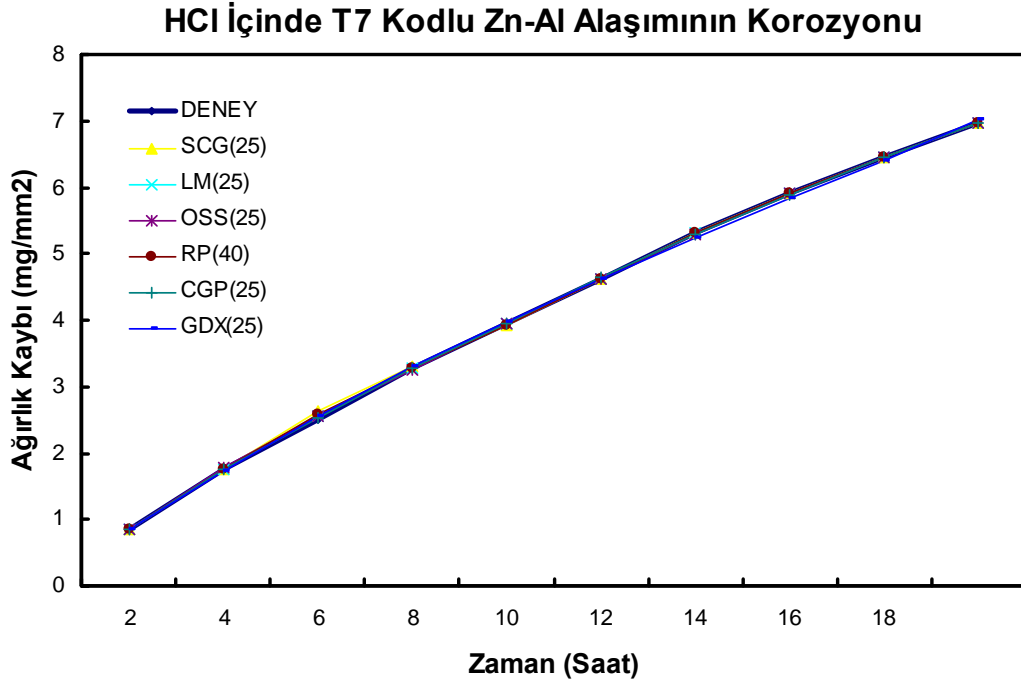
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	0,512531	0,757740	47,842816	3	0,750310
4	0,997009	1,003100	0,610952	5	1,235900
6	1,473569	1,455600	1,219389	7	1,235900
8	1,977050	1,999300	1,125412	8,5	2,097500
10	2,455420	2,499100	1,778935	11	2,688500
12	2,954942	2,922400	1,101277	11,5	2,803300
14	3,317028	3,351300	1,033214	15	3,617800
16	3,869489	3,861700	0,201291	16,5	3,991500
18	4,426248	4,417700	0,193128	17	4,120300
20	4,901790	4,906300	0,092006	18,5	4,517100

6.5.7. T7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

T7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerin yapay sinir ağı eğitimde kullanılan tüm algoritmaların tahmini değerleri Şekil 6.43'de görölmektedir. T grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasında, T7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 16. saatte 2,397525'lik sapma olduğu Tablo 6.86'da görölmektedir. Gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasında, T7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,41199 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.85. T7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	SCG25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	LM25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	RP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	CGP25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)	GDX25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm ²)
2	0,847329	0,848580	0,847270	0,845480	0,848220	0,859550	0,848330
4	1,762594	1,757400	1,762500	1,768100	1,760200	1,745100	1,740100
6	2,498889	2,622000	2,549900	2,558800	2,582400	2,539100	2,555300
8	3,275559	3,291700	3,275700	3,264300	3,277300	3,268500	3,298800
10	3,939041	3,916600	3,938500	3,943800	3,935300	3,961000	3,985900
12	4,612504	4,624400	4,613100	4,628100	4,620400	4,632400	4,629100
14	5,313867	5,313100	5,313600	5,298200	5,307000	5,281100	5,238600
16	5,908392	5,907900	5,903300	5,908400	5,921500	5,893400	5,826900
18	6,442466	6,439100	6,442500	6,446900	6,446100	6,455900	6,412800
20	6,975067	6,976900	6,975000	6,973300	6,972700	6,965800	7,020900



Şekil 6.43. T7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.86. T7 kodlu Zn-Al alaşımının HCl asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasına göre tahmini değerleri

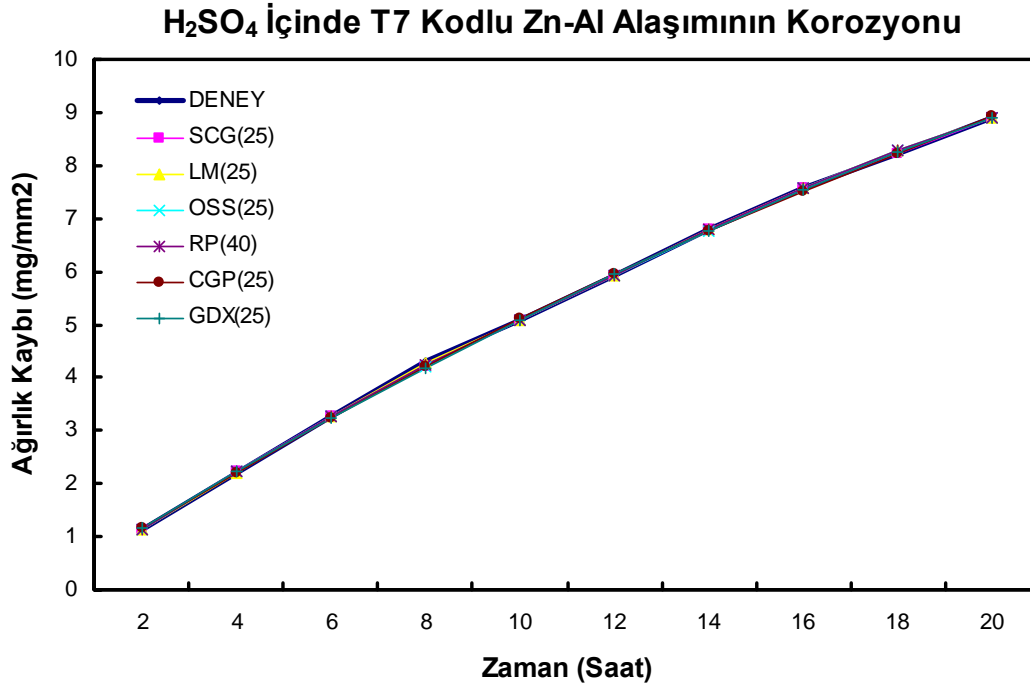
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	0,847329	0,845480	0,218195	3	1,307000
4	1,762594	1,768100	0,312399	5	2,147900
6	2,498889	2,558800	2,397525	7	2,147900
8	3,275559	3,264300	0,343739	8,5	3,448700
10	3,939041	3,943800	0,120808	11	4,295900
12	4,612504	4,628100	0,338127	11,5	4,461900
14	5,313867	5,298200	0,294826	15	5,590900
16	5,908392	5,908400	0,000138	16,5	6,043200
18	6,442466	6,446900	0,068817	17	6,187600
20	6,975067	6,973300	0,025329	18,5	6,597400

6.5.8. T7 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna aityapay sinir ağı sonuçları

T7 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerin yapay sinir ağı eğitimde kullanılan tüm algoritmaların tahmini değerleri Şekil 6.44'de görölmektedir. T grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasında, T7 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 8. saatte % 2,564932'lik bir sapma olduğu Tablo 6.34'de görölmektedir. 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasında, T7 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,58952 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.87. T7 kodlu Zn-Al alaşımının H_2SO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	SCG25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	LM25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	RP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	CGP25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	GDX25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)
2	1,140752	1,138400	1,140700	1,134300	1,134700	1,149500	1,150000
4	2,210788	2,217000	2,210700	2,226900	2,219100	2,207100	2,224900
6	3,269891	3,265400	3,269700	3,258100	3,267600	3,228800	3,236700
8	4,310152	4,217800	4,259000	4,199600	4,226900	4,201700	4,186400
10	5,076508	5,071400	5,076700	5,074700	5,072100	5,115600	5,086900
12	5,909857	5,918800	5,909200	5,928000	5,924300	5,967900	5,948700
14	6,801941	6,795300	6,802400	6,774000	6,782200	6,763800	6,771600
16	7,561900	7,564200	7,561700	7,576900	7,575300	7,513600	7,545700
18	8,229974	8,219400	8,278800	8,286900	8,297700	8,228400	8,259700
20	8,897235	8,897500	8,896900	8,894400	8,895300	8,916200	8,910600



Şekil 6.44 T7 kodlu Zn-Al alaşımının H_2SO_4 asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.88. T7 kodlu Zn-Al alaşımının H₂SO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasına göre tahmini değerleri

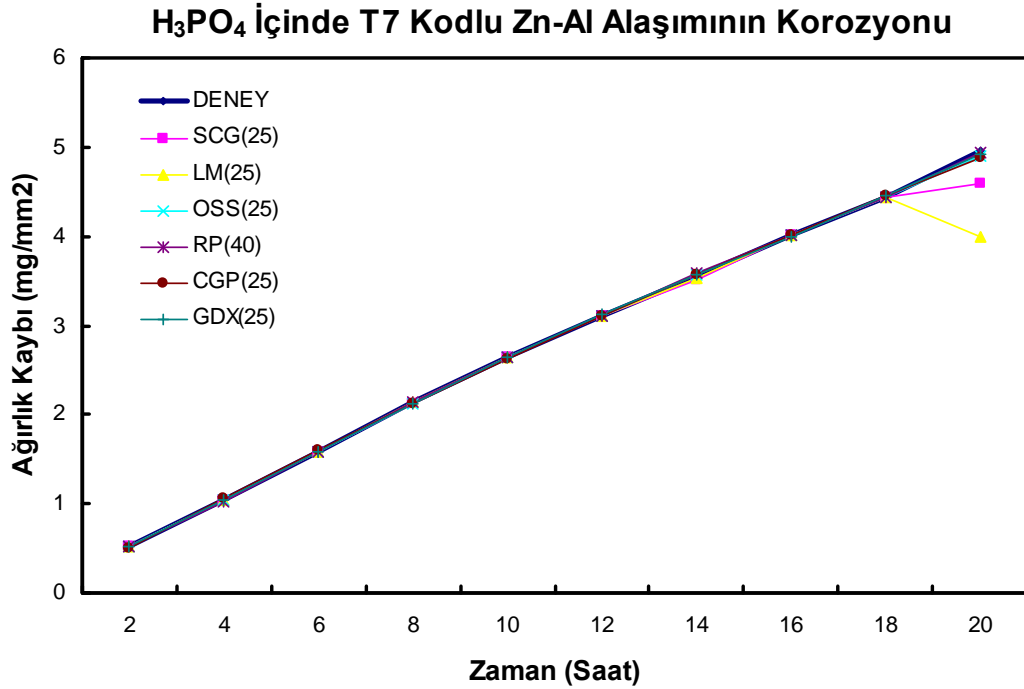
Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	1,140752	1,134300	0,565563	3	1,691800
4	2,210788	2,226900	0,728794	5	2,742900
6	3,269891	3,258100	0,360598	7	2,742900
8	4,310152	4,199600	2,564932	8,5	4,420400
10	5,076508	5,074700	0,035611	11	5,518300
12	5,909857	5,928000	0,307001	11,5	5,731100
14	6,801941	6,774000	0,410783	15	7,171500
16	7,561900	7,576900	0,198369	16,5	7,748800
18	8,229974	8,286900	0,691687	17	7,932200
20	8,897235	8,894400	0,031864	18,5	8,447600

6.5.9. T7 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı sonuçları

T7 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerin yapay sinir ağı eğitimde kullanılan tüm algoritmaların tahmini değeri Şekil 6.45’de görölmektedir. T grubu Zn-Al alaşımlarda en uygun algoritma olarak seçilen gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasında, T7 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin tahmininde en büyük sapmanın 20. saatte bir % 1,253205’lik bir sapma olduğu Tablo 6.34’de görölmektedir. gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasında, T7 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisi içerisindeki deneylerinin ortalama tahmini sapması % 0,27458 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.89. T7 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağıında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Deney Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	SCG25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	LM25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	RP40 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	CGP25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)	GDX25 Tahmini Ağırlık Kayıpları (mg/mm^2)
2	0,516669	0,517640	0,516500	0,518520	0,525580	0,495980	0,515150
4	1,044392	1,044900	1,044100	1,040700	1,028200	1,068000	1,051400
6	1,583810	1,583800	1,583900	1,589100	1,587300	1,605800	1,588800
8	2,133510	2,127800	2,133000	2,130800	2,143900	2,122000	2,123500
10	2,639897	2,649600	2,640200	2,638400	2,637400	2,622100	2,637800
12	3,107984	3,100600	3,107700	3,110600	3,100300	3,105600	3,117800
14	3,558849	3,519900	3,534300	3,563900	3,582300	3,570000	3,566200
16	4,008942	4,011900	4,008900	4,007600	4,015700	4,015700	4,002000
18	4,445541	4,444000	4,445400	4,445700	4,443000	4,450200	4,449000
20	4,964009	4,584200	3,995300	4,901800	4,947400	4,889700	4,925200



Şekil 6.45. T7 kodlu Zn-Al alaşımının H_3PO_4 asit çözeltisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağıında altı algoritma ile eğitimi sonucu tahmin değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 6.90. T7 kodlu Zn-Al alaşımının H₃PO₄ asit çözeltilisindeki korozyonuna ait yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan gizli katmanında 25 sinir hücresi bulunan OSS algoritmasına göre tahmini değerleri

Deney Zaman Periyodu (Saat)	Ağırlık Kaybı (mg/mm²)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm²)	Tahminde % Sapma	Tahmini Zaman Periyodu (Saat)	OSS25 Tahmini Ağırlık Kaybı (mg/mm²)
2	0,516669	0,518520	0,358205	3	0,512260
4	1,044392	1,040700	0,353474	5	1,051500
6	1,583810	1,589100	0,334018	7	1,588200
8	2,133510	2,130800	0,127016	8,5	2,122000
10	2,639897	2,638400	0,056714	11	2,638600
12	3,107984	3,110600	0,084166	11,5	3,116900
14	3,558849	3,563900	0,141935	15	3,561700
16	4,008942	4,007600	0,033481	16,5	4,002800
18	4,445541	4,445700	0,003585	17	4,448500
20	4,964009	4,901800	1,253205	18,5	4,886600

BÖLÜM 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada, sadece Zn-Al alaşım gruplarının çeşitli asit çözeltileri içerisinde birim alanda meydana gelen ağırlık kaybı miktarları yapay sinir ağları ile hesaplanmıştır.

