

Fatih KESKİNKILIÇ

Yüksek Lisans Tezi

KÜ 2010

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yapay Sinir Ağları İle Döküm Parçaların Sertliğine
Etki Eden Parametrelerinin Analizi Ve Bir Uygulama

Fatih KESKİNKILIÇ

MAYIS 2010

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yapay Sinir Ağları İle Döküm Parçaların Sertliğine
Etki Eden Parametrelerinin Analizi Ve Bir Uygulama

Fatih KESKİNKILIÇ

MAYIS 2010

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Fatih KESKİNKILIÇ tarafından hazırlanan YAPAY SİNİR AĞLARI İLE DÖKÜM PARÇALARIN SERTLİĞİNE ETKİ EDEN PARAMETRELERİNİN ANALİZİ VE BİR UYGULAMA adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onayların

Yrd.Doç Dr. A. Kürşad TÜRKER

Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin **Yüksek Lisans Tezi** olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Süleyman ERSÖZ

Danışman

Jüri Üyeleri

Başkan :Yrd.Doç Dr. A. Kürşad TÜRKER _____

Üye (Danışman) :Yrd.Doç.Dr.Süleyman ERSÖZ _____

Üye : Doç. Dr. Necaattin BARIŞCI _____

...../...../.....

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onaylamıştır.

Doç. Dr. Burak BİRGÖREN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

YAPAY SİNİR AĞLARI İLE DÖKÜM PARÇALARIN SERTLİĞİNE ETKİ EDEN PARAMETRELERİNİN ANALİZİ VE BİR UYGULAMA

KESKİNKILIÇ Fatih

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Süleyman ERSÖZ

Mayıs 2010, 51 sayfa

Bu tez çalışmasında aralarındaki ilişkiler net olarak analiz edilemeyen döküm parametrelerinin önemli bir kalite değişkeni olan sertlik değeri üzerindeki etkileri yapay sinir ağı modeli kullanılarak belirlenmiştir. Yapay sinir ağına girdi parametresi olarak yüzde karbon, silisyum, mangan, fosfor, kükürt, krom, bakır miktarları, döküm sıcaklığı, döküm süresi ve kullanılan kalıp kumunun gaz geçirgenliği ile birlikte döküm sırasında kullanılan aşılama miktarı kullanılmıştır. Döküm sürecindeki parametreler literatür çalışmasına göre ve uzmanların görüşüne göre seçilmiştir. Yapay sinir ağında geri yayımlı öğrenim metodu kullanılmıştır. Çemaş Döküm AŞ'de bir pik döküm parça için gerçek bir endüstri uygulaması gerçekleştirilmiş ve etkin sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Sinir Ağları, Döküm Parametreleri, Geri Yayımlı Ağlar, Parametre Analizi

ABSTRACT

ANALYSIS OF PARAMTERS WHICH EFECT CASTING PRODUCT HARDNESS WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS AND A CASE STUDY

KESKİNKILIÇ Fatih

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Engineering, M.Sc. Thesis

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Süleyman ERSÖZ

May 2010, 51 pages

In this thesis, effects of casting parameters which can not be determined interaction between each other on hardness value as an important quality variable are analysed using Artificial neural network model. Percentages of carbon, silisium, manganese, phosphor, sulphur, chrome, copper, casting temperature, mould sand gas permeability and inoculant used as an input for artificial neural network. Casting process parameters choosed according to expert and literature review. Back propegation algoritm method is used on neural network. The network tested as a case study for gray iron part in Çemaş Döküm AŞ and efective results are obvserved.

Keywords: Artificial Neural Networks, Casting Parametres, Back Propegation Networks, Parameter Analysis.

TEŐEKKÖR

Tezimin hazırlanması esnasında hiçbir yardımcı esirgemeyen ve biz genç araştırmacılara büyük destek olan, bilimsel deney imkânlarını sonuna kadar bizlerin hizmetine veren, tez yöneticisi hocam, Sayın Yrd. Doç. Dr. Süleyman ERSÖZ 'e, tez çalışmalarım esnasında çok büyük fedakârlıklarla bana destek olan arkadaşım Çağrı SEL'e, tezimi hazırlamam esnasında da moral desteği veren aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR İNCELEMESİ	2
3. DÖKÜM	8
3.1. Dökümün Tanımı	8
3.2. Kum Kalıba Döküm ve Aşamaları	9
3.2.1. Model yapımı.....	10
3.2.2. Maça yapımı	10
3.2.3. Kalıplama.....	11
3.2.4. Ergitme ve Döküm.....	11
3.3. Döküm Hataları	12
3.3.1. Gaz Boşlukları	12
3.3.2. Koparma ve Sürüklemeler	12
3.3.3. Kum Düşmeleri.....	13
3.3.4. Sert bölgeler ve Sertleşmiş Noktalar	13
3.3.5. Kaçıklık.....	13
3.3.6. Çapak	13
3.4. Döküm Parametreleri	14
3.4.1. Karbon	14
3.4.2. Silisyum	14

3.4.3. Mangan	15
3.4.4. Fosfor	15
3.4.5. Kükürt	16
3.4.6. Krom	16
3.4.7. Bakır.....	16
3.4.8. Döküm Sıcaklığı	16
3.4.9. Aşılama	17
3.4.10. Kalıp Kumu Gaz Geçirgenliği	17
3.4.11. Dolum Süresi	18
4.YAPAY SİNİR AĞLARI.....	18
4.1. Giriş	18
4.2. Biyolojik Sinir Sistemi	19
4.3. Biyolojik Sinir Hücresi (Nöron).....	19
4.4. Yapay Sinir Ağlarının Tanımı ve Tarihçesi	20
4.5. Yapay Sinir Ağının Özellikleri.....	22
4.5.1. Doğrusal Olmama	22
4.5.2. Öğrenme.....	22
4.5.3. Genelleme	22
4.5.4. Uyarlanabilirlik.....	23
4.5.5. Hata Toleransı.....	23
4.5.6. Analiz ve Tasarım Kolaylığı.....	23
4.6. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı	23
4.6.1. Girdi Katmanı	24
4.6.2. Ara Katman.....	24
4.6.3. Çıktı Katmanı.....	25
4.7. İşlem Elemanları.....	25
4.7.1. Girdiler.....	25

4.7.2. Ağırlıklar.....	26
4.7.3. Toplama İşlevi	26
4.7.4. Etkinlik İşlevi.....	26
4.7.4.1. Doğrusal fonksiyon	27
4.7.4.2. Basamak Fonksiyonu	27
4.7.4.3. Kutuplamalı Basamak Fonksiyonu	27
4.7.4.4. Parçalı Doğrusal Fonksiyon:	28
4.7.4.5. Sigmoid Fonksiyonu	28
4.7.4.6. Tanjant Hiperbolik Fonksiyonu	29
4.7.5. Çıkış.....	29
5. DENEYSEL ÇALIŞMA	30
5.1. YSA Modelinin Kurulması	30
5.1.1. Yüzde Karbon Miktarının Etkisi.....	36
5.1.2. Yüzde Silisyum Miktarının Etkisi	37
5.1.3. Yüzde Mangan Miktarının Etkisi	37
5.1.4. Yüzde Fosfor Miktarının Etkisi	38
5.1.5. Yüzde Kükürt Miktarının Etkisi	40
5.1.6. Yüzde Krom Miktarının Etkisi	40
5.1.7. Yüzde Bakır Miktarının Etkisi.....	41
5.1.8. Döküm Sıcaklığının Etkisi.....	42
5.1.9. Dolum Süresinin Etkisi.....	42
5.1.10. Gaz Geçirgenliğinin Etkisi.....	43
5.1.11. Aşılamanın Etkisi.....	43
5.2. YSA Modeli ile Bir Uygulama.....	44
5.3. Genetik Algoritma ile En İyi Parametrelerin Bulunması	46
5.4. NelderMead Simpleks Metodu ile En İyi Parametrelerin Bulunması	48
5.5. Tabu Arama Algoritması ile En İyi Parametrelerin Bulunması	49
6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRİLME	51

7. KAYNAKLAR	52
8. EKLER.....	56

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Dökme Demirlerin Kimyasal Kompozisyon Aralıkları.....	10
5.1. Diğer Yapay Sinir Ağı Yapılarından Elde Edilen Sonuçlar.....	35
5.2. Yapay Sinir Ağı Modeli Çıktısı (190 Brinell Sertlik için).....	45
5.3. Genetik Algoritma Çıktısı (190 Brinell Sertlik için).....	47
5.4. Nelder Mead Simpleks Metodu Çıktısı (190 Brinell Sertlik için).....	48
5.5. Tabu Arama Algoritması Çıktısı (190 Brinell Sertlik için).....	49

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.1. Biyolojik Sinir Sistemi.....	20
4.2. Biyolojik Sinir Hücresi.....	21
4.3. Yapay Sinir Ağı Proses Elemanı.....	22
4.4. Yapay Sinir Ağı Örneği ve Katmanları.....	25
4.5. Yapay Bir Nöron.....	26
5.1. Yapay Sinir Ağı Modeli.....	33
5.2. Matlab Eğitim Ekranı.....	33
5.3. Öğrenme Eğrisi.....	34
5.4. Benzetim Tasarımı Sonucunda Elde Edilen Etkileşim Tablosu.....	36
5.5. Karbon Miktarı Etkisi.....	37
5.6. Karbon Kükürt Etkileşimi.....	37
5.7. Silisyum Miktarı Etkisi.....	38
5.8. Mangan Miktarı Etkisi.....	38
5.9. Mangan Dolum Süresi Etkileşimi.....	39
5.10. Mangan Kükürt Etkileşimi.....	39
5.11. Fosfor Miktarı Etkisi.....	40
5.12. Fosfor Kükürt Etkileşimi.....	41
5.13. Kükürt Miktarı Etkisi.....	42
5.14. Krom Miktarının Etkisi.....	42
5.15. Bakır Miktarının Etkisi.....	43
5.16. Bakır Gaz Geçirgenliği Etkileşimi.....	44
5.17. Döküm Sıcaklığı Etkisi.....	44
5.18. Döküm Süresi Etkisi.....	45
5.19. Gaz Geçirgenliği Etkisi.....	45
5.20. Aşılamanın Etkisi.....	46
5.21. Genetik Algoritma Programı Ekran Çıktısı.....	47
5.22. Genetik Algoritma Akış Şeması.....	48
5.23. Nelder Mead Simpleks Metodu Ekran Çıktısı.....	49
5.24. Tabu Arama Programı Ekran Çıktısı.....	50
5.25. Tabu Arama Akış Şeması.....	50

1. GİRİŞ

Küreselleşme ile artan rekabet şartları karşısında, imalat maliyetlerinin azaltılması ve ürün kalitesinin yükseltilmesi hedeflenmektedir. Bunun yanında teknolojinin gelişmesi ile sanayide kullanılan döküm parça sayısı da artma göstermektedir. Bu bakımdan döküm endüstrisi, otomotiv, beyaz eşya, makine ve diğer nihai ürünler ile yarı mamul imalatında önemli bir sektör haline gelmiştir. Döküm olarak kullanılan parçalar ne kadar kaliteli olursa imal edilen ürünlerin kalitesi de o derecede yüksek olacaktır.

Teknolojiyle beraber yapay zeka tekniklerindeki önemli gelişmelere paralel olarak bu teknikler sanayide de uygulama alanı bulmaya başlamıştır. Bu tekniklerden Yapay sinir ağları da çok sayıda deneme ve hesaplama dayalı bir teknik olduğundan son yıllarda kullanımı artmıştır. Yapay sinir ağları; tahmin, sınıflandırma, veri ilişkilendirme, veri filtreleme, tanıma ve eşleştirme, teşhis, yorumlama gibi problemlerin çözümünde etkin olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada yapay sinir ağlarının ağa sunulan bilgilerden yararlanılarak karşılık gelen çıktı değerini tahmin etmesi özelliğinden yararlanılmıştır. Döküm kalitesinin iyileştirilmesi ve maliyetinin azaltılması için girdi olarak belirlenen döküm parametrelerine karşılık gelen sertlik değerleri yapay sinir ağına öğretilmiş ve birbirleri ile arasındaki ilişki net olarak ortaya konulamayan parametrelerin optimum seviyeleri belirlenmiştir. Bu sayede tedarikçi kısıtından dolayı parametrelerden bazıları kontrol edilmezken istenen sertlik değeri için kontrol edilebilen diğer parametrelerin hangi seviyede olması gerektiği oluşturulan ağ sayesinde belirlenebilmektedir.

Bu çalışma bir pik döküm parça için Çemaş Döküm AŞ'de gerçek bir endüstri probleminin çözümü olarak uygulaması gerçekleştirilmiş ve etkin sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir.