Kullanılan veri grupları arasında oldukça fazla farklılıklar olmasına rağmen iyi bir sonuç elde edilmiştir. Altı farklı Yapay sinir ağı algoritmalarında en iyi sonuçları Tablo 7.1’de gösterilmiştir.

Tablo 7.1 Yapay sinir ağı modellemelerinde en Zn-Al alaşım gruplarına göre en iyi tahminleri veren algoritmaların % ortalama sapma miktarları

Zn-Al Alaşım Grubu	En İyi % Hatayı Veren Algoritma	Algoritmanın Gizli Katmanındaki Hücre Sayısı	% Tahmini Hata
B	SCG	45	2,58671
C	LM	50	1,08247
D	LM	50	1,07665
E	RP	50	1,00264
T	OSS	25	0,82828

Tablo 7.2 de gösterilen değerlerden; % 2’nin üzerinde hata veren tahminlerde, BÖLÜM 6’daki Zn-Al alaşımının asit çözeltilisindeki korozyonunun, yapay sinir ağı eğitiminde tahmini değerleri tablolarına dikkat edilecek olursa; hata oranlarının ilk veya son verilerde yüksek olmasından kaynaklandığı görülebilir. İlk ve son verilerdeki hatanın yüksek olmasının nedeni, bu verilerin öncesinde veya sonrasında eğitilecek verinin olmamasından kaynaklanmaktadır. İlk ve son veri aralığı sıklaştırılarak daha düzgün sonuçlar elde edilebilir.

Geri yayımlı YSA, klasik metotlar gibi bir problemi belirli matematiksel formülasyonlar kullanarak çözmek yerine, daha önce edindiği bilgilerden ve deneyimlerden yararlanarak sonuca ulaşabilirler [6,7,40,48]. YSA'nın bu özelliklerinden dolayı sadece tahmini değerler elde edilmesine rağmen herhangi bir matematiksel formülasyonla elde edilemeyen problemlerin çözümünde de çok yaygın olarak kullanılmaktadır.

Tablo 7.2 Yapay sinir ağı modellemelerinde deney sonuçları tahminindeki % ortalama sapma miktarları

YSA ALGORİTMASI		ALAŞIM TÜRÜ	ASİT TÜRÜ		
Algoritma Adı	Algoritmanın Gizli Katmanındaki Sinir Sayısı		0,5 mol HCl asitteki ortalama tahmini hata (%)	0,5 mol H ₂ SO ₄ asitteki ortalama tahmini hata (%)	0,5 mol H ₃ PO ₄ asitteki ortalama tahmini hata (%)
SCG	45	B1	3,682226	0,541174	1,513699
		B5	0,643592	1,795600	0,507932
		B11	15,897955	0,984036	1,258096
LM	50	C1	0,418938	0,796673	1,209782
		C6	0,016527	0,771481	6,645585
		C9	0,863433	0,395431	0,550529
LM	50	D2	0,154679	0,311291	1,943519
		D5	0,099129	0,026536	13,185393
		D7	0,346343	0,692378	0,928455
RP	50	E1	0,535323	0,505148	1,457739
		E7	0,415333	0,398612	5,896938
		E10	1,527453	0,406805	1,010288
OSS	25	T1	0,525809	1,054121	0,367540
		T4	0,423255	0,715347	5,519842
		T7	0,411990	0,589520	0,274580

Önemle vurgulanması gereken diğer bir üstünlük ise aynı sinir ağı modeli ile hemen her türlü problemin çözümüne olanak sağlanmasıdır. Konvansiyonel programlama tekniklerinde her tür problem için ayrı bir bilgisayar programına gereksinim duyulmasına karşılık, yapay sinir ağı modelinde problemin türüne göre ağ, sadece nöron sayısı ve ağırlıkların değişimine ihtiyaç göstermektedir.

Yapay sinir ağlarının mühendislik problemlerindeki en önemli üstünlüğü ise hesaplamaları direkt olarak deney sonuçlarını kullanarak öğrenmesi ve yapmasıdır.

Diğer önemli üstünlüğü ise dağınık veya yetersiz veri olan problemlerde ve tanımlanmış teorisi olmayan türden problemlerde kullanılması ve bu tür problemlerde doğruya yakın çözüm vermesidir.

Yapay sinir ağları, hesaplamalara tamamen farklı bir yaklaşım getirmektedir. Belirli bir problemi çözmek için programlama yerine direkt olarak mevcut örnekleri kullanır ve ne kadar fazla örnekle eğitilirse, problemin çözümündeki teşhisi o kadar doğru olur. Metalürji ve Malzeme Mühendisliği alanında yapay sinir ağları ile çeşitli çalışmalar yapılmıştır [54-62]. Uygulama alanının çok çeşitli olmasına rağmen maalesef şu ana kadar yapılan çalışmalar yeterli değildir. Yapay sinir ağları kullanılarak, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği alanında bir çok çalışma gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] DOĞAN, A. D., “Yapay Zeka: 21. Yüzyıl Teknolojisi”, Kariyer Yayınları-Ağustos, 2005
- [2] CİVALEK, Ö., ÜLKER, M., “Dikdörtgen Plakların Doğrusal Olmayan Analizinde Yapay Sinir Ağı Yaklaşımı”, İMO Teknik Dergi, S.3171-3190, Yazı 213, 2004
- [3] TUZCUOĞLU, H., “Yapay Zeka Teknikleri, Depremde Kullanılması Ve Küme Kuramları”, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi, Cilt:5, Sayı:1, S.73-78, Ocak 2003
- [4] KELEŞOĞLU, Ö., EKİNCİ, C. E., FIRAT, A., “The Using of Artificial Neural Networks in Insulation Computations” Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, Vol. 3, P 58-66, 2005
- [5] BAYLAR A., EMİROĞLU M. E., ARSLAN A., “Determination of Ratio of Bed Load Entering Into Lateral Intake Using Backpropagation Neural Network”, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt:1, Sayı:2, S. 1-12, Nisan 1999
- [6] ANDERSON, D., MCNEİLL, G., “Artificial Neural Networks Technology”, Rome Laboratory RL/C3C Griffiss AFB, Newyork, August 1992.
- [7] DEMUTH, H., BEALE M., “Neural Network Toolbox for Use With Matlab”, User’s Guide, Version 4, 2000
- [8] GÜLER, M. O., ARTIR, R., “Modular Neural Network Modeling of Compressive Strength of High-Alumina Bricks Using Tangent Function”, Materials and Design, Vol 28, P 112–118, 2007
- [9] ZHANG, Y. F., LU, L., YAP, S. M., “Prediction of The Amount of PCA for Mechanical Milling”, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 89-90, P 260-265, 19 May 1999.
- [10] TSAI, K.-M., WANG, P.-J., “Predictions on Surface Finish in Electrical Discharge Machining Based Upon Neural Network Models”, International Journal of Machine Tools And Manufacture, Volume 41, Issue 10, P 1385-1403, August 2001.

- [11] SINGH, V., TATHAVADKAR, V., RAO S. M., RAJU, K. S., "Predicting The Performance of Submerged Arc Furnace With Varied Raw Material Combinations Using Artificial Neural Network", Journal of Materials Processing Technology, Volume 183, Issue 1, P. 111-116, 5 March 2007.
- [12] ERMİS. K., EREK, A., DİNCER I, "Heat Transfer Analysis of Phase Change Process in A Finned-Tube Thermal Energy Storage System Using Artificial Neural Network", International Journal of Heat And Mass Transfer, Received 15 April 2006.
- [13] OHDAR, R. K., PASHA, S., "Prediction of The Process Parametress of Metal Powder Preform Forging Using Artifical Neural Network (ANN)", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 132, P. 227-234, 2003.
- [14] JIANPING, C., COTTIS, R.A., LYON S.B., "Phenomenological Modelling of Atmospheric Corrosion Using an Artificial Neural Network", Corrosion Science Vol. 41, P 2001-2030, 1999
- [15] SİLVA, R.C.C., GUERREIRO, J.N.C., LOULA, A.F.D., "A Study of Pipe İnteracting Corrosion Defects Using The FEM and Neural Networks", Advances in Engineering Software, in Press, Corrected Proof, Available Online, 2 March 2007,
- [16] DÍAZ, V., LOPEZ C., "Discovering Key Meteorological Variables in Atmospheric Corrosion Through an Artificial Neural Network Model" Corrosion Science, Vol. 49, Issue 3, P 949-962, March 2007
- [17] CHENG, W., KANEMOTO S., KOMURA I., SHİWA M., "Depth Sizing of Partial-Contact Stress Corrosion Cracks From Ect Signals" Ndt & E International, Vol 39, Issue 5, P 374-383, July 2006
- [18] THİRUMALAI, P, RAVI, R., PARTHİBAN, G.T., SRİNİVASAN S., RAMAKRİSHNAN, K.R., RAGHAVAN, M., "Neural Network Analysis For Corrosion Of Steel in Concrete" Corrosion Science, Vol 47, Issue 7, P 1625-1642, July 2005
- [19] OKTAY, E., "Çinko Alüminyum Alaşımlarının Korozyon Davranışına Alaşım Elementlerinin Etkisi". Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Tezi, Ocak 2001
- [20] BARİANİ PF., BRUSCHİ, S., DAL NEGRO, T., "Prediction of Nickel-Base Superalloys' Rheological Behaviour Under Hot Forging Conditions Using Artificial Neural Networks", Journal of Materials Processing Technology, Volume 152, Issue 3 , P 395-400, 30 October 2004.
- [21] LIUJIE, X., JİANDONG, X ., SHİZHONG W., YONGZHEN, Z., RUI, L., "Optimisation of Chemical Composition of High Speed Steel With High Vanadium Content for Abrasive Wear Using An Artificial Neural Network", Materials and Design, Vol 28, P 1031-1037, 2007

- [22] SINGH, V., TATHAVADKAR V., RAO, S. M., RAJU K.S., “Predicting The Performance of Submerged Arc Furnace With Varied Raw Material Combinations Using Artificial Neural Network”, Volume 183, Issue 1, P 111-116, 5 March 2007.
- [23] CAI, K., XIA, J., LI, L., GUI, Z., “Analysis of The Electrical Properties of PZT by A BP Artificial Neural Network”, Computational Materials Science, Volume 34, Issue 2, , P 166-172, September 2005
- [24] ZHAO, J., WANG, F., “Parameter Identification by Neural Network for Intelligent Deep Drawing of Axisymmetric Workpieces”, Journal of Materials Processing Technology, Volume 166, Issue 3, P 387-391, 20 August 2005.
- [25] HOSSEINI S. M. K., ZAREI-HANZAKI, A., . PANAH, M. J.Y., YUE, S., “ANN Model For Prediction of The Effects of Composition and Process Parameters on Tensile Strength And Percent Elongation of Si-Mn TRIP Steels” Materials Science And Engineering A, Vol. 374, Issues 1-2, P 122-128, 15 June 2004
- [26] TSAI, K.-M., WANG P.-J., “Comparisons of Neural Network Models on Material Removal Rate In Electrical Discharge Machining”, Journal of Materials Processing Technology, Volume 117, Issues 1-2, P111-124, 2 November 2001.
- [27] YALÇIN, H., KOÇ, T., “Mühendisler İçin Korozyon”, TMMOB Kimya Mühendisleri Odası, Ankara 1998
- [28] ŞENGİL, İ.A., “Korozyon” İ.T.Ü. Sakarya Mühendislik Fakültesi Matbaası, Ekim 1992
- [29] ERDOĞAN, M., “Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri”, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2002
- [30] YILMAZ, F. “Malzeme Mühendisliğinde Olay Çalışmalar”, Sakarya Üniversitesi Yayınları, Sakarya, 2000
- [31] FINDIK, F., “Malzeme Seçimi”, Sakarya Üniversitesi Yayınları, Sakarya, 1999
- [32] ERDEN, S., DEĞERTEKİN M.C., “Korozyon ve Katodik Koruma”, Kocaeli EMO Şubesi, Ekim 2004
- [33] ÇELİK, E. “Plazma Sprey Tekniğiyle Üretilen Seramik Kaplamaların Korozyon Davranışının İncelenmesi”, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalürji Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 1995

- [34] ÇİL, İ., “Betonarme Donatısında Elektriksel Yöntemlerle Korozyon Ölçümü” DEÜ Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt. 8 Sayı.1, S.59-63, Ocak 2006
- [35] AYAYDIN, İ., “Çinko Alüminyum (ZA) Alaşımlarının Aşınması Ve Yatak Malzemesi Olarak Kullanımının Araştırılması”, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalürji Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Tezi, Haziran 1996
- [36] TÜRK, A., KURNAZ, C., ŞEVİK H., “Silisyum Alaşım Elementinin Za-12 Alaşımının Mekanik Özelliklerine Etkisi” , Proceedings of 11th International Materials Symposium, , S.787-791, Denizli, 19-21 Nisan 2006
- [37] ÇUVALCI, H., “Çinko-Alüminyum Esaslı Yatak Alaşımlarının İçyapı ve Tribolojik Özelliklerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1989
- [38] BİCAN, O., SAVAŞKAN, T., “Zn-40Al-2Cu-(0-5)Si Alaşımlarının Isıl İşlem Görmüş Durumdaki Mekanik ve Tribolojik Özelliklerinin İncelenmesi”, Proceedings of 11th International Materials Symposium, S.634-641, Denizli, 19-21 Nisan, 2006
- [39] ÇAY, F., “Kokil ve Basınçlı Döküm Yöntemleriyle Üretilen Çinko Alüminyum Alaşımların Özelliklerinin Araştırılması”, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalürji Ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Tezi, Ocak 2003
- [40] ÖZTEMEL, E., “Yapay Sinir Ağları”, Papatya Yayınları, İstanbul, Ağustos 2003
- [41] ÖZER, Ş., SAĞIROĞLU Ş., KAPLAN, A., “Ar Sistem Modellemede Farklı Algoritmaların Karşılaştırılması”, Gazi Üniv., Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 19, No 4, S. 431-436, 2004
- [42] GULBAG A., TEMURTAS F., “A Study On Quantitative Classification of Binary Gas Mixture Using Neural Networks and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems”, Sensors and Actuators B, Vol. 115, P 252–262, 2006
- [43] <http://Vision1.Eee.Metu.Edu.Tr/~Halici/543lecturenotes/Lecturenotes-Pdf/Ch6.Pdf>
- [44] EMEL, G. G., TAŞKIN. Ç., “Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları”, Uludağ Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt XXI, Sayı 1, S. 129-152, 2002
- [45] GÜLBAG, A., “Yapay Sinir Ağı ve Bulanık Mantık Tabanlı Algoritmalar ile Uçucu Organik Bileşiklerin Miktersal Tayini”, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2006

- [46] FIRAT, M., GÜNGÖR, M., “Askı Madde Konsantrasyonu Ve Miktarının Yapay Sinir Ağları İle Belirlenmesi”, İMO Teknik Dergi, Yazı 219, S.3267-3282, 2004
- [47] YURTOĞLU, H., “Yapay Sinir Ağları Metodolojisi İle Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği”, T.C. Başbakanlık D.PT. Uzmanlık Tezi, T.C. Başbakanlık D.PT. Ekonomik Modeller Ve Stratejik Araştırmalar Genel Müdürlüğü, No, DPT:2683, Şubat 2005
- [48] GÜNEYTAŞ, İ., “Yapay Sinir Ağları” İstanbul Teknik Üniversitesi, Matematik Bölümü, Lisans Tezi, 2006
- [49] YÜZGEÇ, U., “Kurutma Sürecinin Modellenmesi ve Akıllı Öngörülü Denetimi”, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, 2004
- [50] ÇOSKUN, N., YILDIRIM, T., “The Effects of Training Algorithms In Mlp Network on Image Classification” Neural Networks, 2003. Proceedings of The International Joint Conference on, Vol. 2, P 1223- 1226, 20-24 July 2003
- [51] KURÇ, T. M., AYKANAT, C., ÖZGÜÇ, B., “A Parallel Scaled Conjugate-Gradient Algorithm For The Solution Phase of Gathering Radiosity on Hypercubes” The Visual Computer Vol.13, Pp1-19, 1997
- [52] İMRAK, C.E., ÖZKIRIM M., “Determination of The Next Stopping Floor in Elevator Traffic Control by Means of Neural Networks” Istanbul University – Journal of Electrical & Electronics Engineering, Vol. 6, Num 1 P 27 – 33, 2006
- [53] SAINİ L.M., SONİ M.K., “Artificial Neural Network Based Peak Load Forecasting Using Levenberg-Marquardt and Quasi-Newton Methods” IEE Proceedings Online No. 20020462 DOI: IO. 10.1049/İp-Gtd:20020462 Paper Received 10th May 2001
- [54] GENEL K., OZBEK I., KURT A., BİNDAL, C., “Boriding Response of AISI W1 Steel And Use of Artificial Neural Network for Prediction of Borided Layer Properties”, Surface And Coatings Technology Vol.160, P38–43, 2002
- [55] GENEL, K., KURNAZ S.C., DURMAN M., “Response To Sha’s Comment On Our Article Titled “Modeling of Tribological Properties of Alumina Fiber Reinforced Zinc–Aluminum Composites Using Artificial Neural Network”” Materials Science And Engineering A, Vol. 379, P 457–458, 2004
- [56] GENEL K., KURNAZ S.C., DURMAN M., “Modeling of Tribological Properties of Alumina Fiber Reinforced Zinc–Aluminum Composites Using Artificial Neural Network”, Materials Science And Engineering A, Vol 363, Pp 203–210, 2003

- [57] PALA, M., CAGLAR, N., “A Parametric Study For Distortional Buckling Stress On Cold-Formed Steel Using A Neural Network”, Journal of Constructional Steel Research, Received 14 January 2006;
- [58] KOKER, R., ALTINKOK, N., “Mixture and Pore Volume Fraction Estimation in Al₂O₃/SiC Ceramic Cake Using Artificial Neural Networks”, Materials & Design, Vol. 26, No. 4, P 305-311, June 2005
- [59] ALTINKOK, N., KOKER, R., “Modelling of The Prediction of Tensile And Density Properties in Particle Reinforced Metal Matrix Composites by Using Neural Networks”, Materials & Design, Vol. 27, No. 8, P 305-311, 2006
- [60] ALTINKOK, N., KOKER, R., “Neural Network Approach To Prediction of Bending Strength And Hardening Behaviour of Particulate Reinforced (Al–Si–Mg)-Aluminium Matrix Composites” Materials & Design, Vol. 25, No. 7, P 595-602, October 2004
- [61] KOKER, R., ALTINKOK, N., DEMİR, A., “Neural Network Based Prediction of Mechanical Properties of Particulate Reinforced Metal Matrix Composites Using Various Training Algorithms”, Materials & Design, Vol. 28, No. 2, P 616-627, 2007
- [62] Genel, K., “Use of Artificial Neural Network for Prediction of Ion Nitrided Case Depth in Fe–Cr Alloys”, Materials and Design Vol. 24, P 203–207, 2003

EKLER

EK A. Zn-Al alaşımların HCl, H₂SO₄ ve H₃PO₄ asit çözeltilerindeki korozyonu sonucu oluşan ağırlık kayıplarının birim alandaki ağırlık kayıplarına dönüştürölmesi

Tablo A.1. B1 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı

Deney Zaman Periyodu (Saat)	0,5 mol HCl Asit Çözeltilisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₂ SO ₄ Asit Çözeltilisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₃ PO ₄ Asit Çözeltilisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)
2	0,035895	0,043619	0,038290
4	0,050000	0,104195	0,080872
6	0,084948	0,184851	0,116789
8	0,150001	0,281125	0,151239
10	0,250001	0,404507	0,187270
12	0,300001	0,543731	0,219799
14	0,380317	0,715418	1,391195
16	0,440739	0,908636	0,290505
18	0,549686	1,079653	0,324842
20	0,670108	1,300425	0,348674

Tablo A.2. B5 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı

Deney Zaman Periyodu (Saat)	0,5 mol HCl Asit Çözeltilisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₂ SO ₄ Asit Çözeltilisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₃ PO ₄ Asit Çözeltilisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)
2	0,096369	0,165950	0,053596
4	0,275183	0,380930	0,145729
6	0,487261	0,579104	0,213647
8	0,724647	0,857910	0,292934
10	0,966565	1,161020	0,363067
12	1,235116	1,382538	0,426260
14	1,447416	1,728016	0,489010
16	1,674193	1,949659	0,554418
18	1,873562	2,163257	0,619679
20	2,101886	2,484722	0,668403

Tablo A.3. B11 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı

Deney Zaman Periyodu (Saat)	0,5 mol HCl Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₂ SO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₃ PO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)
2	0,020030	0,053105	0,041154
4	0,040199	0,118213	0,065935
6	0,067184	0,195717	0,080833
8	0,079981	0,291358	0,096616
10	0,150643	0,381168	0,114316
12	0,170673	0,459414	0,133197
14	0,309632	0,526480	0,157240
16	0,320699	0,573191	0,179071
18	0,350666	0,627209	0,199721
20	0,440801	0,780782	0,217127

Tablo A.4. C1 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı

Deney Zaman Periyodu (Saat)	0,5 mol HCl Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₂ SO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₃ PO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)
2	0,478774	0,929348	0,459831
4	1,087444	1,952660	0,947007
6	1,554348	2,869094	1,400212
8	2,169575	3,808101	1,920940
10	2,788420	4,625217	2,386450
12	3,383750	5,280553	3,332617
14	4,016387	6,280553	3,532617
16	4,544791	6,809689	3,698525
18	5,104623	7,515624	3,770991
20	5,609851	8,182294	4,632491

Tablo A.5. C6 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı

Deney Zaman Periyodu (Saat)	0,5 mol HCl Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₂ SO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₃ PO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)
2	0,485095	1,535275	0,469956
4	1,324210	3,005920	0,971273
6	2,123357	4,337928	1,488330
8	2,975065	5,427936	2,006209
10	3,641167	6,570853	2,492491
12	4,168529	7,321524	2,959158
14	4,847333	7,951195	3,306721
16	5,466787	8,843181	3,781610
18	6,054595	9,548644	4,297962
20	6,743583	10,192268	4,700613

Tablo A.6. C9 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı

Deney Zaman Periyodu (Saat)	0,5 mol HCl Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₂ SO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₃ PO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)
2	1,721195	1,700929	0,495074
4	2,773148	3,333551	1,035983
6	3,428106	4,764559	1,519858
8	4,522806	6,158721	2,022782
10	5,423346	7,329357	2,510467
12	6,320183	8,451027	2,983950
14	7,288865	9,302165	3,422451
16	7,935146	10,125637	3,826892
18	8,767969	10,849710	4,252808
20	9,519847	11,459939	4,704586

Tablo A.7. D2 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı

Deney Zaman Periyodu (Saat)	0,5 mol HCl Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₂ SO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₃ PO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)
2	0,393835	0,780596	0,445392
4	0,908421	1,705865	0,950234
6	1,551824	2,578453	1,421324
8	2,150811	3,410259	1,782872
10	2,682778	4,219602	2,269832
12	3,117393	4,910479	2,826543
14	3,482261	5,426999	3,189393
16	3,829748	6,059845	3,251092
18	4,216881	6,738956	4,115942
20	4,567436	7,323399	4,468727

Tablo A.8. D5 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı

Deney Zaman Periyodu (Saat)	0,5 mol HCl Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₂ SO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₃ PO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)
2	0,689570	0,990571	0,403896
4	1,562233	2,187980	0,791122
6	2,570406	3,023774	1,185305
8	3,490406	3,871645	1,573450
10	4,260179	4,921664	1,964088
12	4,844162	5,956206	2,350789
14	5,468859	6,825066	2,776081
16	6,102631	7,617945	3,065254
18	6,639522	8,307991	3,411263
20	7,221542	8,858269	3,765673

Tablo A.9. D7 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı

Deney Zaman Periyodu (Saat)	0,5 mol HCl Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₂ SO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₃ PO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)
2	0,030126	1,203551	0,433758
4	1,524082	2,373541	0,798026
6	2,652111	3,364998	1,194893
8	3,655715	4,338664	1,509857
10	4,576533	5,492251	1,882246
12	5,386519	6,281581	2,274821
14	6,121312	7,159736	2,458927
16	6,915255	7,906167	2,990944
18	7,454103	8,683258	3,350804
20	7,937841	9,263900	3,658692

Tablo A.10. E1 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı

Deney Zaman Periyodu (Saat)	0,5 mol HCl Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₂ SO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₃ PO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)
2	0,406710	0,764857	0,468568
4	1,024288	1,650527	0,994589
6	1,579660	2,565560	1,545480
8	2,025776	3,375058	1,928865
10	2,611987	4,161261	2,302676
12	3,182383	4,972167	3,040472
14	3,683852	5,643408	3,429578
16	4,199423	6,354198	3,949753
18	4,714730	7,044292	4,374176
20	5,190895	7,682702	4,771738

Tablo A.11. E7 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı

Deney Zaman Periyodu (Saat)	0,5 mol HCl Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₂ SO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₃ PO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)
2	0,507755	0,755307	0,435822
4	1,183416	1,713213	0,948905
6	1,880461	2,676724	1,469896
8	2,527538	3,557717	1,975313
10	3,115919	4,376343	2,441674
12	3,704081	5,161700	2,888082
14	4,210854	5,665636	3,422457
16	4,646930	6,397689	3,702419
18	5,113991	7,125569	4,091155
20	5,556285	7,768427	4,511039

Tablo A.12. E10 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı

Deney Zaman Periyodu (Saat)	0,5 mol HCl Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₂ SO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₃ PO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)
2	0,977106	1,009790	0,709377
4	1,088059	2,004697	1,458347
6	1,655774	3,121477	2,231696
8	2,795897	4,041268	2,961053
10	3,310411	4,802741	3,646417
12	3,795763	5,638393	4,350845
14	4,425782	6,284086	5,044274
16	4,903880	6,973842	5,648436
18	5,331906	7,552036	6,280093
20	5,833902	8,146051	6,889937

Tablo A.13. T1 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı

Deney Zaman Periyodu (Saat)	0,5 mol HCl Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₂ SO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₃ PO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)
2	0,721435	0,951968	0,475215
4	1,617425	1,927341	0,993276
6	2,386549	2,713189	1,494199
8	2,950666	3,636271	1,938917
10	3,639810	4,539260	2,377082
12	4,117855	5,261627	2,853053
14	4,575446	6,143037	3,325748
16	5,028210	6,999329	3,759251
18	5,523033	7,672602	4,222368
20	6,071865	8,684853	4,683343

Tablo A.14. T4 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı

Deney Zaman Periyodu (Saat)	0,5 mol HCl Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₂ SO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)	0,5 mol H ₃ PO ₄ Asit Çözeltisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm ²)
2	0,757858	0,991313	0,512531
4	1,524506	1,938512	0,997009
6	2,193125	2,921640	1,473569
8	2,777511	3,826806	1,977050
10	3,382772	4,558291	2,455420
12	3,937127	5,467342	2,954942
14	4,485011	6,251264	3,317028
16	5,110171	6,838200	3,869489
18	5,583955	7,520023	4,426248
20	6,008175	8,002223	4,901790

Tablo A.15. T7 kodlu Zn-Al alaşımının birim ağırlık kaybı

Deney Zaman Periyodu (Saat)	0,5 mol HCl Asit Çözeltilisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm²)	0,5 mol H₂SO₄ Asit Çözeltilisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm²)	0,5 mol H₃PO₄ Asit Çözeltilisindeki Ağırlık kaybı (mg/mm²)
2	0,847329	1,140752	0,516669
4	1,762594	2,210788	1,044392
6	2,498889	3,269891	1,583810
8	3,275559	4,310152	2,133510
10	3,939041	5,076508	2,639897
12	4,612504	5,909857	3,107984
14	5,313867	6,801941	3,558849
16	5,908392	7,561900	4,008942
18	6,442466	8,229974	4,445541
20	6,975067	8,897235	4,964009