2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Literatür incelemesi başlığı altında yapılan çalışma iki başlık altında toplanmıştır. İlk başlıkta döküm ve döküm parametreleri adı altında döküm ile ilgili bilgilerin verildiği ve kontrol edilebilir döküm parametrelerinin araştırıldığı çalışmalara yer verilmiştir. Literatür incelemesinin ikinci kısmında ise yapay sinir ağları ve yapay sinir ağlarını ile yapılan parametre analizleri ile ilgili çalışmalara değinilmiştir.

Literatürde incelemesinde metal döküm özellikleri ile döküm kalitesini ve mikroyapısını etkileyen faktörlerin ve parametrelerin belirlenmesi üzerine pek çok farklı çalışma yer aldığı görülmüştür. Tezin literatür incelemesi başlığı altında bu çalışmalardan hepsine değinilmek mümkün olmadığından yalnızca güncel olan sekiz tanesine yer verilmektedir.

2.1. Döküm ve Döküm Parametreleri:

Döküm parametrelerinin belirlenmesi yapay sinir ağına girdi olarak verilecek kontrol edilen girdiler olarak önemlidir. Kontrol edilebilir parametrelerin belirlenmesinde literatürde yapılmış çalışmaların önemi büyüktür. Literatürde yapılmış döküm ve döküm parametreleri ile ilgili çalışmalar şöyledir.

Aslan (2007) yaptığı, basınçlı dökümde kaliteyi etkileyen faktörlerin araştırılması üzerine olan çalışmada basınçlı döküm makineleri anlatılmış ve dökümde kullanılacak alaşıma göre hangi makinenin seçilmesi gerektiğini belirtmiştir. Basınçlı dökümde kaliteyi etkileyen faktörlerin her biri balık kılçığı yöntemiyle belirlenmiştir. Ayrıca kalıplardaki yolluk ve havalandırma sistemlerinin hesaplaması yapılmış, gerekli soğutma suyu hesaplanmış ve basınçlı döküm koşullarına karşı koyabilecek kalıp çeliğinin özellikleri üzerine bilgi verilmiştir. Bunun yanında çalışmada basınçlı dökümde oluşan hatalar belirlenmiş ve bu hataların giderilmesi için çalışmalar yapılmıştır. Çalışmanın sonucu olarak basınçlı döküm parçasının kalitesini etkileyen faktörler bulunmuş bunlar balık kılçığı yöntemiyle gösterilmiştir.

Özel (2005) 'in yaptığı çalışma çok değişkenli kontrol çizelgelerinin temelleri ve çok değişkenli kalite kontrol çizelgelerinden en çok kullanılan Hotelling T2 çizgilerinin bir uygulaması pirinç döküm fabrikasında uygulaması üzerinedir. Mason-Young-Tracy ayrıştırma yöntemi ile de hata kaynakları analiz edilmiştir. Hotelling T2 çizelgelerinin oluşturulmasını ve hata kaynaklarının belirlenmesine ilişkin MYT ayrıştırma yönteminin uygulanmasını sağlayan bir bilgisayar programı yazılmış ve bu imalat sürecinden alınan gerçek verilerle uygulaması yapılmıştır. Kalite değişkenleri, bir alaşım olan pirincin bileşenlerinin ağırlık cinsinden yüzde değerleridir. Belirlenen bu 7 adet kalite değişkeni bakır, demir, kalay, alüminyum, kurşun, antimon, nikel elementlerinin ağırlık cinsinden yüzde değerleridir. Çalışmada, döküm sürecinde ergitme ocaklarından alınan numunelerdeki bakır, çinko gibi bileşenlerin yüzde değerlerinin eş zamanlı kontrol edilmiştir. Toplanan süreç verilerine dayalı olarak Hotelling T2 çizelgesi oluşturulmuş, ardından çizelge sürece uygulanmıştır. Kontrol dışı durumlara işaret eden çizelge sinyalleri incelenmiş, süreci iyileştirmek amacıyla hata kaynakları araştırılmıştır. Çeşitli hurdalar ve saf metaller kullanılarak gerçekleştirilen pirinç üretiminde kalite değişkenleri, pirinç içeriğinde bulunan metal yüzdeleri ile ifade edildiğinden süreç 7 kalite değişkeni ile tanımlanmıştır. Uygulamada çok değişkenli çizelgeleri arasında en çok tercih edilen Hotelling T2 çizelgeleri kullanılarak 3 aylık bir sürede alınan 357 adet veri analiz edilmiştir. Kontrol çizelgelerinde kontrol dışı noktaların analizi ile hata kaynakları belirlenmiştir. Kontrol dışı sinyallerin yorumlanmasında mühendislere yardımcı olacak yöntemlerden biri sinyalden sorumlu olan değişken veya değişkenlerin ortaya çıkarılması olarak belirlenmiştir. Bu işin karmaşık kovaryans yapısı nedeniyle kolay bir şekilde gerçekleştirilemediği bildirilmiş ve bu amaçla geliştirilmiş kapsamlı bir yöntem Mason-Young-Tracy ayrıştırma yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin çalışmada elde edilen kontrol dışı sinyallere uygulanmasıyla birçok sinyal için bir ya da birden fazla sorumlu değişken saptanmıştır.

Tambaş ve Özgen (2007) Seydişehir Alüminasının slip döküm parametrelerinin belirlenmesi üzerine çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmada problem Seydişehir'de üretilen alüminanın metalürjik spesifikasyonlarından dolayı seramik malzeme olarak kullanımının kısıtlanması olarak belirlenmiştir. Çözümlemede kullanılan

sodyum hidroksitten dolayı yüksek oranlardaki Na₂O içeriği elektriksel özellikleri etkileyen temel faktör olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışmada Seydişehir alüminasının slip döküm yöntemiyle şekillendirilebilmesi amacıyla karakterizasyonu, ıslahı, reolojik özellikleri, sinterlenmesi, fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine çalışılmıştır. Bu özelliklerle çalışılırken firmanın ve araştırmacının önceden edindiği bilgi birikimi ve deneyimlerinden faydalanılarak deneme yanılma yöntemiyle parametre belirlenmesi yoluna gidilmiştir.

Ülker (2006); kum kalıba dökümde farklı yolluk ve besleyicilerin tasarım yöntemlerinin kıyaslanması üzerine yaptığı çalışmada döküm parçaların bilgisayar ortamında üç boyutlu tasarımı araştırılmış, kasnak parçasının üç boyutlu model tasarımı yapılmıştır. Genel hesaplama yöntemiyle örnek yolluk ve besleyici hesapları yapılarak hesaplanan bazı parçalar kum kalıba kalıplanmıştır. Besleyici ve yolluk hesapları, yeni yaklaşımlara göre tekrar hesaplanmıştır. Genel hesaplama yönteminde bulunan değerler ile yeni yaklaşım yöntemiyle bulunan değerler karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda besleyici çapının büyük olmasının malzeme sarfiyatı açısından ekonomik olmadığı ve yolluk boyutlarının da hesaplama yöntemine göre büyük olduğu anlaşılmıştır.

Koç (2008)'un ileri teknoloji magnezyum alaşımlarının döküm özelliklerinin geliştirilmesi için alaşıma ağırlıkça %0.2, 0.3 ve 0.4 oranlarında yüzey aktif (Sn, Pb), yüzey aktif olmayan (Si) ve aşılama elemanları (Ti, Zr) ilave edilmiştir. Magnezyum döküm alaşımına ilave edilen elementlerin, akıcılık, sıcak yırtılma, mikroyapı ve mekanik özelliklere etkileri araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda, Pb ve Sn'in akıcılığı arttırdığı gözlenmiştir. Bu durum Mg'un yüzey enerjisini düşürmesi ve buharlaşma nedeniyle oksit oluşumunu engellemesine dayandırılmıştır. Sıcak yırtılma Ti ilavesi ile artarken diğer alaşım elemanlarının ilavesinde bir değişiklik gözlenmemiştir. Ayrıca Pb ve Sn ilaveleri çekme ve akma dayanımlarını sırasıyla yaklaşık %35 ve %65 arttırmıştır. Si, Ti ve Zr akıcılığı düşürmüş sıcak yırtılma eğilimini artırmıştır. Si, Ti ve Zr ilaveleri çekme ve akma dayanımlarını artırmasına karşılık etkileri Pb ve Sn ilavelerindekinden daha az olduğunun gözlemlendiği bildirilmiştir.

Döküm ve döküm parametreleri üzerine literatürde yapılan bu güncel çalışmalar tezde belirlenen, dökümde kontrol edilebilen parametrelerin seçiminde, deneysel çalışmada kullanılacak olan dökümde kontrol edilebilen parametrelerin alt ve üst limitlerinin belirlenmesinde ve döküm üzerine metalografik bilgi elde edilmesinde önemli bilgi kaynağı olmuşlardır.

2.2. Yapay Sinir Ağları ve Parametre Analizi

Metal döküm özellikleri ile döküm kalitesini ve mikroyapısını etkileyen faktörlerin belirlenmesi üzerine yapılmış çalışmaların yanında yapay sinir ağı ile yapılmış parametre analizleri üzerine çalışmalar yapılmıştır.

Literatürde yapılan bu çalışmalardan tezin içeriğine en yakın olanı Eren (2006)'in yapay sinir ağlarının membran prosesi veriminin belirlenmesi ve Yapay Sinir Ağları ile verime etki eden parametrelerin analiz edilmesi üzerine yaptığı çalışmadır. Yapılan çalışmada öncelikle membran prosesleri genel olarak anlatılmış ve ardından yapay sinir ağları üzerine geniş bir bilgi verilmiştir. Veri olarak daha önce yapılmış doktora tezinden alınan 216 adet deney veri ve sonuçları YSA'nın ağ yapısını belirlemek üzere 191 tanesinin eğitim setinde ve 25 tanesinin test setinde kullanılmak üzere ikiye ayrıldığı bildirilmiştir. Eren çalışmasında, Yapay Sinir Ağı modelinde ağ yapısını belirlemek için gizli katman sayısı bir ve iki katmanlı olarak seçilerek tek katmanlı modellerde 2 ila 21 işlem elemanı için, iki gizli katmanlı modellerde ise işlem elemanlarının farklı varyasyonları için modellerin performansları araştırılmıştır. Burada performansın değerlendirilmesinde ortalama hataların karesi (MSE) yöntemi kullanılmıştır. Tezde yapay sinir ağı modelinin girdi katmanında, tuz konsantrasyonu (C_{sd} , gr/lt), boya konsantrasyonu (C_{db} , gr/lt), yatay akış hızı (v , m/sn), pH ve basınç (ΔP , bar) olmak üzere 5 parametre kullanılmıştır. Çıktı katmanında ise R_o (% verim) olmak üzere 1 parametre kullanılmıştır. Yapay sinir ağında tek gizli katman kullanılmıştır. Yapay Sinir Ağının mimarisinin hazırlanmasında ve eğitilmesinde Matlab programının Yapay Sinir Ağı Araç Kutusu kullanılmıştır. Tezin sonucunda her bir girdi değerinin değişimi için çıktıya etkisi incelenmiştir.

Karunakar ve Datta (2008) döküm problemlerinin önlenmesinde geri yayımlı yapay sinir ağı kullanımı üzerine çalışma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada döküm fabrikasından alınan bilgilerle döküm sırasında oluşan gaz boşlukları, metal içindeki boşluklar, kabuk, kırılma ve eksik döküm gibi hataların öncelenmesinde Geri Yayımlı Yapay Sinir Ağı kullanılmıştır. Yapay sinir ağlarının eğitiminde ham (ısıl işlem görmemiş) basınç dayanımı, ham kırma dayanımı, mıknatıs geçirgenliği, nem oranı ve döküm bileşimi girdi olarak kullanılmıştır. Çıktı olarak da döküm hatlarının oranları (varlığı/yokluğu) kullanılmıştır. Çalışmada öncelikle dökümün tarihine ve ne zaman ortaya çıktığına, nerelerde kullanıldığına değinilmiştir. Ayrıca döküm prosesi sırasında oluşan hatalara yer verilmiş ve bu hataların sonuçları resimle örneklendirilmiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda yapay sinir ağının verilen bilgiler ışığında hatları ve problemleri çok yüksek olmasa da belli bir oranda belirlediği ve maliyetleri azalttığı gözlemlenmiştir. Araştırmacılar yaptıkları araştırmada ellerindeki deney sayısının artırılıp bu deneylerin sonuçlarının toplanarak daha iyi bir eğitimle Sinir ağına verildikten sonra yapay sinir ağının daha doğru sonuçlar verebileceğini söylemişler.