EK-B Yapay sinir ağı modelinin öğretiminde kullanılan sayısal değerler tabloları

Tablo B.1. B grubu Zn-Al alaşımların öğretiminde kullanılan sayısal değerler

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Al Miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
1	2	1	4,87	95,099	0,035895
1	4	1	4,87	95,099	0,050000
1	6	1	4,87	95,099	0,084948
1	8	1	4,87	95,099	0,150001
1	10	1	4,87	95,099	0,250001
1	12	1	4,87	95,099	0,300001
1	14	1	4,87	95,099	0,380317
1	16	1	4,87	95,099	0,440739
1	18	1	4,87	95,099	0,549686
1	20	1	4,87	95,099	0,670108
1	2	2	4,87	95,099	0,043619
1	4	2	4,87	95,099	0,104195
1	6	2	4,87	95,099	0,184851
1	8	2	4,87	95,099	0,281125
1	10	2	4,87	95,099	0,404507
1	12	2	4,87	95,099	0,543731
1	14	2	4,87	95,099	0,715418
1	16	2	4,87	95,099	0,908636
1	18	2	4,87	95,099	1,079653
1	20	2	4,87	95,099	1,300425
1	2	3	4,87	95,099	0,038290
1	4	3	4,87	95,099	0,080872
1	6	3	4,87	95,099	0,116789
1	8	3	4,87	95,099	0,151239
1	10	3	4,87	95,099	0,187270
1	12	3	4,87	95,099	0,219799
1	14	3	4,87	95,099	0,255604
1	16	3	4,87	95,099	0,290505
1	18	3	4,87	95,099	0,324842
1	20	3	4,87	95,099	0,348674
2	2	1	7,08	92,891	0,096369
2	4	1	7,08	92,891	0,275183
2	6	1	7,08	92,891	0,487261
2	8	1	7,08	92,891	0,724647
2	10	1	7,08	92,891	0,966565
2	12	1	7,08	92,891	1,235116
2	14	1	7,08	92,891	1,447416
2	16	1	7,08	92,891	1,674193
2	18	1	7,08	92,891	1,873562
2	20	1	7,08	92,891	2,101886
2	2	2	7,08	92,891	0,165950
2	4	2	7,08	92,891	0,380930
2	6	2	7,08	92,891	0,579104
2	8	2	7,08	92,891	0,857910
2	10	2	7,08	92,891	1,161020
2	12	2	7,08	92,891	1,382538
2	14	2	7,08	92,891	1,728016
2	16	2	7,08	92,891	1,949659
2	18	2	7,08	92,891	2,163257

Tablo B.1. (DEVAM) B grubu Zn-Al alaşımların öğretiminde kullanılan sayısal değerler

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Al Miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	20	2	7,08	92,891	2,484722
2	2	3	7,08	92,891	0,053596
2	4	3	7,08	92,891	0,145729
2	6	3	7,08	92,891	0,213647
2	8	3	7,08	92,891	0,292934
2	10	3	7,08	92,891	0,363067
2	12	3	7,08	92,891	0,426260
2	14	3	7,08	92,891	0,489010
2	16	3	7,08	92,891	0,554418
2	18	3	7,08	92,891	0,619679
2	20	3	7,08	92,891	0,668403
3	2	1	10,85	89,119	0,020030
3	4	1	10,85	89,119	0,040199
3	6	1	10,85	89,119	0,067184
3	8	1	10,85	89,119	0,079981
3	10	1	10,85	89,119	0,150643
3	12	1	10,85	89,119	0,170673
3	14	1	10,85	89,119	0,309632
3	16	1	10,85	89,119	0,320699
3	18	1	10,85	89,119	0,350666
3	20	1	10,85	89,119	0,440801
3	2	2	10,85	89,119	0,053105
3	4	2	10,85	89,119	0,118213
3	6	2	10,85	89,119	0,195717
3	8	2	10,85	89,119	0,291358
3	10	2	10,85	89,119	0,381168
3	12	2	10,85	89,119	0,459414
3	14	2	10,85	89,119	0,526480
3	16	2	10,85	89,119	0,573191
3	18	2	10,85	89,119	0,627209
3	20	2	10,85	89,119	0,780782
3	2	3	10,85	89,119	0,041154
3	4	3	10,85	89,119	0,065935
3	6	3	10,85	89,119	0,080833
3	8	3	10,85	89,119	0,096616
3	10	3	10,85	89,119	0,114316
3	12	3	10,85	89,119	0,133197
3	14	3	10,85	89,119	0,157240
3	16	3	10,85	89,119	0,179071
3	18	3	10,85	89,119	0,199721
3	20	3	10,85	89,119	0,217127

Tablo B.2. C grubu Zn-Al alaşımların öğretiminde kullanılan sayısal değerler

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Al Miktarı	Alaşımdaki % Cu Miktarı	Alaşımdaki % Mn miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
1	2	1	8,10	1,00	0,01	90,864	0,478774
1	4	1	8,10	1,00	0,01	90,864	1,087444
1	6	1	8,10	1,00	0,01	90,864	1,554348
1	8	1	8,10	1,00	0,01	90,864	2,169575
1	10	1	8,10	1,00	0,01	90,864	2,788420
1	12	1	8,10	1,00	0,01	90,864	3,383750
1	14	1	8,10	1,00	0,01	90,864	4,016387
1	16	1	8,10	1,00	0,01	90,864	4,544791
1	18	1	8,10	1,00	0,01	90,864	5,104623
1	20	1	8,10	1,00	0,01	90,864	5,609851
1	2	2	8,10	1,00	0,01	90,864	0,929348
1	4	2	8,10	1,00	0,01	90,864	1,952660
1	6	2	8,10	1,00	0,01	90,864	2,869094
1	8	2	8,10	1,00	0,01	90,864	3,808101
1	10	2	8,10	1,00	0,01	90,864	4,625217
1	12	2	8,10	1,00	0,01	90,864	5,280553
1	14	2	8,10	1,00	0,01	90,864	6,280553
1	16	2	8,10	1,00	0,01	90,864	6,809689
1	18	2	8,10	1,00	0,01	90,864	7,515624
1	20	2	8,10	1,00	0,01	90,864	8,182294
1	2	3	8,10	1,00	0,01	90,864	0,459831
1	4	3	8,10	1,00	0,01	90,864	0,947007
1	6	3	8,10	1,00	0,01	90,864	1,400212
1	8	3	8,10	1,00	0,01	90,864	1,920940
1	10	3	8,10	1,00	0,01	90,864	2,386450
1	12	3	8,10	1,00	0,01	90,864	3,332617
1	14	3	8,10	1,00	0,01	90,864	3,532617
1	16	3	8,10	1,00	0,01	90,864	3,698525
1	18	3	8,10	1,00	0,01	90,864	3,770991
1	20	3	8,10	1,00	0,01	90,864	4,632491
2	2	1	8,06	1,02	0,14	90,754	0,485095
2	4	1	8,06	1,02	0,14	90,754	1,324210
2	6	1	8,06	1,02	0,14	90,754	2,123357
2	8	1	8,06	1,02	0,14	90,754	2,975065
2	10	1	8,06	1,02	0,14	90,754	3,641167
2	12	1	8,06	1,02	0,14	90,754	4,168529
2	14	1	8,06	1,02	0,14	90,754	4,847333
2	16	1	8,06	1,02	0,14	90,754	5,466787
2	18	1	8,06	1,02	0,14	90,754	6,054595
2	20	1	8,06	1,02	0,14	90,754	6,743583
2	2	2	8,06	1,02	0,14	90,754	1,535275
2	4	2	8,06	1,02	0,14	90,754	3,005920
2	6	2	8,06	1,02	0,14	90,754	4,337928
2	8	2	8,06	1,02	0,14	90,754	5,427936
2	10	2	8,06	1,02	0,14	90,754	6,570853
2	12	2	8,06	1,02	0,14	90,754	7,321524
2	14	2	8,06	1,02	0,14	90,754	7,951195
2	16	2	8,06	1,02	0,14	90,754	8,843181
2	18	2	8,06	1,02	0,14	90,754	9,548644

Tablo B.2. (DEVAM) C grubu Zn-Al alaşımların öğretiminde kullanılan sayısal değerler

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Al Miktarı	Alaşımdaki % Cu Miktarı	Alaşımdaki % Mn miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	20	2	8,06	1,02	0,14	90,754	10,192268
2	2	3	8,06	1,02	0,14	90,754	0,469956
2	4	3	8,06	1,02	0,14	90,754	0,971273
2	6	3	8,06	1,02	0,14	90,754	1,488330
2	8	3	8,06	1,02	0,14	90,754	2,006209
2	10	3	8,06	1,02	0,14	90,754	2,492491
2	12	3	8,06	1,02	0,14	90,754	2,959158
2	14	3	8,06	1,02	0,14	90,754	3,306721
2	16	3	8,06	1,02	0,14	90,754	3,781610
2	18	3	8,06	1,02	0,14	90,754	4,297962
2	20	3	8,06	1,02	0,14	90,754	4,700613
3	2	1	8,15	1,10	0,30	90,424	1,721195
3	4	1	8,15	1,10	0,30	90,424	2,773148
3	6	1	8,15	1,10	0,30	90,424	3,428106
3	8	1	8,15	1,10	0,30	90,424	4,522806
3	10	1	8,15	1,10	0,30	90,424	5,423346
3	12	1	8,15	1,10	0,30	90,424	6,320183
3	14	1	8,15	1,10	0,30	90,424	7,288865
3	16	1	8,15	1,10	0,30	90,424	7,935146
3	18	1	8,15	1,10	0,30	90,424	8,767969
3	20	1	8,15	1,10	0,30	90,424	9,519847
3	2	2	8,15	1,10	0,30	90,424	1,700929
3	4	2	8,15	1,10	0,30	90,424	3,333551
3	6	2	8,15	1,10	0,30	90,424	4,764559
3	8	2	8,15	1,10	0,30	90,424	6,158721
3	10	2	8,15	1,10	0,30	90,424	7,329357
3	12	2	8,15	1,10	0,30	90,424	8,451027
3	14	2	8,15	1,10	0,30	90,424	9,302165
3	16	2	8,15	1,10	0,30	90,424	10,125637
3	18	2	8,15	1,10	0,30	90,424	10,849710
3	20	2	8,15	1,10	0,30	90,424	11,459939
3	2	3	8,15	1,10	0,30	90,424	0,495074
3	4	3	8,15	1,10	0,30	90,424	1,035983
3	6	3	8,15	1,10	0,30	90,424	1,519858
3	8	3	8,15	1,10	0,30	90,424	2,022782
3	10	3	8,15	1,10	0,30	90,424	2,510467
3	12	3	8,15	1,10	0,30	90,424	2,983950
3	14	3	8,15	1,10	0,30	90,424	3,422451
3	16	3	8,15	1,10	0,30	90,424	3,826892
3	18	3	8,15	1,10	0,30	90,424	4,252808
3	20	3	8,15	1,10	0,30	90,424	4,704586

Tablo B.3. D grubu Zn-Al alaşımların öğretiminde kullanılan sayısal değerler

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Al Miktarı	Alaşımdaki % Cu Miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
1	2	1	7,95	0,59	91,43	0,393835
1	4	1	7,95	0,59	91,43	0,908421
1	6	1	7,95	0,59	91,43	1,551824
1	8	1	7,95	0,59	91,43	2,150811
1	10	1	7,95	0,59	91,43	2,682778
1	12	1	7,95	0,59	91,43	3,117393
1	14	1	7,95	0,59	91,43	3,482261
1	16	1	7,95	0,59	91,43	3,829748
1	18	1	7,95	0,59	91,43	4,216881
1	20	1	7,95	0,59	91,43	4,567436
1	2	2	7,95	0,59	91,43	0,780596
1	4	2	7,95	0,59	91,43	1,705865
1	6	2	7,95	0,59	91,43	2,578453
1	8	2	7,95	0,59	91,43	3,410259
1	10	2	7,95	0,59	91,43	4,219602
1	12	2	7,95	0,59	91,43	4,910479
1	14	2	7,95	0,59	91,43	5,426999
1	16	2	7,95	0,59	91,43	6,059845
1	18	2	7,95	0,59	91,43	6,738956
1	20	2	7,95	0,59	91,43	7,323399
1	2	3	7,95	0,59	91,43	0,445392
1	4	3	7,95	0,59	91,43	0,950234
1	6	3	7,95	0,59	91,43	1,421324
1	8	3	7,95	0,59	91,43	1,782872
1	10	3	7,95	0,59	91,43	2,269832
1	12	3	7,95	0,59	91,43	2,826543
1	14	3	7,95	0,59	91,43	3,189393
1	16	3	7,95	0,59	91,43	3,251092
1	18	3	7,95	0,59	91,43	4,115942
1	20	3	7,95	0,59	91,43	4,468727
2	2	1	7,98	2,13	89,86	0,689570
2	4	1	7,98	2,13	89,86	1,562233
2	6	1	7,98	2,13	89,86	2,570406
2	8	1	7,98	2,13	89,86	3,490406
2	10	1	7,98	2,13	89,86	4,260179
2	12	1	7,98	2,13	89,86	4,844162
2	14	1	7,98	2,13	89,86	5,468859
2	16	1	7,98	2,13	89,86	6,102631
2	18	1	7,98	2,13	89,86	6,639522
2	20	1	7,98	2,13	89,86	7,221542
2	2	2	7,98	2,13	89,86	0,990571
2	4	2	7,98	2,13	89,86	2,187980
2	6	2	7,98	2,13	89,86	3,023774
2	8	2	7,98	2,13	89,86	3,871645
2	10	2	7,98	2,13	89,86	4,921664
2	12	2	7,98	2,13	89,86	5,956206
2	14	2	7,98	2,13	89,86	6,825066
2	16	2	7,98	2,13	89,86	7,617945
2	18	2	7,98	2,13	89,86	8,307991

Tablo B.3. (DEVAM) D grubu Zn-Al alaşımların öğretiminde kullanılan sayısal değerler

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Al Miktarı	Alaşımdaki % Cu Miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	20	2	7,98	2,13	89,86	8,858269
2	2	3	7,98	2,13	89,86	0,403896
2	4	3	7,98	2,13	89,86	0,791122
2	6	3	7,98	2,13	89,86	1,185305
2	8	3	7,98	2,13	89,86	1,573450
2	10	3	7,98	2,13	89,86	1,964088
2	12	3	7,98	2,13	89,86	2,350789
2	14	3	7,98	2,13	89,86	2,776081
2	16	3	7,98	2,13	89,86	3,065254
2	18	3	7,98	2,13	89,86	3,411263
2	20	3	7,98	2,13	89,86	3,765673
3	2	1	7,96	2,92	89,09	0,030126
3	4	1	7,96	2,92	89,09	1,524082
3	6	1	7,96	2,92	89,09	2,652111
3	8	1	7,96	2,92	89,09	3,655715
3	10	1	7,96	2,92	89,09	4,576533
3	12	1	7,96	2,92	89,09	5,386519
3	14	1	7,96	2,92	89,09	6,121312
3	16	1	7,96	2,92	89,09	6,915255
3	18	1	7,96	2,92	89,09	7,454103
3	20	1	7,96	2,92	89,09	7,937841
3	2	2	7,96	2,92	89,09	1,203551
3	4	2	7,96	2,92	89,09	2,373541
3	6	2	7,96	2,92	89,09	3,364998
3	8	2	7,96	2,92	89,09	4,338664
3	10	2	7,96	2,92	89,09	5,492251
3	12	2	7,96	2,92	89,09	6,281581
3	14	2	7,96	2,92	89,09	7,159736
3	16	2	7,96	2,92	89,09	7,906167
3	18	2	7,96	2,92	89,09	8,683258
3	20	2	7,96	2,92	89,09	9,263900
3	2	3	7,96	2,92	89,09	0,433758
3	4	3	7,96	2,92	89,09	0,798026
3	6	3	7,96	2,92	89,09	1,194893
3	8	3	7,96	2,92	89,09	1,509857
3	10	3	7,96	2,92	89,09	1,882246
3	12	3	7,96	2,92	89,09	2,274821
3	14	3	7,96	2,92	89,09	2,458927
3	16	3	7,96	2,92	89,09	2,990944
3	18	3	7,96	2,92	89,09	3,350804
3	20	3	7,96	2,92	89,09	3,658692