Çelik (1996) yaptığı çalışmada küresel grafitli dökme demirlerde ostemperleme ısıl işlemi sonucu oluşacak beynit miktarına ve sertliğe Cu, Ni ve Mo alaşım elementlerinin etkisi incelenmiştir. Çalışmanın ana hatları, küresel grafitli dökme demirlerin ostemperlemesi, ostemperlemeyi etkileyen parametreler, ostemperlenmiş küresel grafitli dökme demirlerin özellikleri, yapay sinir ağlarının tanımı ve deneysel çalışmadan oluşmuştur. Yapay sinir ağının girdisi olarak Ostenitleme sıcaklığı, Ostenitleme süresi, ostemperleme sıcaklığı, ostemperleme süresi, % Ni, % Cu, % Mo olarak yedi parametre kullanılmıştır. Çıktı parametresi olarak da % beynit miktarı belirlenmiştir. Yapay sinir ağının aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan yapay sinir ağının mimarisi gizli katman sayısı 2 tabakandan ve 8 düğümden oluşmaktadır. Yapay sinir ağında geri yayımlı model kullanılmış ve Turbo Pascal V7,0 ile yazılan program yardımıyla sinir ağına deney sonuçları öğretilmiştir. Yapay sinir ağına deney sonuçlarının öğretilmesinin ardından 850 ve 950 derece sıcaklık için ağı 42 girdi diğer girdiler sabit tutulup, tek girdi artırılıp azaltılarak verilmiş sonuçlar alınmıştır. Tezin sonucu olarak; elde edilen deney sonuçlarına göre 850 derecede Ostenitlenen numunelerde elde edilen %beynit

miktarının 950 derecede elde edilen %beynit miktarından genel olarak daha az olduğu kanısına varılmıştır.

Yapay sinir ağları ve parametre analizi üzerine literatürde yapılan bu güncel çalışmalar, yapay sinir ağları üzerine önemli bilgiler vermiştir. Ayrıca yapılan çalışmalarda hangi yapay sinir ağı modelinin genellikle kullanıldığı bu çalışmaların ışığında öğrenilmiştir. Yapay sinir ağları ile yapılan parametre analizlerinde ne gibi parametre çalışmalarının yapıldığı ve sonuçlarının nasıl vurgulandığı bu literatür çalışmaları sayesinde hazırlanmıştır. Yapay sinir ağları üzerine yapılan çalışmalarda genellikle tezlerde Matlab programının kullanıldığı ve bu programın Yapay sinir ağı araç kutusunun kullanıldığı anlaşılmıştır.

3. DÖKÜM

Dünya sanayinin günümüzdeki düzeye gelmesinde ve mekanik işlemlerin gelişmesindeki hareket noktalarından belki de birincisi dökümcülüktür. Günümüzde döküm endüstrisi, ülkelerin ekonomik gelişme düzeylerinin göstergesi olarak da kabul edilmektedir. Döküm endüstrisinin önemli bir özelliği de, son yıllarda kaydedilen teknolojik gelişmeler sonucu dinamik bir sektör durumuna gelmesidir (Kavaklı 2006).

Dökme demirlerin bu kadar yaygın olarak sanayide kullanılmalarının nedeni nispeten ucuz olması ve geniş bir mühendislik malzemesi özellik aralığına sahip olması gerektiği bilinmektedir (Cevher 2006).

3.1. Dökümün Tanımı

Döküm, ergimiş metali bir kalıba dökerek bu kalıbın şeklini alacak tarzda dondurmak olduğu bilinmektedir (Ersümer ve Şen 1972) . İmal edilen parçaların hemen hemen birçoğu imalatları esnasında dökülmüşlerdir.

Dökme demirler, demir alaşımı olmakla beraber özellikleri çok farklıdır ve bunların isimleri bu malzemelerin arzulanan şekillere katı durumda şekillendirilmeden farklı olarak dökümle getirildiği belirtilmektedir. Genel olarak yaklaşık %2–4 C ve % 1–3 Si içerirler. Belirli özellikleri kontrol etmek ve değiştirmek için alaşım elementleri ilave edildiği bildirilmiştir(Kuş 2007).

Kuş (2007)'a göre; Mikroyapılardaki karbonun dağılımına göre dört temel tip dökme demir birbirinden ayrılabilir. Kimyasal kompozisyonları üst üste geldiği için bunlar kimyasal analiz ile ayırt edilemezler. Bu metalürjik tipler, beyaz dökme demir, gri dökme demir, temper dökme demir ve küresel grafitli dökme demirdir.

Tipik olarak alaşımlandırılmamış dökme demirlerin kimyasal kompozisyon aralıkları Çizelge 3.1 de verilmiştir (Kuş 2007).

Çizelge 3.1. Dökme Demirlerin Kimyasal Kompozisyon Aralıkları

Element	Gri Dökme Demir	Beyaz Dökme Demir	Benekli Dökme Demir
Karbon	2,50-4,00	1,30-3,60	2,00-2,60
Silisyum	1,00-3,00	0,50-1,50	1,10-1,60
Mangan	0,25-1,00	0,25-8,00	0,20-1,00
Kükürt	0,02-0,25	0,06-0,20	0,04-0,18
Fosfor	0,05-1,00	0,06-0,18	0,18-maks.

Bu tezin deneysel çalışmasında da kullanılan demir cinsi olan Gri dökme demirler demir alaşımlarının en akışkanıdır dökme demirin kopma yüzey görünüşü gerçek bir gri renge sahiptir ve bu nedenle terim ‘gri dökme demir’ dir.

Teknolojinin artan bir ivmeyle artması ve bununla birlikte bilginde birikimli olarak artmasıyla döküm teknolojisinde de birçok yeni teknik çıkmıştır. Tez çalışmasında yaş kum kalıba pik döküm üzerine çalışıldığı için yalnızca bu konu üzerine bilgi verilmiştir.

3.2. Kum Kalıba Döküm ve Aşamaları

Kum kalıplara yapılan ve en çok kullanılan döküm usulüdür. Çok farklı büyüklükteki parçalara uygulanışı ve kalıplama maliyetinin az olması, tercih nedenlerinin başında gelir. Kum kalıba döküm terimi bir grup döküm yönteminin genel adıdır. Harcanan kalıp kullanılan döküm yöntemleri, kum kalıba döküm yöntemleri ile karakterize edilebilir. Kum kalıba döküm yöntemlerinin temel kademeleri küçük değişikliklerle hemen hemen harcanan kalıp kullanılan tüm yöntemler için geçerlidir. (Ülker 2006)

Kum kalıba döküm yöntemi beş işlemde oluşmaktadır.

- Model yapımı,
- Maça yapımı,
- Kalıplama,
- Ergitme ve dökme,
- Kalıp bozma ve temizlemedir.

3.2.1. Model yapımı

Döküm parçanın şeklinde tahtadan, metalden, plastikten, alçıdan veya benzeri uygun malzemedan hazırlanmış kopyaya “model” denir. Model, dökümde kum kalıbın içini sıvı metalin dolduracağı boşluğu elde etmek için kullanılır. Modelde ayrıca sıvı metalin kalıba girmesi için yolluk bulunur, bunun yanında gerektiği yerlerde besleyiciler de bulunabilir.

Özellikle işleme paylarına ve çekme paylarına dikkat edilerek modelin yapılması gerekmektedir. Dökümden sonra elde edilen parçanın istenen yüzey pürüzlülüğü için talaşlı işleme sonrası düşünülerek işleme payı bırakılır. Çekme payında ise döküm yapıldıktan sonra katılma sırasında parçanın hacmini küçülmesi nedeniyle model yapılırken esas parçanın ebatlarından biraz büyük yapılır. Modelin uzun süreli kullanımında kalıplamadan kaynaklanan aşınmalara da dikkat edilmelidir.

3.2.2. Maça yapımı

Maça; döküm sonrası parçadan istenen boşlukların çıkarılması için kalıp boşluklarına yerleştirilen parçalardır. Maça yapımında doğal kalıp kumu veya yıkanmış silis kumu kullanılır. Maça kumlarının hazırlanmasında kalıp kumlarındaki katkı maddeleri ile özel bağlayıcılar kullanılır.

Maçalar; ahşap, metal veya plastikten yapılmış maça sandığı veya maça kutusu adı verilen kutularda el ile veya makine ile sıkıştırılarak hazırlanır. Maça kutuları tek parçalı, çift parçalı veya açılır kapanır tipte olabilir. Gaz geçirgenliğini arttırmak amacıyla maçaların iç kısımlarına kanallar açılabilir. Maçalar içi tane boyutu dağılımı, kimyasal bileşimden daha önemlidir. Maça kumlarının boyutları kalıp kumununkinden daha büyüktür. Maça kumları yıkanır, kurutulur ve oda sıcaklığına

kadar soğutulduktan sonra kullanılır. Maçalar üretildikten sonra sıvı ve gaz yakıtlı veya elektrikli fırınlarda pişirilirlir. Pişirme sıcaklığı ve süresi bağlayıcının türü, bileşimdeki oranı, maçanın büyüklüğü ve biçimine bağlı olarak belirlenir (Ülker 2006).

3.2.3. Kalıplama

Kalıplama, model ve parça imalini takiben kum, bağlayıcı (kil) ve diğer katkı maddelerinden oluşan, el ile veya kum hazırlama makinelerinde karıştırılarak hazırlanan karışım ile dökülecek parçanın kum içerisinde negatif bir boşluğunu meydana getirme işlemidir (Ülker 2006).

Kalıplama işleminin kalıplama makinelerinde yapıldığı küçük parçalarda yaş kum kalıplama makinelerinin üstündeki silolarda bulunurken, iri parçaların elde kalıplanması sırasında kum havuzlarda yaş kum bekletilir.

Yaş kum kalıplamanın en büyük üstünlüğü ekonomik olmasıdır. Kalıp malzemesinin ucuz olması ve tazelenerek defalarca kullanılabilir olmasından dolayı ekonomiktir. Bunun yanında değişik metallerin dökümüne de elverişlidir.

3.2.4. Ergitme ve Döküm

Dökülecek metali ergiterek döküm sıcaklığına ulaştırmak için ergitme ocakları veya fırınları kullanılır. İndüksiyon ocaklarında bobinlerden geçen alternatif akım, ergitilecek olan metal yığını içinde de bir alternatif akım oluşturur. Bu akım metalin içinde bir ısı oluşturur. Metal ergidiğinde, erimiş haldeki metalin içindeki elektromanyetik alan, bobinlerdeki elektromanyetik alan ile etkileşir ve bu etkileşimin oluşturduğu kuvvetlere sıvı metalin karışmasını sağlar.

Ergiyen metal potalara aktarıldıktan sonra kalıplama makinelerinde veya elle hazırlanan yaş kum kalıplara aktarılarak dökümü yapılmış olur. Döküm öncesinde ve ya ergitme sırasında hurdadan kaynaklanan pisliklerin giderilmesi için cüruf alma yöntemi kullanılır.

3.3. Döküm Hataları

Dökümü yapılan her parça bazı olumsuzluklardan dolayı istenmeyen özelliklerde çıkabilir, bu döküme “hatalı döküm” denir.

Hatanın derecesine göre, parçanın çalışacağı şartlar dikkate alınarak ya onarımı yapılarak kullanılır veya hurda olarak değerlendirilir. Hatalı parçalarda bir veya daha fazla hata bir arada olabilir. Döküm hatalarının oluş nedenleri doğru tespit edilirse, çözüm kolaylaşır. Hatalı dökümün tasarımdan kaynaklanan hataların dışındaki nedenler şöyledir.

- Model ve maça sandıkları hatalı,
- Yolluk sistemi, besleyici, soğutucu, çıkıcı uygulaması hatalı,
- Kalıp ve maça kumu uygun değil,
- Kalıplama ve maça yapımı tekniği hatalı,
- Sıvı metalin bileşimi uygun değil,
- Ergitme ve döküm tekniği hatalıdır (MEGEP 2006).

Yukarıda verilen hata nedenlerinin tek tek veya birlikte etkilemesi ile bir hata oluşabilir. Bu hata çeşitleri çok fazla olmasına rağmen önemli olan altı tanesi anlatılmıştır.

3.3.1. Gaz Boşlukları

Genellikle döküm sırasında kalıptan ve maçadan çıkan gazların kalıptan dışarı atılamaması sonucu ortaya çıkar. Daha çok dökülen döküm parçanın üst yüzeylerinde görülür ancak parçanın alt yüzeylerinde veya iç kısımlarında da görülebilir. İç kısımda oluşan gaz boşlukları işleme sırasında ortaya çıkar.

3.3.2. Koparma ve Sürüklemeler

Kalıp kumu ve kalıplama ile ilgili hatalardandır. Sıvı metalin kalıba girişte kumu aşındırması veya koparması neticesinde bu hata oluşur. Kalıp içerisinde sıvı metalin

akışını zorlaştıran yerlerde daha çok görülür. Kalıp içerisinde sıkışan gazların çıkıcı ve besleyiciye doğru hareketi, kalıp ile çıkıcı ve besleyicinin birleşme yerlerindeki kumların kopmasına neden olabilir (MEGEP 2006).

3.3.3. Kum Düşmeleri

Kalıplama sırasında modele yapışan veya üst dereceden kopan kum kütlelerinin oluşturduğu hatadır. Kum kalıpta istenmeyen fazla boşluk oluşur ve sıvı metal boşluk kısmını doldurarak istenmeyen fazlalık oluşturur.

3.3.4. Sert bölgeler ve Sertleşmiş Noktalar

Sert bölgeler ve sertleşmiş noktalar döküm için önemli hatalardan biridir. Parçalarda kalıp ile temas eden yüzeyler, iç bölgelere göre daha çabuk katılaşır ve sert olurlar. Ayrıca ince kesitler, kalın kesitlerden daha çabuk katılaşır ve sert olur. Kalıba ilk giren sıvı metal ile son giren metalin katılaşma zamanları da farklıdır. Döküm parçalardaki farklı kesitler ve farklı katılaşmalar değişik yerlerde sert noktaların veya bölgelerin oluşmasına neden olur (MEGEP 2006).

3.3.5. Kaçıklık

Parçanın ölçüsel olarak bozulmasına neden olan bu hata çeşidinde dökülen parçaların kalıp yüzeylerinin kaymış olması durumunda elde edilen dökümlerdir. Bu hata, parçanın dış görünüşünü bozar ve kolayca görülebilir.

3.3.6. Çapak

Çapak hatası dökülen parçanın ölçüsel bozulmasına neden olan hatalardan biridir. Dökümden çıkmış parçaların mala yüzeylerinde ve maça başlarında ince plakalar halinde döküm fazlalıkları bulunur. Bunlara “çapak” denir. Çapakların çok ince olanları kırılarak giderilebilir. Kalın çapakların kırılması zordur ve döküm parçalarının ölçülerini değiştirir. Kalıpların çatlayan kısımlarına sıvı metalin girmesi ile de çapaklar oluşabilir. (MEGEP 2006)

3.4. Döküm Parametreleri

Dökme demirin bileşiminde bulunan bu elementler, dökme demirin ana yapısına ve özelliklerine oldukça etki ederler. Bu elementlerin dışında dökme demirde istenen özelliklere göre bakır, nikel, krom, molibden, bor gibi alaşım elementleri ilave edilebileceği bildirilmiştir. (Sağlam 2009)

Literatürde yapılmış olan çalışmalarda kullanılmış olan ve bu çalışmada da yapay sinir ağına girdi olarak kullanılan döküm parametreleri aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

3.4.1. Karbon

Dökme demirin bileşiminde bulunan karbon % 2,00 – 4,00 arasındadır. Karbon dökme demirin ergime sıcaklığını düşürür ve akıcılığını artırır. Karbon sementit ve grafit halinde alaşımda bulunur. Bunların birbirlerine oranı gri dökme demirin mekanik özelliklerinde esastır. Karbon, dökme demirin bileşimine ve soğuma hızına bağlı olarak serbest karbon veya bileşik karbon (karbür) halinde bulunur. Bileşimindeki karbonun büyük bir kısmı serbest karbon (grafit) halinde ayrılan dökme demirler, yumuşak olur. Karbonun bileşik halinde kaldığı dökme demirler ise çok sert ve kırılımandır. (Kuş 2007; Sağlam 2009)

3.4.2. Silisyum

Dökme demirin bileşimindeki silisyum genellikle % 0.50 - 3.50 arasında değişir. Dökme demirin katılaşmasında karbonun bileşik halden, grafit halinde ayrılmasına yardım eder. Silisyumun, dökme demirin bileşiminde % 0,50 - 3.50 ile sınırlandırılması istenir. Çünkü bu değerden fazla bulunan silisyum, alaşımın sert ve kırılğan olmasına sebep olur. Mekanik özelliklere tesir durumu silisyumun grafit oluşturmadaki rolüne bağlıdır. Sabit karbon değerli bir dökümde arttırılan silisyum miktarı ile ayrışacak grafit miktarı da artar. Dolayısıyla sertlik ve çekme mukavemeti düşer. Lamel grafitli dökme demirde kırılmış kesit gri durumdadır. Bu hal ancak belirli bir Si değeri ile mümkündür. Dökme demirden istenilen özelliklerin

sağlanabilmesi için silisyum miktarının doğru ayarlanması gerektiği bilinmektedir. (Kuş 2007; Sağlam 2009)

3.4.3. Mangana

Mangana dezoksidan ve kükürt azaltıcı rol oynar ve demir karpiti stabil hale getirir. Dökme demir içinde genel olarak % 0.50-1.00 arasında bulunur. Bileşimdeki karbonun, demirle bileşik halinde bulunmasına yardım ederek, dökme demirin sert ve kırılma olmasına sebep olur. Kükürt ile birleşir ve mangansülfür (MnS) halinde cürufa karışır. Çok az miktarı yapı içinde kalır. Manganez miktarı, bileşimdeki kükürdün kötü etkilerini gidermek için gerekli miktardan daha fazla olmamalıdır. Yani bağlantılı karbon oluşumunu mümkün kılar, grafit ayrışmasını önler. Mangana, istenen mukavemet özelliklerine ulaşılması için lüzumludur. (Kuş 2007; Sağlam 2009)

3.4.4. Fosfor

Fosfor ince cidarlı parçalarda %0,8–1,6, yüksek dinamik zorlanmalara karşı parçalarda % 0,35'in altında, fazla darbeye karşı olmayan normal dökümlerde % 0,35-0,45 arasında olabilir. Genel olarak sert, demir fosfat şeklinde bünyeye girer. Fosfor, grafit meydana gelmesinde önemli rol oynar. Eriyik dökme demirin viskozitesi geniş ölçüde fosfor değerine bağlıdır. Artan fosfor değeri ile eriyik incelik. Döküm kabiliyeti bu nedenle artar. Komplike ve ince cidarlı döküm parçaları, yüksek fosforlu dökme demirle yapılır. Mekanik ve fiziksel özelliklere de fosfor geniş ölçüde etki gösterir. Eğme mukavemetini düşürür. Artan fosfor miktarı ile sertlik de artar. Bu artış karbon miktarının azalmasıyla daha fazlalaşır. Çekme mukavemeti, artan fosforla belirli bir değere kadar yükselir, sonra düşme gösterir. Genellikle kırılma meydana gelir, darbelere hassas duruma gelir, dinamik zorlanmalara karşı dayanıksızdır. İyi kaliteli dökümlerde fosfor değeri az olmalıdır (Kuş 2007).

3.4.5. Kükürt

Genellikle karbür oluşumuna yardım eder ve grafit ayrışmasını frenler, dökümde sert parçacıklar oluşturur. Dökümde, kükürdün FeS formunda bulunması yüksek seviyede iç gerilmeleri, dolayısıyla çatlama eğilimi artırır. Mekanik özelliklere doğrudan kötü etki yaptığı bildirilmiştir. Kükürt, dökme demire ham demirden (pik) karışır. Bununla birlikte demir filizleri ve ham demirin yapımında kullanılan yakacaklardır. Kalın kesitli parçalarda kükürt % 1.0 dan, ince kesitli parçalarda ise %0.08 den az olduğu durumlarda, dökme demirin özelliklerini fazla etkilemez. Fakat bileşimde bu miktarlardan daha fazla kükürt olması, dökme demirin sertliğini artırır ve akıcılığını azaltır. Bunu sonucu olarak parçada gaz boşlukları oluşabilir. (Kuş 2007; Sağlam 2009)

3.4.6. Krom

Dayanımı yükseltir, özgül uzamayı çok az azaltacak şekilde etki eder, aynı zamanda sıcakta dayanımını. Kaynak edebilirlik, krom miktarının artması ile azalır. Çekme dayanımı ve akma sınırı artar. Bunların yanı sıra krom çentik darbe dayanımını düşürür (Göksu 2006).

3.4.7. Bakır

Çeliğin dayanımını ve sertliğini artırır, sünekliğini çok fazla düşürür. Korozyona dayanımı iyileştirir. Sıcak şekillendirmede kırılma yaratması, çelik üretiminde sorun yarattığından % 0,5 miktarının aşılması pek istenmez (Kuş 2007).

3.4.8. Döküm Sıcaklığı

Ergimiş metalin döküm sıcaklığı dökümün kalitesini direkt olarak etkilemektedir. Döküm sıcaklığı dökümü yapılan metale, parçanın boyutuna, kesit kalınlığına, ağırlığına ve benzeri fonksiyonlarına bağlı olarak değişir. Sıvı metal sıcaklığı düşük olursa metalin akıcılığı azalmakta parçada kaynamama ya da porozite gibi kaliteyi

düşüren durumlar ortaya çıkmaktadır. Sıvı metal sıcaklığı yüksek olursa parçanın kalıba ve maçaya yapışması sorunu ortaya çıkar ve ürünün kalitesini olumsuz etkiler. Döküm sıcaklığının artması ile sıvı metalin akıcılığı ve sıvı metalin kalıp yüzeyini ıslatabilirliği artar. Akıcılık ve ıslatabilirliğin artması metal-kalıp ara yüzeyinde daha iyi termal temas sağlar. Döküm sıcaklığı arttığında sıvı metalin akıcılığı artar ve düzensiz kalıp yüzeyleri ile daha iyi uyum sağlar. Döküm sıcaklığının etkilediği birçok faktör dökümün ısı transferi üzerinde etkili olmaktadır (Akar 2006; Aslan 2007).

3.4.9. Aşılama

Aşılama aynı veya yabancı türden çekirdeklerin katılaşmadan hemen önce eriyiğe katılmasına aşılama denir (Aran 1999). Aşılamanın grafitleştirici etkisi vardır. Grafitler levhalar halinde ayrılmasına rağmen daha ince ve tercihsiz olarak dağılmışlardır. Aşılama elementinin cinsine göre aşılama dökme demirler çeşitli endüstriye sahalarda tatbikat alanı bulurlar (Ersümer 1981).

3.4.10. Kalıp Kumu Gaz Geçirgenliği

Döküm için kullanılan kalıp kumlarından kuru mukavemet, yaş mukavemet, sıcak mukavemet, plastiklik, ateşe dayanıklılık, iyi yüzey, süneklik, akıcılık, hazırlanma, dökümden sonra tekrar kullanılabilme gibi istenen ana özellikler vardır. Yalnız gaz geçirgenliği dökülen parçanın istenen sertlik ve hatasız döküm yapabilmede önemli rol oynar. Sıcak metalin neşrettiği ısı, kumdaki suyu buharlaştırır, ayrıca kumda bulunan bazı maddeler de ayrışıp gaz haline geçebilir. Bunların kalıp kumu içerisinden geçmesi ve çevreye çıkarılması istenir (Ersümer 1981).

Kum tanelerinin biçimi, büyüklüğü ve dağılımı, taneler arasındaki boşlukların durumu ve dolayısıyla geçirgenliğini etkileyen en önemli faktördür.(Aran 1999) Gaz geçirgenliği kenar uzunluğu 1 cm olan küpün içinde, 1cm/ss basınç altında 1 dakikada geçen hava miktarının cm^3 cinsinden ifade edilir (Ersümer 1981).

3.4.11. Dolum Süresi

Döküm sürecinde kum kalıbın dolum süresi, sıvı metalin kalıba girişi ve sonrasında kalıp içerisinde parça özelliklerine uygun bir biçimde dolumu en önemli aşamalardan biridir. Soğuk birleşmeler, oksit girişleri, hava tuzakları, yüksek hız, soğuk birleşmeler, çift tabaka oluşumu, tortu gibi döküm hatalarının dolum süresince oluştuğu bilinmektedir.

4.YAPAY SİNİR AĞLARI

Bilgisayar öğrenmesinin ve zeki faaliyetlerde bulunma çabalarının tümü olan “yapay zeka”ya Türkiye’nin önde gelen uzmanlarından Öztemel (2003) şöyle açıklık getirmiştir.

“Günümüzde bilgisayarlar hem olaylar hakkında karar verebilmekte hem de olaylar arasındaki ilişkileri öğrenebilmektedir. Bilgisayarı bu özelliklerle donatan ve bu yeteneklerin gelişmesini sağlayan çalışmalar “yapay zeka” çalışmaları olarak bilinmektedir”

Yapay zeka en yeni bilimlerden biridir. İkinci dünya savaşından hemen sonra üzerinde çalışılmaya başlanmış ve 1956 yılında kendi ismini almıştır (Russel ve Norving, 2003).

4.1. Giriş

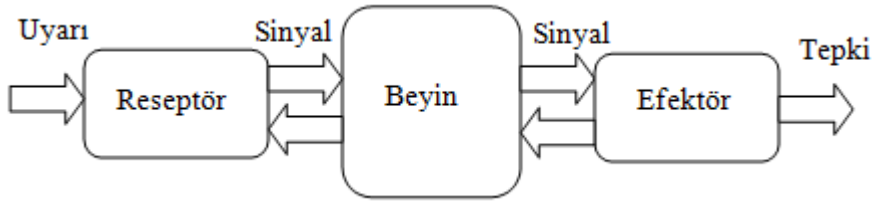
Bilgisayar sistemlerinin zaman içerisinde gelişerek avuç içinde kullanacak hale gelmesi, teknoloji kullanımının öngörülemez ivmede artması ve yapay zekâ sistemlerinin ticari hayatta elde ettiği başarılar zeki sistemlere olan ilgiyi arttırmış ve farklı ihtiyaçlar için farklı özelliklere sahip zeki sistemler geliştirilmesini sağlamıştır. Günümüzde çalışılan pek çok yapay zeka teknolojisi bulunmaktadır.