Tablo B.4. E grubu Zn-Al alaşımların öğretiminde kullanılan sayısal değerler

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Ti miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
1	2	1	0,000	90,930	0,406710
1	4	1	0,000	90,930	1,024288
1	6	1	0,000	90,930	1,579660
1	8	1	0,000	90,930	2,025776
1	10	1	0,000	90,930	2,611987
1	12	1	0,000	90,930	3,182383
1	14	1	0,000	90,930	3,683852
1	16	1	0,000	90,930	4,199423
1	18	1	0,000	90,930	4,714730
1	20	1	0,000	90,930	5,190895
1	2	2	0,000	90,930	0,764857
1	4	2	0,000	90,930	1,650527
1	6	2	0,000	90,930	2,565560
1	8	2	0,000	90,930	3,375058
1	10	2	0,000	90,930	4,161261
1	12	2	0,000	90,930	4,972167
1	14	2	0,000	90,930	5,643408
1	16	2	0,000	90,930	6,354198
1	18	2	0,000	90,930	7,044292
1	20	2	0,000	90,930	7,682702
1	2	3	0,000	90,930	0,468568
1	4	3	0,000	90,930	0,994589
1	6	3	0,000	90,930	1,545480
1	8	3	0,000	90,930	1,928865
1	10	3	0,000	90,930	2,302676
1	12	3	0,000	90,930	3,040472
1	14	3	0,000	90,930	3,429578
1	16	3	0,000	90,930	3,949753
1	18	3	0,000	90,930	4,374176
1	20	3	0,000	90,930	4,771738
2	2	1	0,146	90,784	0,507755
2	4	1	0,146	90,784	1,183416
2	6	1	0,146	90,784	1,880461
2	8	1	0,146	90,784	2,527538
2	10	1	0,146	90,784	3,115919
2	12	1	0,146	90,784	3,704081
2	14	1	0,146	90,784	4,210854
2	16	1	0,146	90,784	4,646930
2	18	1	0,146	90,784	5,113991
2	20	1	0,146	90,784	5,556285
2	2	2	0,146	90,784	0,755307
2	4	2	0,146	90,784	1,713213
2	6	2	0,146	90,784	2,676724
2	8	2	0,146	90,784	3,557717
2	10	2	0,146	90,784	4,376343
2	12	2	0,146	90,784	5,161700
2	14	2	0,146	90,784	5,665636
2	16	2	0,146	90,784	6,397689
2	18	2	0,146	90,784	7,125569

Tablo B.4. (DEVAM) E grubu Zn-Al alaşımların öğretiminde kullanılan sayısal değerler

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Ti miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	20	2	0,146	90,784	7,768427
2	2	3	0,146	90,784	0,435822
2	4	3	0,146	90,784	0,948905
2	6	3	0,146	90,784	1,469896
2	8	3	0,146	90,784	1,975313
2	10	3	0,146	90,784	2,441674
2	12	3	0,146	90,784	2,888082
2	14	3	0,146	90,784	3,422457
2	16	3	0,146	90,784	3,702419
2	18	3	0,146	90,784	4,091155
2	20	3	0,146	90,784	4,511039
3	2	1	0,480	90,450	0,977106
3	4	1	0,480	90,450	1,088059
3	6	1	0,480	90,450	1,655774
3	8	1	0,480	90,450	2,795897
3	10	1	0,480	90,450	3,310411
3	12	1	0,480	90,450	3,795763
3	14	1	0,480	90,450	4,425782
3	16	1	0,480	90,450	4,903880
3	18	1	0,480	90,450	5,331906
3	20	1	0,480	90,450	5,833902
3	2	2	0,480	90,450	1,009790
3	4	2	0,480	90,450	2,004697
3	6	2	0,480	90,450	3,121477
3	8	2	0,480	90,450	4,041268
3	10	2	0,480	90,450	4,802741
3	12	2	0,480	90,450	5,638393
3	14	2	0,480	90,450	6,284086
3	16	2	0,480	90,450	6,973842
3	18	2	0,480	90,450	7,552036
3	20	2	0,480	90,450	8,146051
3	2	3	0,480	90,450	0,709377
3	4	3	0,480	90,450	1,458347
3	6	3	0,480	90,450	2,231696
3	8	3	0,480	90,450	2,961053
3	10	3	0,480	90,450	3,646417
3	12	3	0,480	90,450	4,350845
3	14	3	0,480	90,450	5,044274
3	16	3	0,480	90,450	5,648436
3	18	3	0,480	90,450	6,280093
3	20	3	0,480	90,450	6,889937

Tablo B.5. T grubu Zn-Al alaşımların öğretiminde kullanılan sayısal değerler

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Al Miktarı	Alaşımdaki % Cu Miktarı	Alaşımdaki % Ti miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
1	2	1	8,04	1,02	0,01	90,905	0,721435
1	4	1	8,04	1,02	0,01	90,905	1,617425
1	6	1	8,04	1,02	0,01	90,905	2,386549
1	8	1	8,04	1,02	0,01	90,905	2,950666
1	10	1	8,04	1,02	0,01	90,905	3,639810
1	12	1	8,04	1,02	0,01	90,905	4,117855
1	14	1	8,04	1,02	0,01	90,905	4,575446
1	16	1	8,04	1,02	0,01	90,905	5,028210
1	18	1	8,04	1,02	0,01	90,905	5,523033
1	20	1	8,04	1,02	0,01	90,905	6,071865
1	2	2	8,04	1,02	0,01	90,905	0,951968
1	4	2	8,04	1,02	0,01	90,905	1,927341
1	6	2	8,04	1,02	0,01	90,905	2,713189
1	8	2	8,04	1,02	0,01	90,905	3,636271
1	10	2	8,04	1,02	0,01	90,905	4,539260
1	12	2	8,04	1,02	0,01	90,905	5,261627
1	14	2	8,04	1,02	0,01	90,905	6,143037
1	16	2	8,04	1,02	0,01	90,905	6,999329
1	18	2	8,04	1,02	0,01	90,905	7,672602
1	20	2	8,04	1,02	0,01	90,905	8,684853
1	2	3	8,04	1,02	0,01	90,905	0,475215
1	4	3	8,04	1,02	0,01	90,905	0,993276
1	6	3	8,04	1,02	0,01	90,905	1,494199
1	8	3	8,04	1,02	0,01	90,905	1,938917
1	10	3	8,04	1,02	0,01	90,905	2,377082
1	12	3	8,04	1,02	0,01	90,905	2,853053
1	14	3	8,04	1,02	0,01	90,905	3,325748
1	16	3	8,04	1,02	0,01	90,905	3,759251
1	18	3	8,04	1,02	0,01	90,905	4,222368
1	20	3	8,04	1,02	0,01	90,905	4,683343
2	2	1	8,00	1,06	0,09	90,825	0,757858
2	4	1	8,00	1,06	0,09	90,825	1,524506
2	6	1	8,00	1,06	0,09	90,825	2,193125
2	8	1	8,00	1,06	0,09	90,825	2,777511
2	10	1	8,00	1,06	0,09	90,825	3,382772
2	12	1	8,00	1,06	0,09	90,825	3,937127
2	14	1	8,00	1,06	0,09	90,825	4,485011
2	16	1	8,00	1,06	0,09	90,825	5,110171
2	18	1	8,00	1,06	0,09	90,825	5,583955
2	20	1	8,00	1,06	0,09	90,825	6,008175
2	2	2	8,00	1,06	0,09	90,825	0,991313
2	4	2	8,00	1,06	0,09	90,825	1,938512
2	6	2	8,00	1,06	0,09	90,825	2,921640
2	8	2	8,00	1,06	0,09	90,825	3,826806
2	10	2	8,00	1,06	0,09	90,825	4,558291
2	12	2	8,00	1,06	0,09	90,825	5,467342
2	14	2	8,00	1,06	0,09	90,825	6,251264
2	16	2	8,00	1,06	0,09	90,825	6,838200
2	18	2	8,00	1,06	0,09	90,825	7,520023

Tablo B.5. (DEVAM) T grubu Zn-Al alaşımların öğretiminde kullanılan sayısal değerler

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Al Miktarı	Alaşımdaki % Cu Miktarı	Alaşımdaki % Ti miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
2	20	2	8,00	1,06	0,09	90,825	8,002223
2	2	3	8,00	1,06	0,09	90,825	0,512531
2	4	3	8,00	1,06	0,09	90,825	0,997009
2	6	3	8,00	1,06	0,09	90,825	1,473569
2	8	3	8,00	1,06	0,09	90,825	1,977050
2	10	3	8,00	1,06	0,09	90,825	2,455420
2	12	3	8,00	1,06	0,09	90,825	2,954942
2	14	3	8,00	1,06	0,09	90,825	3,317028
2	16	3	8,00	1,06	0,09	90,825	3,869489
2	18	3	8,00	1,06	0,09	90,825	4,426248
2	20	3	8,00	1,06	0,09	90,825	4,901790
3	2	1	8,25	1,12	0,20	90,18	0,847329
3	4	1	8,25	1,12	0,20	90,18	1,762594
3	6	1	8,25	1,12	0,20	90,18	2,498889
3	8	1	8,25	1,12	0,20	90,18	3,275559
3	10	1	8,25	1,12	0,20	90,18	3,939041
3	12	1	8,25	1,12	0,20	90,18	4,612504
3	14	1	8,25	1,12	0,20	90,18	5,313867
3	16	1	8,25	1,12	0,20	90,18	5,908392
3	18	1	8,25	1,12	0,20	90,18	6,442466
3	20	1	8,25	1,12	0,20	90,18	6,975067
3	2	2	8,25	1,12	0,20	90,18	1,140752
3	4	2	8,25	1,12	0,20	90,18	2,210788
3	6	2	8,25	1,12	0,20	90,18	3,269891
3	8	2	8,25	1,12	0,20	90,18	4,310152
3	10	2	8,25	1,12	0,20	90,18	5,076508
3	12	2	8,25	1,12	0,20	90,18	5,909857
3	14	2	8,25	1,12	0,20	90,18	6,801941
3	16	2	8,25	1,12	0,20	90,18	7,561900
3	18	2	8,25	1,12	0,20	90,18	8,229974
3	20	2	8,25	1,12	0,20	90,18	8,897235
3	2	3	8,25	1,12	0,20	90,18	0,516669
3	4	3	8,25	1,12	0,20	90,18	1,044392
3	6	3	8,25	1,12	0,20	90,18	1,583810
3	8	3	8,25	1,12	0,20	90,18	2,133510
3	10	3	8,25	1,12	0,20	90,18	2,639897
3	12	3	8,25	1,12	0,20	90,18	3,107984
3	14	3	8,25	1,12	0,20	90,18	3,558849
3	16	3	8,25	1,12	0,20	90,18	4,008942
3	18	3	8,25	1,12	0,20	90,18	4,445541
3	20	3	8,25	1,12	0,20	90,18	4,964009

EK-C Yapay sinir ağı modelinin eğitim kümeleri tablolar halinde gösterimi

Tablo C.1. B grubu Zn-Al alaşımların eğitim kümesi

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Al Miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
1	2	1	4,87	95,099	0,035895
1	4	1	4,87	95,099	0,050000
1	6	1	4,87	95,099	0,084948
1	10	1	4,87	95,099	0,250001
1	12	1	4,87	95,099	0,300001
1	14	1	4,87	95,099	0,380317
1	18	1	4,87	95,099	0,549686
1	20	1	4,87	95,099	0,670108
1	2	2	4,87	95,099	0,043619
1	4	2	4,87	95,099	0,104195
1	8	2	4,87	95,099	0,281125
1	10	2	4,87	95,099	0,404507
1	12	2	4,87	95,099	0,543731
1	16	2	4,87	95,099	0,908636
1	18	2	4,87	95,099	1,079653
1	20	2	4,87	95,099	1,300425
1	4	3	4,87	95,099	0,080872
1	6	3	4,87	95,099	0,116789
1	8	3	4,87	95,099	0,151239
1	12	3	4,87	95,099	0,219799
1	14	3	4,87	95,099	0,255604
1	16	3	4,87	95,099	0,290505
1	18	3	4,87	95,099	0,324842
1	20	3	4,87	95,099	0,348674
2	2	1	7,08	92,891	0,096369
2	4	1	7,08	92,891	0,275183
2	8	1	7,08	92,891	0,724647
2	10	1	7,08	92,891	0,966565
2	12	1	7,08	92,891	1,235116
2	14	1	7,08	92,891	1,447416
2	18	1	7,08	92,891	1,873562
2	20	1	7,08	92,891	2,101886
2	2	2	7,08	92,891	0,165950
2	4	2	7,08	92,891	0,380930
2	6	2	7,08	92,891	0,579104
2	10	2	7,08	92,891	1,161020
2	12	2	7,08	92,891	1,382538
2	14	2	7,08	92,891	1,728016
2	16	2	7,08	92,891	1,949659
2	20	2	7,08	92,891	2,484722
2	2	3	7,08	92,891	0,053596
2	4	3	7,08	92,891	0,145729
2	6	3	7,08	92,891	0,213647
2	8	3	7,08	92,891	0,292934
2	12	3	7,08	92,891	0,426260
2	16	3	7,08	92,891	0,554418
2	18	3	7,08	92,891	0,619679
2	20	3	7,08	92,891	0,668403
3	4	1	10,85	89,119	0,040199

Tablo C.1. (DEVAM) B grubu Zn-Al alaşımların eğitim kümesi

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Al Miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
3	6	1	10,85	89,119	0,067184
3	8	1	10,85	89,119	0,079981
3	10	1	10,85	89,119	0,150643
3	12	1	10,85	89,119	0,170673
3	16	1	10,85	89,119	0,320699
3	18	1	10,85	89,119	0,350666
3	20	1	10,85	89,119	0,440801
3	2	2	10,85	89,119	0,053105
3	4	2	10,85	89,119	0,118213
3	8	2	10,85	89,119	0,291358
3	10	2	10,85	89,119	0,381168
3	12	2	10,85	89,119	0,459414
3	14	2	10,85	89,119	0,526480
3	16	2	10,85	89,119	0,573191
3	20	2	10,85	89,119	0,780782
3	2	3	10,85	89,119	0,041154
3	4	3	10,85	89,119	0,065935
3	6	3	10,85	89,119	0,080833
3	10	3	10,85	89,119	0,114316
3	12	3	10,85	89,119	0,133197
3	14	3	10,85	89,119	0,157240
3	16	3	10,85	89,119	0,179071
3	20	3	10,85	89,119	0,217127