Yapay zeka teknikleri içinde bu çalışmada da kullanılan aynı zamanda diğer disiplinler tarafından da en çok ilgi gören tekniklerden biri de yapay sinir ağlarıdır.

Yapay sinir ağlarını Sarıoğlu vd. (2003) ‘yerel bir hafıza yapısını tanımlayan ve birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlantılı olan işleme elemanlarının dağıtılmış veriyi geliştirebildikleri paralel bir yapı olarak tanımlamıştır.

4.2. Biyolojik Sinir Sistemi

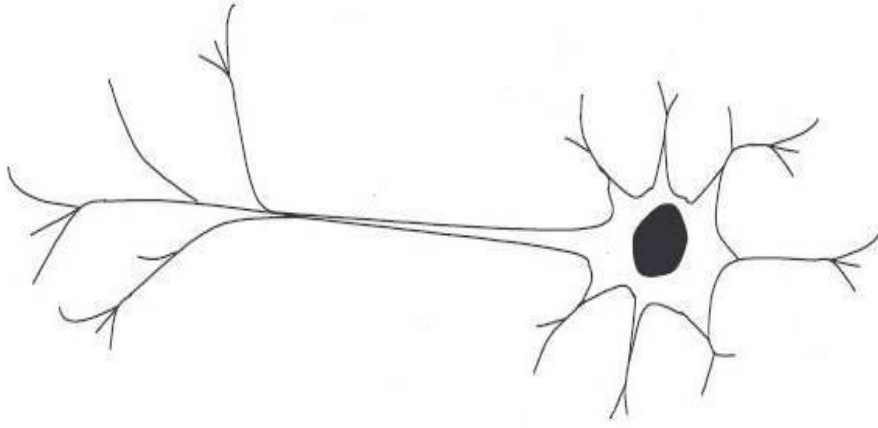
Sinir sistemi, merkezinde sürekli olarak bilgiyi alan, yorumlayan ve uygun bir karar üreten beynin (merkezi sinir ağı) bulunduğu 3 katmanlı bir sistem olarak açıklanmaktadır. Alıcı sinirler (receptor), organizma içerisinde ya da dış ortamlardan algıladıkları uyarıları, elektriksel sinyallere dönüştürerek beyne iletirler. Tepki sinirleri (effector) ise, beynin ürettiği elektriksel sinyalleri organizma çıktısı olarak uygun tepkilere dönüştürürler.(Bayrak 2008) Biyolojik sinir sisteminin işleyişı Şekil 4.1. de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Biyolojik Sinir Sistemi

4.3. Biyolojik Sinir Hücresi (Nöron)

Biyolojik sinir sistemi içerisindeki biyolojik sinir hücrelerine “nöron” denildiği bilinmektedir. Bir nöronda üç önemli kısım bulunur. Bunlar: nöronun tüm aktivitelerini yönlendiren merkezi bir hücre gövdesi, diğer nöronlardan gelen mesajları alan ve hücre gövdesine nakleden kısa fibreleler yani dendritler, hücre gövdesinden mesajları diğer nöronlara veya kaslara ileten uzun tek bir fiber olan axon. Çoğu nöron da bu üç bölümün hepsinin bulunmasına rağmen nöronların şekli ve büyüklüğünün yanı sıra axon ve dendritlerinde de büyük farklılıklar vardır (Bayrak 2008). Biyolojik sinir hücresinin şekli Şekil 4.2. de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Biyolojik Sinir Hücresi

4.4. Yapay Sinir Ağlarının Tanımı ve Tarihçesi

Yapay sinir ağları ile ilgili çalışmalar yapay zeka ismi ortaya çıkmadan önce başlamıştır. McCulloch ve Pitts 1943 yılında “Sinir Aktivitesindeki Düşüncelere Ait Bir Mantıksal Hesap” konulu makale ile Yapay sinir ağları üzerine çalışılmaya başlanmıştır.

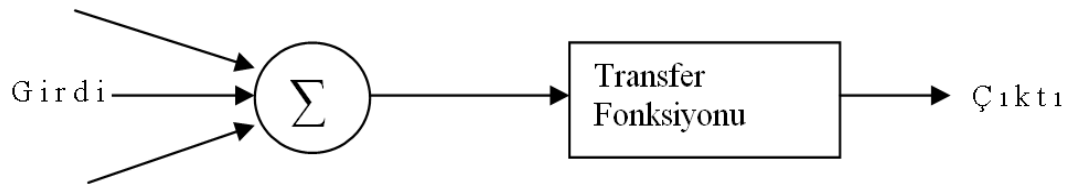
Öztemel (2003) Yapay sinir ağları ile ilgili çalışmalarını 1970 öncesi ve sonrası olarak ikiye ayırması gerektiğini bildirmiştir. Bunun nedeni olarak 1970 yılında bu bilimin tarihinde dönüm noktasının başladığını ve o zaman kadar olmaz diye düşünülen birçok sorunun çözüldüğünün ve yeni gelişmelerin başladığının üzerinde durmuştur.

Yapay sinir ağı çalışmalarının başlamasından bu yana birçok yapay sinir ağı tanımı yapılmıştır. Öztemel (2003) yapay sinir ağlarını, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirebilmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleri olarak tanımlamıştır. Bu yetenekleri geleneksel programlama yöntemleri ile geliştirmek oldukça zor veya mümkün değildir. O nedenle, yapay sinir ağlarının programlanması çok zor veya mümkün olmayan olaylar için geliştirilmiş adaptif bilgi işleme ile ilgilenen bir bilgisayar dalı olduğu söylenebilir.

Bir başka açıdan Şen(2004) yapay sinir ağlarını şöyle tanımlamıştır.

“YSA’lar günümüzde biyolojik sinir sistemi ile ilgili olarak bilinen bazı bulguların ayrıntılarının ihmal edilerek teknoloji ve bilimsel araştırma yöntemlerine uygulanmasından başka bir şey değildir. YSA birbiri ile paralel iletişim içinde bulunan tabakalara sahip olan ve her bir tabakasında yeterli sayıda sinir hücresi bulunan bir sistemden ibarettir. Bu tabakalar ve onların hücreleri arasında oldukça karmaşık sayılabilecek iletişimler incelenen olayın yapısına göre belirlenen ağırlık katsayıları vasıtası ile temin edilebilmektedir. “

Düğenci(2007)’nin Yapay Sinir Ağını, basit biyolojik sinir sisteminin çalışma şeklini simüle etmek için tasarlanan programlardır olarak tanımlamıştır. Bunun yanında simüle edilen sinir hücreleri (nöronlar) içerirler ve bu nöronlar çeşitli şekillerde birbirlerine bağlanarak ağı oluştururlar. YSA insan beyninin ve sinir sisteminin öğrenme, sonuç çıkarma gibi davranışlarının modellenmesi ve yapay zeka çalışmalarının bir sonucu olarak ortaya çıkan bir bilgi işleme sistemidir. Şekil 4.3. te gösterilen YSA işlem elemanlarının (nöronların/yapay sinir hücrelerinin) birbirine farklı eşik seviyelerinde ilişkilendirilmesi ile oluşan bir model olarak düşünülebilir.



Şekil 4.3. Yapay Sinir Ağı Proses Elemanı

Yapay sinir ağının temel elemanı nörondur. İnsan beyninin temel işlem elemanı nöronu şekilsel ve işlevsel olarak basit bir şekilde taklit eden YSA’lar, bu yolla biyolojik sinir sisteminin basit bir simülasyonu için oluşturulan programlardır (Ersöz vd. 2008).

Yapay sinir ağları insan beyninin en temel özelliği olan öğrenme fonksiyonunu gerçekleştiren bilgisayar sistemleridir. Öğrenme işlemini örnekler yardımı ile gerçekleştirirler. Bu ağlar birbirine bağlı proses elemanlarından(yapay sinir

hücrelerinden) oluşur. Her bağlantının bir ağırlık değeri vardır. Yapay sinir ağının sahip olduğu bilgi bu ağırlık değerlerinde saklı olup ağa yayılmıştır (Öztemel 2003).

4.5. Yapay Sinir Ağının Özellikleri

Sinir ağı modellerini geleneksel sistemlerden ayıran çeşitli karakteristikler vardır. Bu karakteristikler ağı algoritmik olmayan, paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yeteneklerine dayanır. Bu yetenekler sinir ağlarının kolaylıkla gerçek zamanlı uygulanabilmesini sağlar ve herhangi bir zorluk olmaksızın karmaşık, lineer olmayan hesaplamaları yapabilmesine, hızlı cevap vermesine izin verir (İpek 2007).

4.5.1. Doğrusal Olmama

Yapay sinir ağları sadece doğrusal problemlerin çözümünde değil doğrusal olmayan problemlerin çözümünde de etkin olarak kullanılabilirler. YSA doğrusal olmayan transfer fonksiyonlarının kullanımıyla her türdeki problem için kullanılabilirler.

4.5.2. Öğrenme

YSA'nın genel özelliklerinin başında makine öğrenmesi gelmektedir. YSA eldeki bilinen giriş ve çıkış değerlerini kullanarak problemle ilgili öğrenmeyi gerçekleştirerek farklı girişlere yeni çıkışlar sunabilmektedir (Seçme 2006).

4.5.3. Genelleme

Yapay sinir ağları önceden kendine örnek olarak verilmiş girdi / çıktı setlerinden genellemeler yaparak daha önce görmediği örnekler hakkında yorum yapabilirler. Elde edilen çıktıların test verileri sonuçlarıyla karşılaştırılmasıyla, kabul edilebilir ya da reddedilebilir çıktılar olup olmadığına karar verilebilir.

4.5.4. Uyarlanabilirlik

YSA, ilgilendiği problemdeki değişikliklere göre ağırlıklarını ayarlar. 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, sinyal işleme, sistem tanılama ve denetim gibi alanlarda etkin olarak kullanılır (Eren 2006).

4.5.5. Hata Toleransı

Bazı proses elemanları bir takım nedenlerle hasar görür veya kaldırılırsa, sinir ağları çalışmayı kesmez. YSA hatalara ve veri kaynağındaki gürültüye karşı toleranslıdır. YSA'nın genelleme yeteneği yeterli seviyede ise girişlerde ve ağırlıklardaki veri eksikliği ya da hatalı veri gibi durumlarda kabul edilebilir çıktıları üretebilirler.

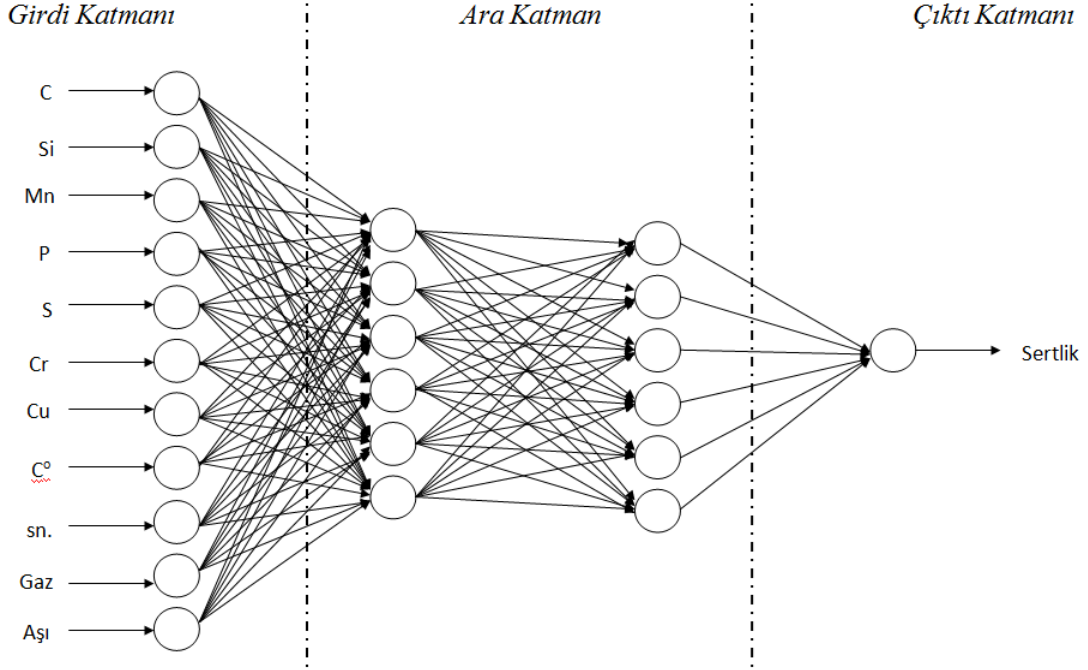
4.5.6. Analiz ve Tasarım Kolaylığı

Yapay sinir ağlarının yapısı ve modeli, bütün Yapay sinir ağları yapılarında benzerdir. Böylelikle tüm yapay sinir ağlarının farklı uygulama alanlarındaki yapıları da standart yapıdaki bu işlem elemanlarından oluşacaktır. Bu nedenle, farklı uygulama alanlarında kullanılan yapay sinir ağları benzer öğrenme algoritmalarını ve teorilerini paylaşabilirler. Yapay sinir ağlarının farklı sistemlere adaptasyonu yüksektir. Farklı sistem veya problemlerin çözümü için tekrar eğitilebilirler. YSA algılamaya yönelik kullanılarak, şekil ilişkilendirme ve sınıflandırma, örüntü tamamlama gibi işlemler için başarıyla kullanılabilirler. Bu özellik, problemlerin YSA ile çözümünde önemli bir kolaylık getirecektir (Eren 2006; Seçme 2006).

4.6. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

Yapay sinir ağını işlem elemanları işlevsel hale gelecek biçimde bağlantılar aracılığıyla bir raya gelerek oluştururlar. Yapay sinir ağıyla aslında biyolojik sinir ağının bir modeli oluşturulmak istenmektedir. İşlem elemanlarının aynı doğrultu

üzerinde bir araya gelmeleriyle katmanlar oluşmaktadır. Bir örneği Şekil 4.4. te gösterilen yapay sinir ağı girdi katmanı, ara katman (gizli katman) ve çıktı katmanından oluşur.



Şekil 4.4 Yapay Sinir Ağı Örneği Ve Katmanları

4.6.1. Girdi Katmanı

Yapay sinir ağlarının dış dünya ile ilk buluşma yeri olan girdi katmanında çevreden alınan bilgiler gizli katmana transfer edilir. Bazı yapay sinir ağlarında girdi katmanında her hangi bir bilgi işleme olmaz.

4.6.2. Ara Katman

Dış dünyadan girdi katmanına oradan da ara katmana gelen bilgiler ara katmanda işlenir ve buradan çıktı katmanına aktarılır. Yapay sinir ağlarında birden fazla olabilen tek katmandır.

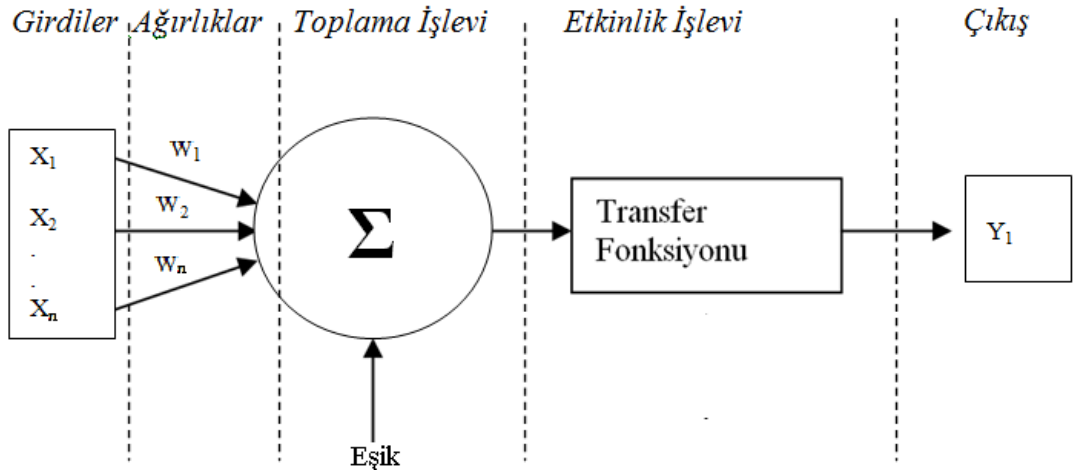
4.6.3. Çıktı Katmanı

Çıktı katmanı ağıın girdi katmanından alınan bilgilere karşılık üretilecek çıktılarını sunulduğu katmandır. Bu katmanda gizli katmandan alınan bilgiler işlenerek dış dünyaya çıktı olarak gönderilir.

4.7. İşlem Elemanları

Yapay sinir ağlarının temel birimi işlem elemanı ya da düğüm olarak adlandırılan yapay bir sinirdir. Bir yapay sinir, biyolojik sinirlere göre daha basit olmasına karşın, biyolojik sinirlerin dört temel işlevinin taklit eder (Elmas 2007).

Biyolojik nörona benzeyen bir yapay nöron Şekil 4.5 deki gibi Girdiler, Ağırlıklar, Toplama işlevi, Etkinlik veya transfer fonksiyonu ve Çıkış olmak üzere beş bölümden oluşur.



Şekil 4.5. Yapay bir nöron

4.7.1. Girdiler

Girdiler dış dünyadan bilgileri alarak ara katmanlara transfer ederler. Girdiler kendinden önceki sinirlerden veya çevreden sinir ağına gelebilirler. Bazı ağlarda girdi katmanında herhangi bir bilgi işleme olmaz.

4.7.2. Ağırlıklar

Ağırlıklar, yapay sinir tarafından alınan girişlerin sinir üzerindeki etkisini belirleyen uygun katsayılardır. Her bir giriş kendine ait bir ağırlığa sahiptir. Bir ağırlığın değerinin büyük olması, o girişin yapay sinire güçlü bağlanması ya da önemli olması, küçük olması zayıf bağlanması ya da önemli olmaması anlamına gelmektedir (Elmas 2007).

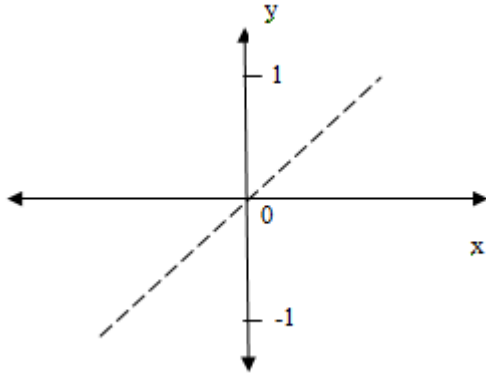
4.7.3. Toplama İşlevi

Toplama İşlevi, bir işlem elemanına gelen net girdiyi hesaplayan bir fonksiyondur. Genellikle net girdi, girişlerin ilgili ağırlıkla çarpımlarının toplamıdır. Toplam İşlevi, ağ yapısına göre maksimum alan, minimum alan ya da çarpım fonksiyonu olabilir.

4.7.4. Etkinlik İşlevi

Etkinlik İşlevi veya aktivasyon fonksiyonu bir Yapay Sinir Ağında işlem elemanının çıkış genliğini, istenilen değerler arasında sınırlar. Bu değerler genellikle $[0,1]$ veya $[-1,1]$ arasındadır. YSA' da kullanılacak aktivasyon fonksiyonlarının türevi alınabilir olması ve süreklilik arz etmesi gereklidir. Lineer veya doğrusal olmayan transfer fonksiyonlarının kullanılması YSA'ların karmaşık ve çok farklı problemlere uygulanmasını sağlamıştır. (Eren 2006) En çok kullanılan aktivasyon fonksiyonları doğrusal fonksiyon, basamak fonksiyonu, kutuplamalı basamak fonksiyonu, parçalı doğrusal fonksiyon, sigmoid, tanjant hiperbolik fonksiyonudur.

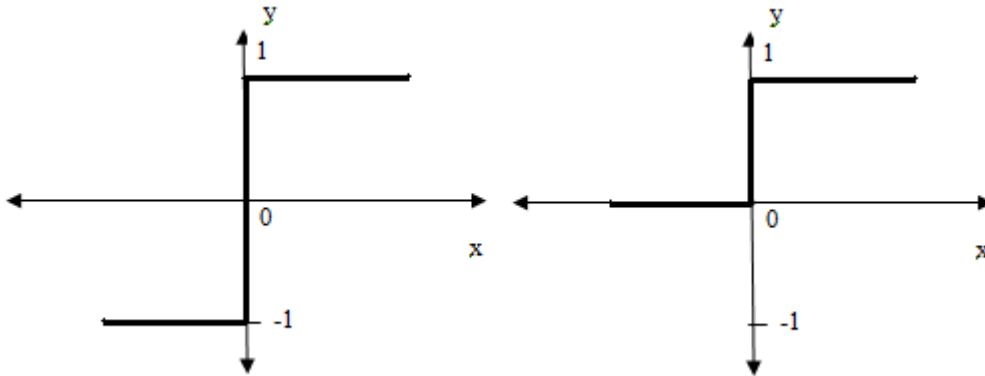
4.7.4.1. Doğrusal fonksiyon



$y = Ax$ olan doğru denklemi ile çıktı katmanında kullanılan doğrusal fonksiyon yukarıda gösterilmiştir.

4.7.4.2. Basamak Fonksiyonu

Basamak fonksiyonu tek veya çift kutuplu fonksiyon olabilir.

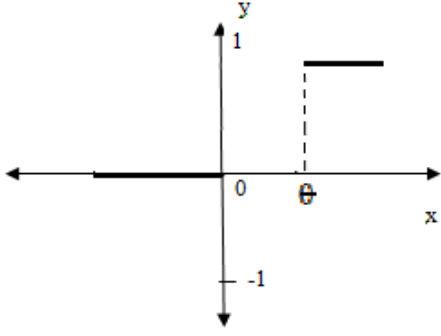


Tek Kutuplu Basamak Fonksiyonu

Çift Kutuplu Basamak Fonksiyonu

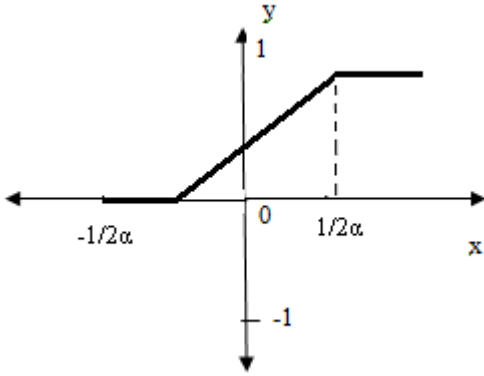
4.7.4.3. Kutuplamalı Basamak Fonksiyonu

Kutuplama değeri tek kutuplu ve çift kutuplu basamak fonksiyonunun her ikisine de eklenmiş olabilir. Aktivasyon fonksiyonunun seviyesi θ 'yı aştığı zaman nöron aktiftir denir (Sarıoğlu vd. 2003).



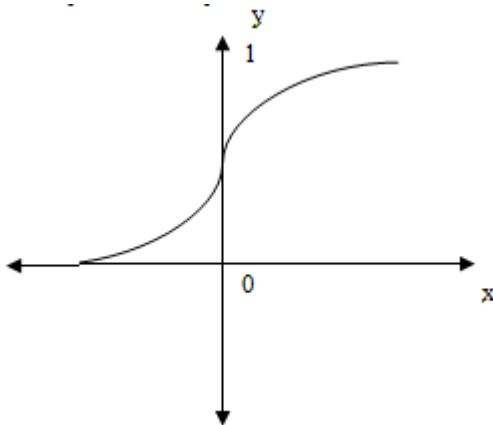
4.7.4.4. Parçalı Doğrusal Fonksiyon:

α kazancı için doğrusal toplayıcı olarak küçük aktivasyon potansiyeli için çalışır. Büyük aktivasyon potansiyeli için, nöron doyuma ulaşır ve çıkışı 1 olur (Sarıoğlu vd. 2003).



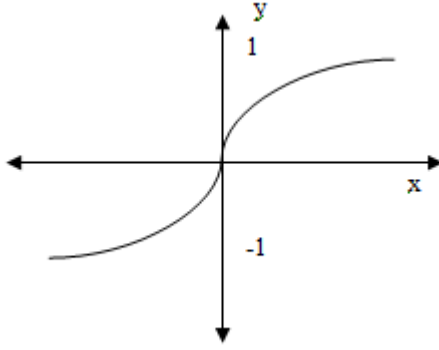
4.7.4.5. Sigmoid Fonksiyonu

Yapay sinir ağı literatüründe en çok kullanılan fonksiyonlardan biridir. Literatürde aktivasyon fonksiyonu olarak da bilinir.



4.7.4.6. Tanjant Hiperbolik Fonksiyonu

Literatürde sigmoid fonksiyonu kadar çok kullanılan fonksiyondur. Bi polar fonksiyon olarak da bilinir. Giriş uzayının genişletilmesinde etkili bir aktivasyon fonksiyonudur.



4.7.5. Çıkış

Etkinlik işlevi sonucunun dış dünyaya veya diğer sinirlere gönderdiği yerlerdir çıkışlar. Bir sinirin tek çıkışı vardır. Sinirin bu çıkışı, kendinden sonra gelen herhangi bir sayıdaki diğer sinirlere giriş olabilir.