Tablo C.2. C grubu Zn-Al alaşımların eğitim kümesi

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Al Miktarı	Alaşımdaki % Cu Miktarı	Alaşımdaki % Mn miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
1	2	1	8,10	1,00	0,01	90,864	0,478774
1	4	1	8,10	1,00	0,01	90,864	1,087444
1	6	1	8,10	1,00	0,01	90,864	1,554348
1	10	1	8,10	1,00	0,01	90,864	2,788420
1	12	1	8,10	1,00	0,01	90,864	3,383750
1	14	1	8,10	1,00	0,01	90,864	4,016387
1	18	1	8,10	1,00	0,01	90,864	5,104623
1	20	1	8,10	1,00	0,01	90,864	5,609851
1	2	2	8,10	1,00	0,01	90,864	0,929348
1	6	2	8,10	1,00	0,01	90,864	2,869094
1	8	2	8,10	1,00	0,01	90,864	3,808101
1	10	2	8,10	1,00	0,01	90,864	4,625217
1	12	2	8,10	1,00	0,01	90,864	5,280553
1	16	2	8,10	1,00	0,01	90,864	6,809689
1	18	2	8,10	1,00	0,01	90,864	7,515624
1	20	2	8,10	1,00	0,01	90,864	8,182294
1	2	3	8,10	1,00	0,01	90,864	0,459831
1	4	3	8,10	1,00	0,01	90,864	0,947007
1	8	3	8,10	1,00	0,01	90,864	1,920940
1	10	3	8,10	1,00	0,01	90,864	2,386450
1	14	3	8,10	1,00	0,01	90,864	3,532617
1	16	3	8,10	1,00	0,01	90,864	3,698525
1	18	3	8,10	1,00	0,01	90,864	3,770991
1	20	3	8,10	1,00	0,01	90,864	4,632491
2	2	1	8,06	1,02	0,14	90,754	0,485095
2	4	1	8,06	1,02	0,14	90,754	1,324210
2	6	1	8,06	1,02	0,14	90,754	2,123357
2	8	1	8,06	1,02	0,14	90,754	2,975065
2	12	1	8,06	1,02	0,14	90,754	4,168529
2	14	1	8,06	1,02	0,14	90,754	4,847333
2	16	1	8,06	1,02	0,14	90,754	5,466787
2	18	1	8,06	1,02	0,14	90,754	6,054595
2	20	1	8,06	1,02	0,14	90,754	6,743583
2	2	2	8,06	1,02	0,14	90,754	1,535275
2	4	2	8,06	1,02	0,14	90,754	3,005920
2	6	2	8,06	1,02	0,14	90,754	4,337928
2	8	2	8,06	1,02	0,14	90,754	5,427936
2	10	2	8,06	1,02	0,14	90,754	6,570853
2	14	2	8,06	1,02	0,14	90,754	7,951195
2	18	2	8,06	1,02	0,14	90,754	9,548644
2	20	2	8,06	1,02	0,14	90,754	10,192268
2	4	3	8,06	1,02	0,14	90,754	0,971273
2	6	3	8,06	1,02	0,14	90,754	1,488330
2	8	3	8,06	1,02	0,14	90,754	2,006209
2	12	3	8,06	1,02	0,14	90,754	2,959158
2	14	3	8,06	1,02	0,14	90,754	3,306721
2	16	3	8,06	1,02	0,14	90,754	3,781610
2	18	3	8,06	1,02	0,14	90,754	4,297962
2	20	3	8,06	1,02	0,14	90,754	4,700613

Tablo C.2. (DEVAM) C grubu Zn-Al alaşımların eğitim kümesi

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Al Miktarı	Alaşımdaki % Cu Miktarı	Alaşımdaki % Mn miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
3	2	1	8,15	1,10	0,30	90,424	1,721195
3	4	1	8,15	1,10	0,30	90,424	2,773148
3	8	1	8,15	1,10	0,30	90,424	4,522806
3	10	1	8,15	1,10	0,30	90,424	5,423346
3	12	1	8,15	1,10	0,30	90,424	6,320183
3	14	1	8,15	1,10	0,30	90,424	7,288865
3	18	1	8,15	1,10	0,30	90,424	8,767969
3	20	1	8,15	1,10	0,30	90,424	9,519847
3	2	2	8,15	1,10	0,30	90,424	1,700929
3	4	2	8,15	1,10	0,30	90,424	3,333551
3	6	2	8,15	1,10	0,30	90,424	4,764559
3	10	2	8,15	1,10	0,30	90,424	7,329357
3	12	2	8,15	1,10	0,30	90,424	8,451027
3	14	2	8,15	1,10	0,30	90,424	9,302165
3	16	2	8,15	1,10	0,30	90,424	10,125637
3	20	2	8,15	1,10	0,30	90,424	11,459939
3	2	3	8,15	1,10	0,30	90,424	0,495074
3	4	3	8,15	1,10	0,30	90,424	1,035983
3	6	3	8,15	1,10	0,30	90,424	1,519858
3	8	3	8,15	1,10	0,30	90,424	2,022782
3	10	3	8,15	1,10	0,30	90,424	2,510467
3	12	3	8,15	1,10	0,30	90,424	2,983950
3	16	3	8,15	1,10	0,30	90,424	3,826892
3	18	3	8,15	1,10	0,30	90,424	4,252808

Tablo C.3. D grubu Zn-Al alaşımların eğitim kümesi

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Al Miktarı	Alaşımdaki % Cu Miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
1	2	1	7,95	0,59	91,43	0,393835
1	4	1	7,95	0,59	91,43	0,908421
1	6	1	7,95	0,59	91,43	1,551824
1	10	1	7,95	0,59	91,43	2,682778
1	12	1	7,95	0,59	91,43	3,117393
1	14	1	7,95	0,59	91,43	3,482261
1	18	1	7,95	0,59	91,43	4,216881
1	20	1	7,95	0,59	91,43	4,567436
1	2	2	7,95	0,59	91,43	0,780596
1	6	2	7,95	0,59	91,43	2,578453
1	8	2	7,95	0,59	91,43	3,410259
1	10	2	7,95	0,59	91,43	4,219602
1	12	2	7,95	0,59	91,43	4,910479
1	16	2	7,95	0,59	91,43	6,059845
1	18	2	7,95	0,59	91,43	6,738956
1	20	2	7,95	0,59	91,43	7,323399
1	2	3	7,95	0,59	91,43	0,445392
1	4	3	7,95	0,59	91,43	0,950234
1	8	3	7,95	0,59	91,43	1,782872
1	10	3	7,95	0,59	91,43	2,269832
1	12	3	7,95	0,59	91,43	2,826543
1	14	3	7,95	0,59	91,43	3,189393
1	16	3	7,95	0,59	91,43	3,251092
1	20	3	7,95	0,59	91,43	4,468727
2	2	1	7,98	2,13	89,86	0,689570
2	4	1	7,98	2,13	89,86	1,562233
2	6	1	7,98	2,13	89,86	2,570406
2	8	1	7,98	2,13	89,86	3,490406
2	12	1	7,98	2,13	89,86	4,844162
2	14	1	7,98	2,13	89,86	5,468859
2	16	1	7,98	2,13	89,86	6,102631
2	18	1	7,98	2,13	89,86	6,639522
2	2	2	7,98	2,13	89,86	0,990571
2	4	2	7,98	2,13	89,86	2,187980
2	6	2	7,98	2,13	89,86	3,023774
2	8	2	7,98	2,13	89,86	3,871645
2	10	2	7,98	2,13	89,86	4,921664
2	14	2	7,98	2,13	89,86	6,825066
2	18	2	7,98	2,13	89,86	8,307991
2	20	2	7,98	2,13	89,86	8,858269
2	4	3	7,98	2,13	89,86	0,791122
2	6	3	7,98	2,13	89,86	1,185305
2	8	3	7,98	2,13	89,86	1,573450
2	12	3	7,98	2,13	89,86	2,350789
2	14	3	7,98	2,13	89,86	2,776081
2	16	3	7,98	2,13	89,86	3,065254
2	18	3	7,98	2,13	89,86	3,411263
2	20	3	7,98	2,13	89,86	3,765673
3	2	1	7,96	2,92	89,09	0,030126

Tablo C.3. (DEVAM) D grubu Zn-Al alaşımların eğitim kümesi

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Al Miktarı	Alaşımdaki % Cu Miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
3	4	1	7,96	2,92	89,09	1,524082
3	8	1	7,96	2,92	89,09	3,655715
3	10	1	7,96	2,92	89,09	4,576533
3	12	1	7,96	2,92	89,09	5,386519
3	14	1	7,96	2,92	89,09	6,121312
3	18	1	7,96	2,92	89,09	7,454103
3	20	1	7,96	2,92	89,09	7,937841
3	2	2	7,96	2,92	89,09	1,203551
3	4	2	7,96	2,92	89,09	2,373541
3	6	2	7,96	2,92	89,09	3,364998
3	10	2	7,96	2,92	89,09	5,492251
3	12	2	7,96	2,92	89,09	6,281581
3	14	2	7,96	2,92	89,09	7,159736
3	16	2	7,96	2,92	89,09	7,906167
3	20	2	7,96	2,92	89,09	9,263900
3	2	3	7,96	2,92	89,09	0,433758
3	4	3	7,96	2,92	89,09	0,798026
3	6	3	7,96	2,92	89,09	1,194893
3	8	3	7,96	2,92	89,09	1,509857
3	10	3	7,96	2,92	89,09	1,882246
3	12	3	7,96	2,92	89,09	2,274821
3	16	3	7,96	2,92	89,09	2,990944
3	18	3	7,96	2,92	89,09	3,350804

Tablo C.4. E grubu Zn-Al alaşımların eğitim kümesi

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Ti miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
1	2	1	0,000	90,930	0,406710
1	4	1	0,000	90,930	1,024288
1	6	1	0,000	90,930	1,579660
1	10	1	0,000	90,930	2,611987
1	12	1	0,000	90,930	3,182383
1	14	1	0,000	90,930	3,683852
1	18	1	0,000	90,930	4,714730
1	20	1	0,000	90,930	5,190895
1	2	2	0,000	90,930	0,764857
1	6	2	0,000	90,930	2,565560
1	8	2	0,000	90,930	3,375058
1	10	2	0,000	90,930	4,161261
1	12	2	0,000	90,930	4,972167
1	16	2	0,000	90,930	6,354198
1	18	2	0,000	90,930	7,044292
1	20	2	0,000	90,930	7,682702
1	2	3	0,000	90,930	0,468568
1	4	3	0,000	90,930	0,994589
1	8	3	0,000	90,930	1,928865
1	10	3	0,000	90,930	2,302676
1	12	3	0,000	90,930	3,040472
1	14	3	0,000	90,930	3,429578
1	16	3	0,000	90,930	3,949753
1	20	3	0,000	90,930	4,771738
2	2	1	0,146	90,784	0,507755
2	4	1	0,146	90,784	1,183416
2	6	1	0,146	90,784	1,880461
2	8	1	0,146	90,784	2,527538
2	12	1	0,146	90,784	3,704081
2	14	1	0,146	90,784	4,210854
2	16	1	0,146	90,784	4,646930
2	18	1	0,146	90,784	5,113991
2	2	2	0,146	90,784	0,755307
2	4	2	0,146	90,784	1,713213
2	6	2	0,146	90,784	2,676724
2	8	2	0,146	90,784	3,557717
2	10	2	0,146	90,784	4,376343
2	14	2	0,146	90,784	5,665636
2	18	2	0,146	90,784	7,125569
2	20	2	0,146	90,784	7,768427
2	4	3	0,146	90,784	0,948905
2	6	3	0,146	90,784	1,469896
2	8	3	0,146	90,784	1,975313
2	12	3	0,146	90,784	2,888082
2	14	3	0,146	90,784	3,422457
2	16	3	0,146	90,784	3,702419
2	18	3	0,146	90,784	4,091155
2	20	3	0,146	90,784	4,511039
3	2	1	0,480	90,450	0,977106

Tablo C.4. (DEVAM) E grubu Zn-Al alaşımların eğitim kümesi

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Ti miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
3	4	1	0,480	90,450	1,088059
3	8	1	0,480	90,450	2,795897
3	10	1	0,480	90,450	3,310411
3	12	1	0,480	90,450	3,795763
3	14	1	0,480	90,450	4,425782
3	18	1	0,480	90,450	5,331906
3	20	1	0,480	90,450	5,833902
3	2	2	0,480	90,450	1,009790
3	4	2	0,480	90,450	2,004697
3	6	2	0,480	90,450	3,121477
3	10	2	0,480	90,450	4,802741
3	12	2	0,480	90,450	5,638393
3	14	2	0,480	90,450	6,284086
3	16	2	0,480	90,450	6,973842
3	20	2	0,480	90,450	8,146051
3	2	3	0,480	90,450	0,709377
3	4	3	0,480	90,450	1,458347
3	6	3	0,480	90,450	2,231696
3	8	3	0,480	90,450	2,961053
3	10	3	0,480	90,450	3,646417
3	12	3	0,480	90,450	4,350845
3	16	3	0,480	90,450	5,648436
3	18	3	0,480	90,450	6,280093