Her bir düğümde bir çıkış işaretine izin verilir. Bu işaret diğer yüzlerce sinir hücresinin girişi olabilir. Bu durum biyolojik sinirlerde olduğu gibidir. Biyolojik sinirde de birçok giriş varken sadece bir çıkış etkinliği vardır. Düğüm çıkışı etkinlik işlevinin sonucuna eşdeğerdir. Fakat bazı ağ yapıları komşu düğümler arasında yarışma oluşturmak için etkinlik sonuçlarını düzenleyebilir. Böylece yarışmacı girişler hangi düğümün öğrenme ya da uyma işlemine katılacağına karar vermesine yardımcı olur (Elmas 2007).

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışma Çemaş Döküm AŞ.'de üretilen redüktör gövdesi adındaki gri dökme demir parçanın sertlik değerinin ayarlanamaması problemi üzerine yapay sinir ağı yöntemi kullanılarak en iyi parametrelerin seçilmesi üzerine yapılmıştır. Yapay sinir ağlarının ağa sunulan bilgilerden yararlanılarak karşılık gelen çıktı değerini tahmin etmesi özelliğinden yararlanılmıştır. Döküm kalitesinin iyileştirilmesi ve maliyetinin azaltılması için girdi olarak belirlenen döküm parametrelerine karşılık gelen sertlik değerleri yapay sinir ağına öğretilmiş ve aralarındaki ilişki net olarak ortaya konulamayan parametrelerin uygun seviyeleri belirlenmiştir. Tedarikçi kısıtından dolayı parametrelerden bazıları kontrol edilmezken istenen sertlik değeri için kontrol edilebilen diğer parametrelerin hangi seviyede olması gerektiği oluşturulan ağ sayesinde belirlenebilmektedir.

Yapılan deneylerde Çemaş Döküm A.Ş de bulunan ABB marka 3 ton/saat kapasiteli indüksiyon ocağı (Twin Power) ve ABB marka 6,5 ton kapasiteli otomatik döküm ocağı kullanılmıştır. Kimyasal yapının araştırılması için yine Çemaş Döküm A.Ş kimyasal analizi laboratuvarında bulunun spektrometre kullanılmıştır. Döküm sonucunda ortaya çıkan gri dökme demirin EMCO-TEST M5C,MEPRO, MINOR 69 -Rockwell, LEIPZIG .Brinell marka bilgisayar destekli sertlik ölçme cihazıyla ölçülmüştür.

5.1. YSA Modelinin Kurulması

Deneysel çalışmalarda pik parçanın dökümünden sonra istenen sertliğin elde edilmesi için gerekli olan parametreler Karunakar ve Datta (2008)'nin yaptığı çalışmalarda ve Çemaş döküm AŞ.'de çalışan uzmanlardan alınan bilgilerle belinmiştir. Bu parametreler dökümün kimyasal bileşenleri, ocak sıcaklığı, kalıp dolun süresi ve kalıp kumu bileşenleri olarak seçilmiştir. İstenilen sertlik için en iyi parametreyi bulma amacıyla firmadan 2009 yılından itibaren 1 yıl boyunca dökülen 102 parti dökümün döküm parametreleri ve döküm sonucunda çıkan parçanın sertliği veri olarak alınmıştır. Bu veriler yapay sinir ağının eğitimi ve testi için kullanılmıştır.

Literatürdeki çalışmalardan ve Çemaş Döküm AŞ. 'de çalışan uzmanlardan parametrelerin belirlenmesi için bilgiler toplanmıştır. Bu bilgilerin ışığında yapay sinir ağı yapısına girdi olarak dökümde kullanılan yüzde karbon, silisyum, mangan, fosfor, kükürt, krom, bakır miktarları, döküm sıcaklığı, döküm süresi ve kullanılan kalıp kumunun gaz geçirgenliği ile birlikte döküm sırasında kullanılan aşılama miktarı girdi parametresi olarak belirlenmiştir. Yapay sinir ağının çıktısı ise parçanın Brinell cinsinden sertlik değeridir.

Bu tez çalışmasında yapay sinir ağı kullanılmasının birçok nedeni vardır bunlardan başlıcaları :

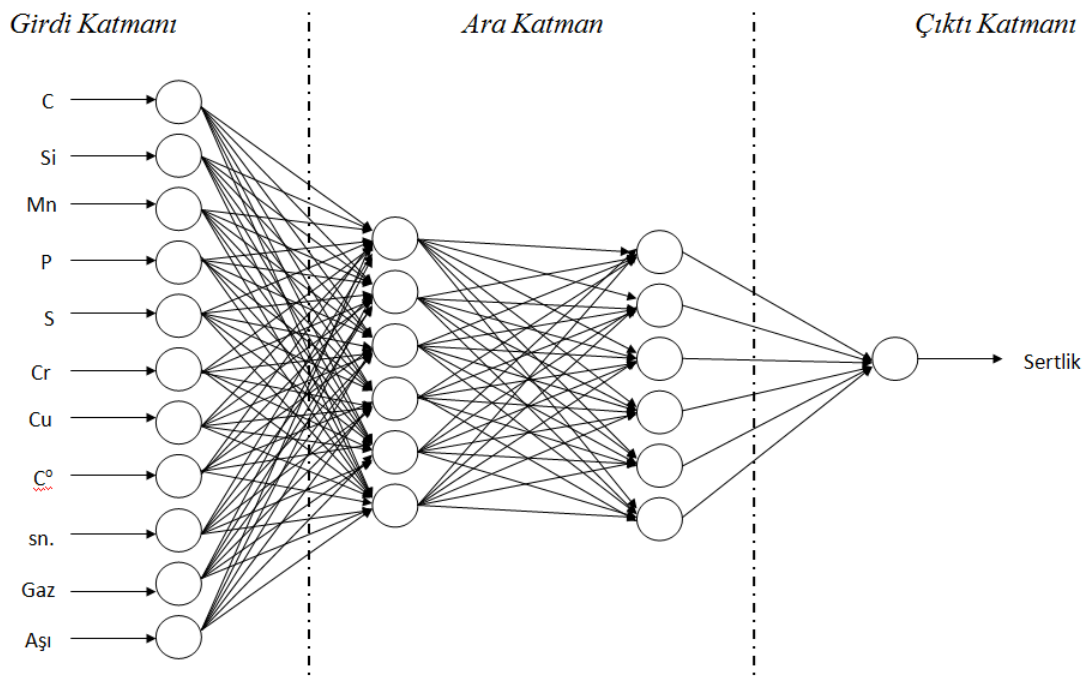
- Yapay sinir ağının matematiksel metotlarla modellenemeyen karmaşık problemleri rahatlıkla modelleyerek çözebilmesi,
- Yapay sinir ağlarının örnekler dışında her hangi bir ön bilgiye ihtiyaç duymaması. Modele uygun örneklerin yeterli olması,
- Yapay sinir ağlarının olaylar ve parametreler arasındaki ilişkiyi ve değişik faktörleri kullanıcı bilmese dahi örneklerden otomatik olarak öğrenmesi,
- Yapay sinir ağlarının uygulamalarının maliyet bakımından ucuz olması, zaman bakımından verimli olmasıdır.

Tez çalışması için hazırlanan yapay sinir ağında Geri yayımlı yapay sinir ağı (BPNN) kullanılmıştır. Yapay sinir ağlarında istenen ile hesaplanan ağ çıkışının birbirine ne kadar iyi uyup uymadığına karar vermek için ortalama hataların karesi (MSE) değeri kullanılır. Bu hata değeri dikkate alınarak çıkış katmanından giriş katmanına doğru bağlantıların ağırlıkları yeniden düzenlenir. MSE değeri öğrenmenin başlarında biraz büyük olabilir; fakat öğrenmede adım sayısı arttıkça MSE değeri azalacaktır. OKH değeri kabul edilebilir değer altına düşünceye kadar devam edilen bu öğrenme tekniğine “geri yayılım öğrenme tekniği” denir. (Barışçı 2005)

Liuji vd. (2007) yaptığı çalışmada geri yayımlı yapay sinir ağı algoritmasının hızlı algoritmalar olarak bilinen diğer algoritmalara göre daha yavaş olduğunu vurgulamışlardır. Araştırmacılar algoritmayı hızlandırmak için birkaç değişiklik sunmaktadırlar. Bunlardan bir tanesi sezgisel tekniklerin geliştirilmesi ve değişken

öğrenme oranlarıdır. Bir diğeri de standart sayısal optimizasyon tekniklerine odaklanmıştır bunlar Gradyan algoritması ve Levenberg-Marquardt algoritmasıdır.

Levenberg – Marquardt algoritmasının, Newton ve Gradyen Azalması algoritmalarının en iyi özelliklerinden oluştuğu ve kısıtlamalarını ortadan kaldırdığı düşünülmüştür (Bolat ve Kalenderli, 2003). Yine aynı çalışmada Bolat ve Kalenderli genel olarak Levenberg – Marquardt algoritması yavaş yakınsama probleminden etkilenmediğini ve hedef, performans fonksiyonunun en küçük yapacak ağırlık değerini bulduğunu bildirmiştir.



Şekil 5.1. Yapay Sinir Ağı Modeli

Bu tez çalışmasında kullanılan Geri yayımlı yapay sinir ağının modeli mimarisi yukarıdaki şekildeki gibi olup girdi katmanında 11 nöron dan 2 gizli katmanda toplam 9 nöron dan ve çıktı katmanında ise 1 nöron dan oluşmaktadır. Yapay sinir ağında bu mimarinin belirlemesinde önce birçok farklı mimaride deney yapılmıştır. Bu deneylerin sonucunda en yakın sonuçları veren mimari seçilmiştir.

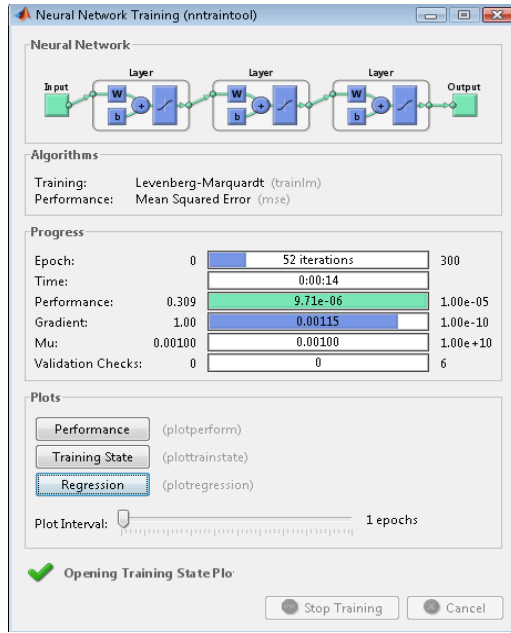
	Beklenen D.	187,8	189	200,6	189,8	191,4	193,4	203,6	195,6	198	203,4	Ortalama hata	Standart hata
	Mimari												
	11x1	192,7411	196,1773	200,8855	196,4677	197,1895	203,0898	196,8539	200,289	195,98	203,1688	4,823725519	5,652515072
Tek ara katmanlı	11x1x1	193,0875	193,0875	202,32	202,3191	193,0879	202,32	202,32	193,0875	193,0875	202,32	4,400702085	5,657015534
	11x2x1	192,3827	192,3827	210,3689	210,3689	210,3689	210,3689	192,3827	196,4066	193,6107	193,5998	10,04543577	12,00210443
	11x3x1	199,6128	199,6128	199,6128	199,6128	199,6128	199,6128	217,2	198,0354	217,2	199,0909	8,719552595	10,16653709
	11x4x1	204,1518	205,3911	205,4388	202,9817	189,0463	205,4388	187,9607	186,5021	193,0245	185,0492	11,32194786	12,54017964
	11x5x1	192,9386	197,8866	209,4952	202,7439	204,9449	209,6799	184,6002	192,842	187,7782	191,3454	10,97231945	11,91193
	11x6x1	182,9796	188,8024	210,6486	215,4326	196,4677	208,4461	205,2322	184,0142	186,0296	204,7246	8,732608795	11,46861
	11x9x1	217,1998	216,8602	182,6	182,6005	182,6	182,6346	183,1552	217,1899	186,773	203,3023	15,5384389	17,94401
	11x11x1	187,8727	189,7201	217,0316	210,6767	182,6215	217,1962	182,6	191,0001	203,0296	195,4047	10,93005315	13,78789
	11x22x1	213,2164	208,4851	182,605	182,7368	182,6018	182,6081	182,6005	183,6089	217,1947	214,2398	15,25747955	16,3216
İki ara katmanlı	11x1x1x1	192,9739	192,9739	192,9739	192,9739	192,9739	192,9739	192,9739	205,1334	192,9739	205,1334	4,886670668	5,878059
	11x2x2x1	195,8	195,8	195,8	195,8	195,8	195,8	193,6	195,8	195,8	195,8	5,239999887	5,975282
	11x3x3x1	198,5706	183,7144	198,8406	183,1926	198,5407	201,2967	194,5247	194,4439	183,4532	205,5328	6,637145242	7,771106
	11x4x4x1	182,6488	182,6015	182,6603	182,6	190,4721	217,2	187,5469	188,2527	217,199	217,2	11,78167971	13,70831
	11x5x5x1	186,9608	193,8981	188,1087	197,8575	197,848	184,6113	182,7761	183,6775	185,1505	182,6054	10,79131172	12,40069
	11x7x7x1	191,9438	200,2265	198,6357	199,5134	199,5282	197,8297	204,4392	214,8491	200,8572	186,2614	7,969008548	10,00115
	11x9x9x1	182,8108	182,7653	214,5756	217,1977	216,3716	217,1498	199,9175	199,4246	206,0063	183,1741	13,70578825	16,42781
	11x11x11x1	182,6854	190,8982	184,3283	208,4775	186,2372	212,9709	199,9487	184,8336	206,6615	185,8178	10,73571178	12,51582
Üç ara katmanlı	11x22x22x1	182,6606	182,6854	195,308	203,462	202,279	211,7195	182,6	194,6685	208,1621	184,5723	11,05275683	12,78481
	11x1x1x1x1	192,7625	199,1333	199,1333	192,7625	192,7625	199,1333	192,7625	192,7625	192,7625	199,1333	4,979999998	5,866043
	11x3x3x3x1	183,0413	183,0406	194,8637	194,9247	194,8913	182,6	183,0522	194,3967	193,5075	194,8388	7,067515252	8,736666
	11x6x6x6x1	182,9424	183,4871	217,2	217,2	217,2	217,2	217,1963	191,6921	188,9222	186,2521	14,77003453	16,99698
	11x11x11x11x1	208,4747	181,6034	186,0215	203,428	180,3957	208,7296	187,1338	180,5308	180,2566	180,7041	15,45864278	16,01452
	4 ara katmanlılar											>19	>20