Tablo C.5. T grubu Zn-Al alaşımların eğitim kümesi

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Al Miktarı	Alaşımdaki % Cu Miktarı	Alaşımdaki % Ti miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
1	2	1	8,04	1,02	0,01	90,905	0,721435
1	4	1	8,04	1,02	0,01	90,905	1,617425
1	6	1	8,04	1,02	0,01	90,905	2,386549
1	10	1	8,04	1,02	0,01	90,905	3,639810
1	12	1	8,04	1,02	0,01	90,905	4,117855
1	14	1	8,04	1,02	0,01	90,905	4,575446
1	18	1	8,04	1,02	0,01	90,905	5,523033
1	20	1	8,04	1,02	0,01	90,905	6,071865
1	2	2	8,04	1,02	0,01	90,905	0,951968
1	6	2	8,04	1,02	0,01	90,905	2,713189
1	8	2	8,04	1,02	0,01	90,905	3,636271
1	10	2	8,04	1,02	0,01	90,905	4,539260
1	12	2	8,04	1,02	0,01	90,905	5,261627
1	16	2	8,04	1,02	0,01	90,905	6,999329
1	18	2	8,04	1,02	0,01	90,905	7,672602
1	20	2	8,04	1,02	0,01	90,905	8,684853
1	2	3	8,04	1,02	0,01	90,905	0,475215
1	4	3	8,04	1,02	0,01	90,905	0,993276
1	8	3	8,04	1,02	0,01	90,905	1,938917
1	10	3	8,04	1,02	0,01	90,905	2,377082
1	12	3	8,04	1,02	0,01	90,905	2,853053
1	14	3	8,04	1,02	0,01	90,905	3,325748
1	16	3	8,04	1,02	0,01	90,905	3,759251
1	20	3	8,04	1,02	0,01	90,905	4,683343
2	2	1	8,00	1,06	0,09	90,825	0,757858
2	4	1	8,00	1,06	0,09	90,825	1,524506
2	6	1	8,00	1,06	0,09	90,825	2,193125
2	8	1	8,00	1,06	0,09	90,825	2,777511
2	12	1	8,00	1,06	0,09	90,825	3,937127
2	14	1	8,00	1,06	0,09	90,825	4,485011
2	16	1	8,00	1,06	0,09	90,825	5,110171
2	18	1	8,00	1,06	0,09	90,825	5,583955
2	2	2	8,00	1,06	0,09	90,825	0,991313
2	4	2	8,00	1,06	0,09	90,825	1,938512
2	6	2	8,00	1,06	0,09	90,825	2,921640
2	8	2	8,00	1,06	0,09	90,825	3,826806
2	10	2	8,00	1,06	0,09	90,825	4,558291
2	14	2	8,00	1,06	0,09	90,825	6,251264
2	18	2	8,00	1,06	0,09	90,825	7,520023
2	20	2	8,00	1,06	0,09	90,825	8,002223
2	4	3	8,00	1,06	0,09	90,825	0,997009
2	6	3	8,00	1,06	0,09	90,825	1,473569
2	8	3	8,00	1,06	0,09	90,825	1,977050
2	12	3	8,00	1,06	0,09	90,825	2,954942
2	14	3	8,00	1,06	0,09	90,825	3,317028
2	16	3	8,00	1,06	0,09	90,825	3,869489
2	18	3	8,00	1,06	0,09	90,825	4,426248
2	20	3	8,00	1,06	0,09	90,825	4,901790
3	2	1	8,25	1,12	0,20	90,180	0,847329

Tablo C.5. (DEVAM) T grubu Zn-Al alaşımların eğitim kümesi

Alaşımların Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Al Miktarı	Alaşımdaki % Cu Miktarı	Alaşımdaki % Ti miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
3	4	1	8,25	1,12	0,20	90,180	1,762594
3	8	1	8,25	1,12	0,20	90,180	3,275559
3	10	1	8,25	1,12	0,20	90,180	3,939041
3	12	1	8,25	1,12	0,20	90,180	4,612504
3	14	1	8,25	1,12	0,20	90,180	5,313867
3	18	1	8,25	1,12	0,20	90,180	6,442466
3	20	1	8,25	1,12	0,20	90,180	6,975067
3	2	2	8,25	1,12	0,20	90,180	1,140752
3	4	2	8,25	1,12	0,20	90,180	2,210788
3	6	2	8,25	1,12	0,20	90,180	3,269891
3	10	2	8,25	1,12	0,20	90,180	5,076508
3	12	2	8,25	1,12	0,20	90,180	5,909857
3	14	2	8,25	1,12	0,20	90,180	6,801941
3	16	2	8,25	1,12	0,20	90,180	7,561900
3	20	2	8,25	1,12	0,20	90,180	8,897235
3	2	3	8,25	1,12	0,20	90,180	0,516669
3	4	3	8,25	1,12	0,20	90,180	1,044392
3	6	3	8,25	1,12	0,20	90,180	1,583810
3	8	3	8,25	1,12	0,20	90,180	2,133510
3	10	3	8,25	1,12	0,20	90,180	2,639897
3	12	3	8,25	1,12	0,20	90,180	3,107984
3	16	3	8,25	1,12	0,20	90,180	4,008942
3	18	3	8,25	1,12	0,20	90,180	4,445541

EK-D Yapay sinir ağı modelinin test kümeleri tablolar halinde gösterimi

Tablo D.1. B grubu Zn-Al alaşımların test kümesi

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Al Miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
1	8	1	4,87	95,099	0,150001
1	16	1	4,87	95,099	0,440739
1	6	2	4,87	95,099	0,184851
1	14	2	4,87	95,099	0,715418
1	2	3	4,87	95,099	0,038290
1	10	3	4,87	95,099	0,187270
2	6	1	7,08	92,891	0,487261
2	16	1	7,08	92,891	1,674193
2	8	2	7,08	92,891	0,857910
2	18	2	7,08	92,891	2,163257
2	10	3	7,08	92,891	0,363067
2	14	3	7,08	92,891	0,489010
3	2	1	10,85	89,119	0,020030
3	14	1	10,85	89,119	0,309632
3	6	2	10,85	89,119	0,195717
3	18	2	10,85	89,119	0,627209
3	8	3	10,85	89,119	0,096616
3	18	3	10,85	89,119	0,199721

Tablo D.2. C grubu Zn-Al alaşımların test kümesi

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Al Miktarı	Alaşımdaki % Cu Miktarı	Alaşımdaki % Mn miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
1	8	1	8,10	1,00	0,01	90,864	2,16957484
1	16	1	8,10	1,00	0,01	90,864	4,54479069
1	4	2	8,10	1,00	0,01	90,864	1,9526596
1	14	2	8,10	1,00	0,01	90,864	6,28055287
1	6	3	8,10	1,00	0,01	90,864	1,40021219
1	12	3	8,10	1,00	0,01	90,864	3,33261651
2	10	1	8,06	1,02	0,14	90,754	3,64116667
2	20	1	8,06	1,02	0,14	90,754	6,74358258
2	12	2	8,06	1,02	0,14	90,754	7,32152403
2	16	2	8,06	1,02	0,14	90,754	8,8431812
2	2	3	8,06	1,02	0,14	90,754	0,46995562
2	10	3	8,06	1,02	0,14	90,754	2,49249142
3	6	1	8,15	1,10	0,30	90,424	3,42810582
3	16	1	8,15	1,10	0,30	90,424	7,93514602
3	8	2	8,15	1,10	0,30	90,424	6,15872091
3	18	2	8,15	1,10	0,30	90,424	10,8497098
3	14	3	8,15	1,10	0,30	90,424	3,42245093
3	20	3	8,15	1,10	0,30	90,424	4,70458558

Tablo D.3. D grubu Zn-Al alaşımların test kümesi

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Al Miktarı	Alaşımdaki % Cu Miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
1	8	1	7,95	0,59	91,43	2,150811
1	16	1	7,95	0,59	91,43	3,829748
1	4	2	7,95	0,59	91,43	1,705865
1	14	2	7,95	0,59	91,43	5,426999
1	6	3	7,95	0,59	91,43	1,421324
1	18	3	7,95	0,59	91,43	4,115942
2	10	1	7,98	2,13	89,86	4,260179
2	20	1	7,98	2,13	89,86	7,221542
2	12	2	7,98	2,13	89,86	5,956206
2	16	2	7,98	2,13	89,86	7,617945
2	2	3	7,98	2,13	89,86	0,403896
2	10	3	7,98	2,13	89,86	1,964088
3	6	1	7,96	2,92	89,09	2,652111
3	16	1	7,96	2,92	89,09	6,915255
3	8	2	7,96	2,92	89,09	4,338664
3	18	2	7,96	2,92	89,09	8,683258
3	14	3	7,96	2,92	89,09	2,458927
3	20	3	7,96	2,92	89,09	3,658692

Tablo D.4. E grubu Zn-Al alaşımların test kümesi

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Ti miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
1	8	1	0,000	90,930	2,025776
1	16	1	0,000	90,930	4,199423
1	4	2	0,000	90,930	1,650527
1	14	2	0,000	90,930	5,643408
1	6	3	0,000	90,930	1,545480
1	18	3	0,000	90,930	4,374176
2	10	1	0,146	90,784	3,115919
2	20	1	0,146	90,784	5,556285
2	12	2	0,146	90,784	5,161700
2	16	2	0,146	90,784	6,397689
2	2	3	0,146	90,784	0,435822
2	10	3	0,146	90,784	2,441674
3	6	1	0,480	90,450	1,655774
3	16	1	0,480	90,450	4,903880
3	8	2	0,480	90,450	4,041268
3	18	2	0,480	90,450	7,552036
3	14	3	0,480	90,450	5,044274
3	20	3	0,480	90,450	6,889937

Tablo D.5. T grubu Zn-Al alaşımların test kümesi

Alaşım Kodunun Sayısal Gösterimi	Deney Zaman Periyodu (Saat)	Asit Türünün Sayısal Gösterimi	Alaşımdaki % Al Miktarı	Alaşımdaki % Cu Miktarı	Alaşımdaki % Ti miktarı	Alaşımdaki % Zn miktarı	Alaşımdaki Ağırlık Kaybı (mg/mm ²)
1	8	1	8,04	1,02	0,01	90,905	2,950666
1	16	1	8,04	1,02	0,01	90,905	5,028210
1	4	2	8,04	1,02	0,01	90,905	1,927341
1	14	2	8,04	1,02	0,01	90,905	6,143037
1	6	3	8,04	1,02	0,01	90,905	1,494199
1	18	3	8,04	1,02	0,01	90,905	4,222368
2	10	1	8,00	1,06	0,09	90,825	3,382772
2	20	1	8,00	1,06	0,09	90,825	6,008175
2	12	2	8,00	1,06	0,09	90,825	5,467342
2	16	2	8,00	1,06	0,09	90,825	6,838200
2	2	3	8,00	1,06	0,09	90,825	0,512531
2	10	3	8,00	1,06	0,09	90,825	2,455420
3	6	1	8,25	1,12	0,20	90,180	2,498889
3	16	1	8,25	1,12	0,20	90,180	5,908392
3	8	2	8,25	1,12	0,20	90,180	4,310152
3	18	2	8,25	1,12	0,20	90,180	8,229974
3	14	3	8,25	1,12	0,20	90,180	3,558849
3	20	3	8,25	1,12	0,20	90,180	4,964009

EK-E Yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan algoritmaların en uygun sinir hücre sayısı tayini için yapay sinir ağı eğitimleri ve testlerinin karşılaştırılmasında kullanılan değerler.

Tablo E.1. B grubu Zn-Al alaşımların en uygun sinir hücresi sayısının tayininde kullanılan değerler

		Sinir Hücre Sayısı							
MSE(Eğt)		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	SCG	7,89E-5	9,00E-6	3,50E-6	1,40E-7	1,02E-8	9,99E-9	5,14E-5	(*45)
	LM	1,50E-5	2,71E-11	1,23E-13	8,35E-13	1,38E-15	3,34E-13	1,12E-18	(*15)
	CGP	4,59E-4	1,35E-4	1,91E-4	9,91E-5	4,44E-5	1,31E-4	1,89E-4	(*70)
	OSS	2,40E-4	3,29E-5	7,26E-5	5,31E-5	6,14E-6	3,92E-5	8,53E-5	(*45)
	RP	1,93E-4	9,12E-5	7,87E-5	3,55E-5	5,57E-5	6,99E-6	1,31E-4	(*45)
	GDX	4,38E-4	1,57E-4	1,48E-4	2,44E-4	2,26E-4	2,51E-4	1,35E-4	(*35)
		Sinir Hücre Sayısı							
% Hata		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	SCG	0,059577	0,115861	0,104020	0,113469	0,068903	0,108943	0,052972	(*45)
	LM	0,378877	0,936192	1,667417	0,782021	1,329130	0,624673	0,237185	(*15)
	CGP	0,116695	0,107750	0,176511	0,160742	0,111677	0,153278	0,140780	(*70)
	OSS	0,059220	0,104899	0,115460	0,110959	0,096093	0,201145	0,265366	(*45)
	RP	0,093400	0,319407	0,223742	0,118320	0,173394	0,120473	0,239133	(*45)
	GDX	0,369166	0,198003	0,135968	0,234595	0,273817	0,307442	0,300908	(*35)
		Sinir Hücre Sayısı							
MSE(TST)		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	SCG	0,000539	0,000570	0,000499	0,000434	0,000434	0,000459	0,000420	(*45)
	LM	0,003342	0,006213	0,016949	0,004770	0,010899	0,003413	0,003999	(*15)
	CGP	0,000944	0,000870	0,000869	0,000731	0,000730	0,000703	0,000646	(*70)
	OSS	0,000805	0,000804	0,000582	0,000698	0,000583	0,000719	0,000880	(*45)
	RP	0,000964	0,001158	0,001108	0,000666	0,000563	0,000681	0,001086	(*45)
	GDX	0,001444	0,001203	0,000806	0,001150	0,001605	0,001453	0,001884	(*35)
		Sinir Hücre Sayısı							
Zaman(Saat)		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	SCG	309,375	331,2969	357,5625	378,1094	364,9063	426,4531	158,1094	(*45)
	LM	79,6563	23,625	27,1094	13,25	27	40,7656	7,75	(*15)
	CGP	38,1406	21,5156	18,0625	15,6719	19,5000	25,4375	27,3125	(*70)
	OSS	389,9531	413	446,2969	428,9219	452,1094	474,9531	394,6406	(*45)
	RP	257,8125	282,0781	296,25	310,6094	324,1406	326,9063	315,2813	(*45)
	GDX	266,4063	282,5938	289,2031	299,4531	306,1094	311,8594	273,5313	(*35)
		Sinir Hücre Sayısı							
EPOCH		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	SCG	6150	6700	7350	8100	7700	8500	3325	(*45)
	LM	230/2000	20/102	20/2000	20/60	20/80	30/87	20/2000	(*15)
	CGP	450/915	425/544	150/275	325/364	350/452	400/491	605	(*70)
	OSS	7350	7850	8150	7950	8375	8800	7550	(*45)
	RP	6300	6825	7025	7225	7550	7750	7275	(*45)
	GDX	6525	6900	6975	7350	7575	7600	6725	(*35)

Tablo E.2. C grubu Zn-Al alaşımların en uygun sinir hücresi sayısının tayininde kullanılan değerler

		Sinir Hücresi Sayısı							
MSE(Eğt)		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	CGP	8 E-4	8 E-4	1,2933E-4	9,80E-5	8,76E-5	4,92E-5	9,12E-5	(*45)
	LM	7,1454E-6	8,3023E-9	5,9461E-9	9,10E-9	9,1241E-9	2,6625E-9	7,3748E-9	(*25)
	OSS	9,9822E-5	2,8336E-5	1,8212E-5	1,3247E-5	1,2292E-5	6,5266E-6	5,9093E-6	(*65)
	RP	1,4876E-4	4,4272E-5	4,3173E-5	4,5469E-5	8,6803E-6	9,7999E-6	1,7743E-5	(*55)
	SCG	4,7639E-5	5,7722E-6	2,5185E-6	6,2281E-7	2,4350E-6	1,9717E-6	1,8986E-6	(*25)
	GDX	1,4996E-4	1,8286E-4	1,0079E-4	1,2040E-4	1,1407E-4	1,1030E-4	1,0694E-4	(*65)
MSE(TST)		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	CGP	0,9676	0,016747	0,01827	0,0152	0,0239	0,01573	0,01573	(*45)
	LM	0,0453416	0,051726	0,03295	0,04364	0,03193	0,03315	0,03431	(*25)
	OSS	0,0158739	0,025821	0,02628	0,0168	0,02409	0,02334	0,0176158	(*65)
	RP	0,0200855	0,015381	0,02148	0,0272	0,02023	0,02692	0,01957	(*55)
	SCG	0,030178	0,021263	0,02452	0,05087	0,0294	0,02368	0,0277	(*25)
	GDX	0,0210229	0,018911	0,0198	0,02167	0,02756	0,01069	0,024465	(*65)
% Hata		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	CGP	0,0212	0,0167	0,0009	0,0239008	0,0313571	0,0461465	0,0347799	(*45)
	LM	0,081351	0,0517264	0,0407153	0,0956925	0,0411259	0,0616455	0,0755798	(*10)
	OSS	0,03058	0,0516238	0,0418543	0,0414773	0,0619654	0,0417817	0,0233364	(*65)
	RP	0,0334949	0,0288933	0,064763	0,0726249	0,044614	0,0315473	0,0393864	(*55)
	SCG	0,0332004	0,0392407	0,0451423	0,0955493	0,0430309	0,0338474	0,0536107	(*25)
	GDX	0,9169798	0,0189113	0,0448061	0,0322261	0,0762549	0,0283955	0,0527823	(*65)
Zaman(Saat)		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	CGP	24,8750	21,2031	474,9063	14,6094	19,5000	23,8125	314,9531	(*45)
	LM	84,5781	71,563	17,4219	30,3438	26,3750	29,3906	20,8594	(*10)
	OSS	327,3594	339,7188	361,9375	389,4531	413,2969	439,5313	539,3906	(*65)
	RP	263,0625	281,0938	281,6094	297,6250	315,2031	327,6875	314,0156	(*55)
	SCG	255,0781	365,1250	429,1250	388,5000	418,4219	447,0000	347,6875	(*25)
	GDX	271,3125	264,3438	250,8750	260,0000	279,8750	289,1250	288,6250	(*65)
EPOCH		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	CGP	325/547	300/544	475/10000	325/363	275/455	325/542	300/407	(*45)
	LM	110/2000	90/204	70/114	70/117	40/65	40/46	60/168	(*10)
	OSS	6350	6675	6700	7100	1450	7525	6425	(*65)
	RP	5825	6025	6150	6750	7250	7975	6525	(*55)
	SCG	6025	7975	8350	8125	8275	8675	7800	(*25)
	GDX	6475	6425	6125	6375	6650	7025	6975	(*65)

Tablo E.3. D grubu Zn-Al alaşımların en uygun sinir hücresi sayısının tayininde kullanılan değerler

		Sinir Hücre Sayısı							
MSE(Eğt)		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	SCG	1,6855E-5	3,1478E-6	3,34E-6	1,2012E-6	7,1514E-7	1,2376E-7	1,2921E-6	*(35)
	LM	1,0608E-5	9,9890E-9	8,45E-9	4,7453E-9	3,0073E-9	9,375E-10	9,2348E-9	*(15)
	OSS	9,2326E-5	1,1279E-5	7,99E-6	6,9283E-6	4,8883E-6	5,5397E-6	6,6240E-6	*(75)
	RP	1,0303E-4	7,5789E-5	1,33E-5	2,3547E-5	1,6221E-5	3,3615E-6	5,4542E-6	*(65)
	CGP	1,5087E-4	9,9661E-5	1,06E-4	4,3885E-5	2,0570E-5	5,2847E-5	1,088E-5	*(15)
	GDX	1,9143E-4	1,7817E-4	1,21E-4	1,4225E-4	9,1895E-5	8,2749E-5	1,2824E-4	*(25)
		Sinir Hücre Sayısı							
MSE(TST)		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	SCG	0,036049	0,034190	0,042091	0,028279	0,030586	0,046514	0,030845	*(35)
	LM	0,026154	0,194650	0,046487	0,070620	0,032833	0,052077	0,058074	*(15)
	OSS	0,015198	0,045644	0,050835	0,048918	0,031291	0,034459	0,027680	*(75)
	RP	0,009370	0,026473	0,021873	0,018075	0,021244	0,018649	0,034317	*(65)
	CGP	0,010370	0,010584	0,015202	0,017853	0,017151	0,014660	0,010649	*(15)
	GDX	0,009877	0,012759	0,009562	0,026021	0,021445	0,026672	0,014720	*(25)
		Sinir Hücre Sayısı							
% Hata		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	SCG	0,065835	0,043457	0,041447	0,021781	0,026686	0,063708	0,061653	*(35)
	LM	0,057656	0,141440	0,090673	0,114984	0,033324	0,052320	0,051683	*(15)
	OSS	0,955003	0,107665	0,066465	0,061597	0,026716	0,067281	0,031908	*(75)
	RP	0,022152	0,090440	0,032438	0,035932	0,028545	0,026709	0,038331	*(65)
	CGP	0,023135	0,031024	0,023539	0,047031	0,028665	0,032864	0,024211	*(15)
	GDX	0,026588	0,047971	0,024241	0,061250	0,038964	0,043064	0,061034	*(25)
		Sinir Hücre Sayısı							
Zaman(Saat)		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	SCG	300,7656	322,6875	351,3281	362,8281	406,8594	415,4531	360,2188	*(35)
	LM	420,0781	32,2813	19,0625	32,0938	20,0000	3,4688	15,0156	*(15)
	OSS	332,2031	359,0625	398,3594	414,5625	442,9063	454,7969	625,4688	*(75)
	RP	276,6094	280,6563	267,5313	282,8906	295,6094	309,0625	336,7969	*(65)
	CGP	21,3125	20,6719	17,4375	35,7188	33,2188	20,0469	31,9219	*(15)
	GDX	234,8125	256,7031	259,6875	265,2031	282,7188	284,7813	252,8125	*(25)
		Sinir Hücre Sayısı							
EPOCH		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	SCG	6800	7125	7850	8050	8625	8775	7975	*(35)
	LM	60/2000	70/457	80/144	80/158	30/62	10/29	60/293	*(15)
	OSS	5975	6450	7425	7875	8150	8475	9400	*(75)
	RP	5250	5550	5125	5625	6050	6275	6950	*(65)
	CGP	425/569	400/581	425/483	550/965	475/803	450/482	525/910	*(15)
	GDX	5525	5975	6150	6425	7050	7225	5825	*(25)

Tablo E.4. E grubu Zn-Al alaşımların en uygun sinir hücresi sayısının tayininde kullanılan değerler

		Sinir Hücresi Sayısı							
MSE(Eğt)		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	SCG	4,1080E-5	6,3004E-5	1,70E-6	9,9828E-9	6,5566E-8	9,8628E-9	1,5593E-5	*(15)
	LM	2,7626E-5	7,7753E-12	6,74E-9	8,8470E-9	8,9853E-9	3,7221E-10	1,521E-13	*(45)
	OSS	1,3873E-4	3,9201E-5	1,52E-05	1,3147E-5	2,0840E-5	1,1054E-5	1,0654E-5	*(25)
	RP	8,9204E-5	4,2202E-5	2,17E-05	3,2203E-5	5,4796E-6	1,0609E-5	2,0269E-6	*(25)
	CGP	2,0400E-4	0,00021529	8,06E-5	6,1970E-5	3,5458E-5	4,6316E-5	1,3762E-4	*(25)
	GDX	2,6638E-4	1,1076E-4	1,52E-4	1,0420E-4	1,2713E-4	1,1180E-4	8,0637E-5	*(25)
		Sinir Hücresi Sayısı							
% Hata		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	SCG	0,069764	0,004749	0,022574	0,073359	0,015026	0,029313	0,009088	*(15)
	LM	0,028563	0,083024	0,080455	0,019909	0,023295	0,044433	0,060692	*(45)
	OSS	0,006411	0,033670	0,021254	0,022779	0,012822	0,013711	0,012533	*(25)
	RP	0,014543	0,022609	0,017835	0,028915	0,012634	0,029939	0,028865	*(25)
	CGP	0,008034	0,009418	0,007778	0,005729	0,015559	0,016064	0,009666	*(25)
	GDX	0,014639	0,014017	0,007653	0,020754	0,013982	0,007560	0,039435	*(25)
		Sinir Hücresi Sayısı							
MSE(TST)		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	SCG	0,030639	0,024799	0,039516	0,041931	0,029646	0,058220	0,030904	*(15)
	LM	0,080909	0,083024	0,048508	0,054812	0,035623	0,108434	0,135721	*(45)
	OSS	1,021360	0,008857	0,062792	0,079307	0,060536	0,031837	0,061032	*(25)
	RP	0,043950	0,054436	0,064252	0,077311	0,056979	0,074193	0,077044	*(25)
	CGP	0,023853	0,033982	0,041721	0,023940	0,043859	0,035088	0,034501	*(25)
	GDX	0,056304	0,041804	0,026262	0,036199	0,068911	0,035410	0,091659	*(25)
		Sinir Hücresi Sayısı							
Zaman(Saat)		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	SCG	309,9063	306,5313	389,1875	347,8438	426,6719	236,8427	326,5781	*(15)
	LM	306,5313	7,2031	8,8438	13,5625	7,5938	13,8125	21,5781	*(45)
	OSS	331,7500	357,1563	369,9531	398,2188	426,8906	455,5000	517,3750	*(25)
	RP	240,7344	252,1563	265,2188	278,9688	284,2656	297,9219	337,7969	*(25)
	CGP	39,4688	35,1406	24,3594	33,2188	35,9063	34,7031	41,3281	*(25)
	GDX	239,8281	282,6250	290,6250	309,4688	338,5000	337,1094	325,9688	*(25)
		Sinir Hücresi Sayısı							
EPOCH		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	SCG	5850	5725	7225	6425	8025	4325	5925	*(15)
	LM	90/159	70/104	70/84	60/77	20/28	20/36	60/99	*(45)
	OSS	6150	6825	7175	7375	7850	8225	8950	*(25)
	RP	5975	6450	6850	7125	7375	7850	8700	*(25)
	CGP	650/1267	630/1067	590/635	660/845	620/1121	610/843	690/1432	*(25)
	GDX	6100	6825	7025	7375	7600	7675	6250	*(25)

Tablo E.5. T grubu Zn-Al alaşımların en uygun sinir hücresi sayısının tayininde kullanılan değerler

		Sinir Hücresi Sayısı							
MSE(Eğt)		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	SCG	3,6621E-5	1,6654E-5	3,5716E-6	5,0410E-6	2,6748E-2	1,1494E-6	3,85 E-5	*(25)
	LM	2,60E-5	7,79E-4	5,21E-9	5,88E-9	6,60E-9	4,25E-9	9,51E-9	*(25)
	OSS	6,4574E-5	3,9416E-5	3,1515E-5	1,1505E-5	1,7548E-5	1,7678E-5	3,3418E-5	*(25)
	RP	7,5744E-5	4,0107E-5	2,5129E-5	3,0700E-5	2,4531E-5	1,0120E-5	6,50E-6	*(35)
	CGP	1,0954E-4	8,9808E-5	9,5160E-5	6,3158E-5	5,2302E-5	3,9218E-5	6,1438E-5	*(25)
	GDX	1,5297E-4	8,3538E-5	7,6853E-5	6,825E-5	6,725E-5	9,333E-5	5,9537E-5	*(25)
		Sinir Hücresi Sayısı							
MSE(TST)		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	SCG	0,003945	0,009547	0,010582	0,015870	0,015870	0,010971	0,002305	*(25)
	LM	0,008510	0,012870	0,011842	0,020736	0,070254	0,050978	0,01159	*(25)
	OSS	0,004035	0,003365	0,003655	0,007200	0,007555	0,005990	0,003472	*(25)
	RP	0,004670	0,009903	0,003937	0,003337	0,008822	0,020013	0,007750	*(35)
	CGP	0,004670	0,002679	0,003773	0,006094	0,004709	0,004263	0,004815	*(25)
	GDX	0,005918	0,003610	0,003929	0,008964	0,006357	0,014625	0,005514	*(25)
		Sinir Hücresi Sayısı							
% Hata		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	SCG	0,016275	0,026189	0,021478	0,045011	0,018130	0,022876	0,035565	*(25)
	LM	0,018353	0,024484	0,024073	0,063599	0,086433	0,025926	0,022743	*(25)
	OSS	0,017038	0,016585	0,736972	0,030165	0,036257	0,029284	0,016073	*(25)
	RP	0,012479	0,043413	0,015098	0,013076	0,040643	0,031103	0,022102	*(35)
	CGP	0,012479	0,012046	0,017300	0,023692	0,015956	0,014124	0,020202	*(25)
	GDX	0,020194	0,026340	0,021166	0,039932	0,021446	0,036629	0,027527	*(25)
		Sinir Hücresi Sayısı							
Zaman(Saat)		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	SCG	312,6250	333,8281	365,8906	380,7656	396,9219	419,1719	345,8594	*(25)
	LM	56,8281	33,4063	19,8594	16,7188	20,9375	20,1094	27,0469	*(25)
	OSS	347,6094	347,0938	379,0625	393,0156	424,0625	459,9375	360,0781	*(25)
	RP	248,4219	265,5781	270,3438	283,0625	284,1719	300,8281	300,0625	*(35)
	CGP	30,5313	18,0938	10,7500	15,1563	17,5156	21,9375	45,6563	*(25)
	GDX	242,6563	257,4219	274,0781	278,2344	291,2344	303,4844	261,7969	*(25)
		Sinir Hücresi Sayısı							
EPOCH		10	20	30	40	50	60	*	
Algoritma	SCG	6450	6975	7550	7800	8125	8950	7225	*(25)
	LM	90/628	80/407	80/122	60/63	72/72	60/73	80/138	*(25)
	OSS	6125	6075	6850	7250	7875	8075	6550	*(25)
	RP	5875	6225	6625	6975	7125	7650	7550	*(35)
	CGP	660/915	520/544	260/275	280/364	310/452	310/491	610/921	*(25)
	GDX	5825	6325	6550	6725	7025	7275	6425	*(25)

ÖZGEÇMİŞ

1973 yılında Ordu'nun Ünye ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğretimini Ünye'de tamamladı.1998 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü'nü bitirdi. Halen Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrencisidir. 2001 yılından beri Sakarya Üniversitesi Bilgi İşlem Dairesi'nde çalışmaktadır.