Çizelge 5.1. Diğer Yapay Sınır Ağı Yapılarından Elde Edilen Sonuçlar

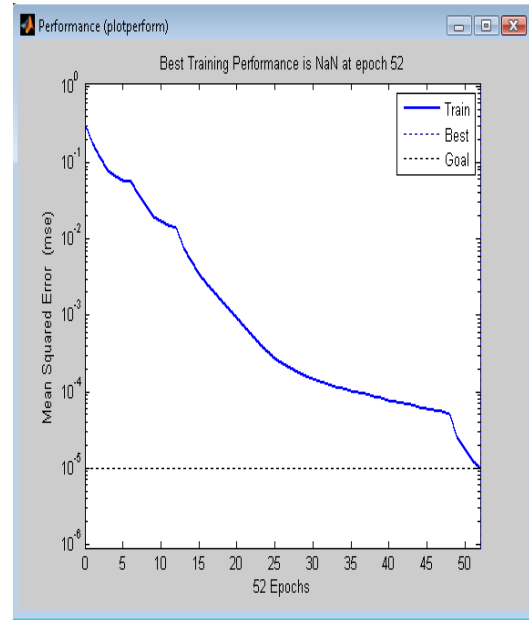
Kullanılan yapay sınır ağı mimarisi	11x6x6x1	184,9251	185,8723	205,21	195,5236	194,449	189,2449	204,3179	204,1431	205,4587	200,6805	4,297957328	4,849215
-------------------------------------	----------	----------	----------	--------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	-------------	----------

Yapay sinir ağının mimarisi seçilirken yapılan tm çalışmaların sonucunda en iyi mimari olarak 11 X 6 X 6 X 1 bulunmuştur.

Matlab programı ile modeli kurulan Yapay sinir ağı 52 iterasyonda istenilen performans değeri MSE (Ortalama hataların karesi) 10^{-5} olan hata değerine ulaşmıştır. Yapay sinir ağının eğitim verileri aşağıda Şekil 5.2. ve Şekil 5.3 te verilmiştir.



Şekil 5.2. Matlab Eğitim Ekranı



Şekil 5.3. Őđrenme Eğrisi

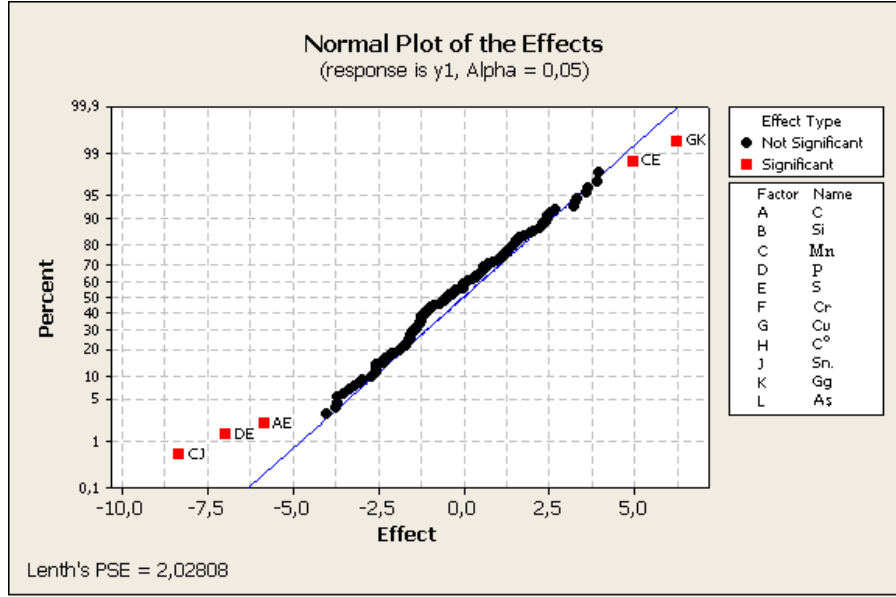
Eğitim sonunda Yapay sinir ağına daha önce hiç görmediği veri seti ile test yapılmıştır. Alınan sonuçların istenen değerler arasında olduğu grlmştur.

Eğitimi ve testi sonrasında istenilen değerleri veren yapay sinir ağına her bir parametre, diğer parametreler sabit tutularak arttırılıp azaltılmış ve çıktı sonucuna (sertliğe) etkisi llmştur.

Mimarisi hazırlanıp eğitimi yapılmış olan yapay sinir ağı benzetiminde her bir girdi parametresinin tek tek sertlik zerine etkisi grafiklerle gösterilmiştir. Yalnız çoğu parametre analizinde olduğu gibi bu analizde de parametrelerin birbiri arasında

etkileşimlerin olduğu görülmektedir. Etkileşimi olan parametrelerin bulunması ve en iyi hedef değere varılması için Yapay sinir ağı benzetiminden yararlanılarak Benzetim tasarımı yöntemi kullanılmıştır. Benzetim tasarımında kalite değişkeni 170-200 HB arasında en küçük en iyi türünden bir değişken olarak saplanmıştır.

Benzetim tasarımı yöntemi sonucunda aşağıdaki parametreler arasında ikili etkileşim bulunmuştur ve Şekil 5.4 te gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Benzetim Tasarımı Sonucunda Elde Edilen Etkileşim Tablosu

Bakır ve Aşılama

Mangan ve Döküm Süresi

Kükürt ve Fosfor

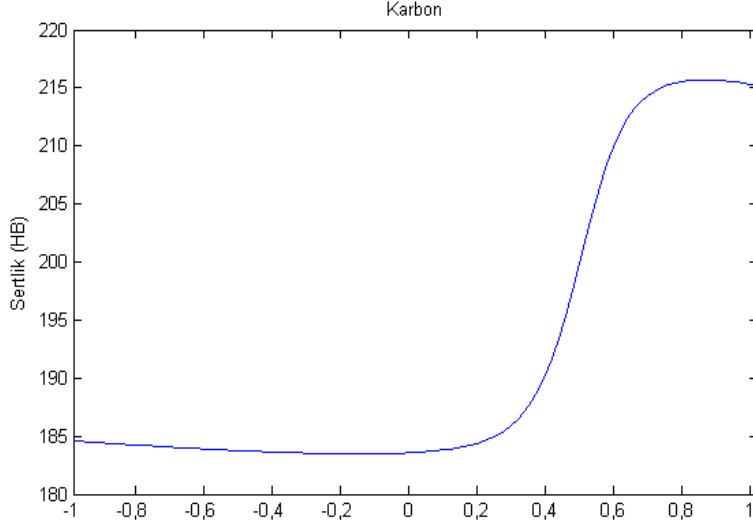
Karbon ve Kükürt

Mangan ve Kükürt

Benzetim tasarımı çalışmasının sonunda varyasyonun azaltılması hedeflenmiştir ve yapay sinir ağı simülasyonunda da bu durum onaylanmıştır.

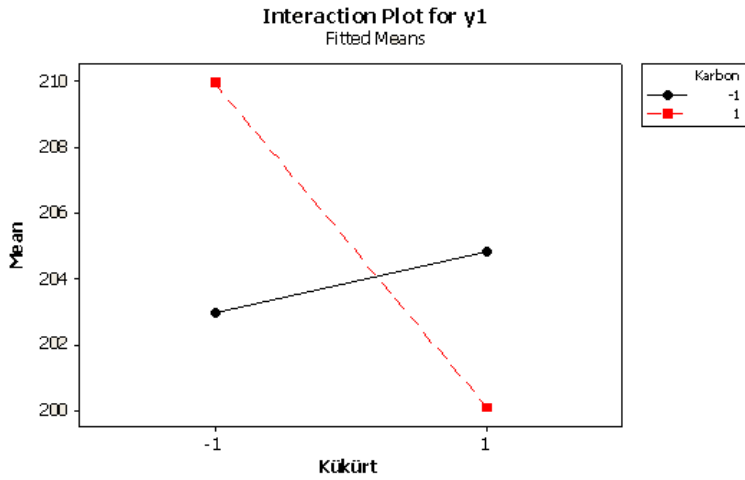
5.1.1. Yüzde Karbon Miktarının Etkisi

Dökme demirin erime sıcaklığını düşüren ve akıcılığını arttıran Karbonun sertlik üzerindeki etkisi çok fazladır. Burada Yapay sinir ağındaki girdi değişkenlerinde döküm bileşeninin içindeki yüzde karbon miktarı diğer on değişken sabit alınarak değiştirilmesi ile Yapay sinir ağından yeni sertlik örnekleri üretilmiştir.



Şekil 5.5. Karbon Miktarı Etkisi

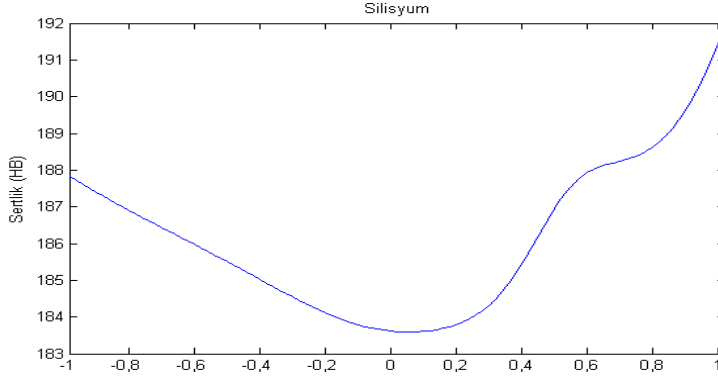
Şekil 5.5 te görüldüğü üzere karbonun yüzde miktarı arttıkça sertliği etkisi ortalamayı geçtikten sonra keskin bir şekilde artmaktadır. Karbonun sertlik üzerine tek başına etkisi yoktur kükürtle de etkileşim halindedir. Etkileşimi gösteren Şekil 5.6 aşağıdadır.



Şekil 5.6. Karbon Kükürt Etkileşimi

5.1.2. Yüzde Silisyum Miktarının Etkisi

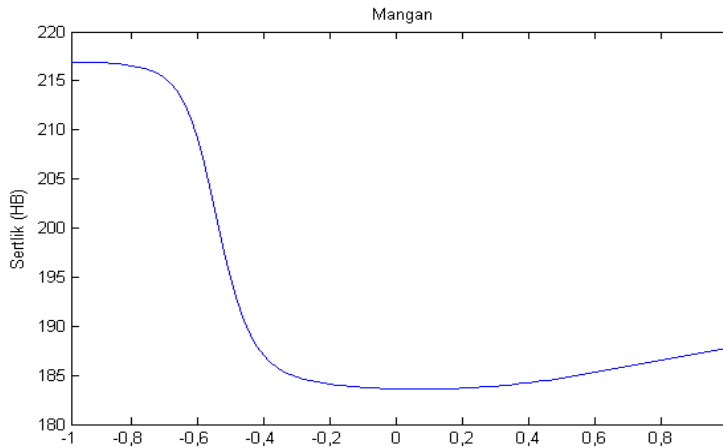
Dökme demirin katılaşmasında karbonun bileşik halden, grafit halinde ayrılmasına yardım eden silisyumun döküm bileşeninin içindeki yüzde silisyum miktarı diğer on değişken sabit alınarak değiştirilmesi ile Yapay sinir ağından yeni sertlik örnekleri üretilmiştir. Şekil 5.7 de Silisyum miktarının etkisi gösterilmiştir.



Şekil 5.7. Silisyum Miktarı Etkisi

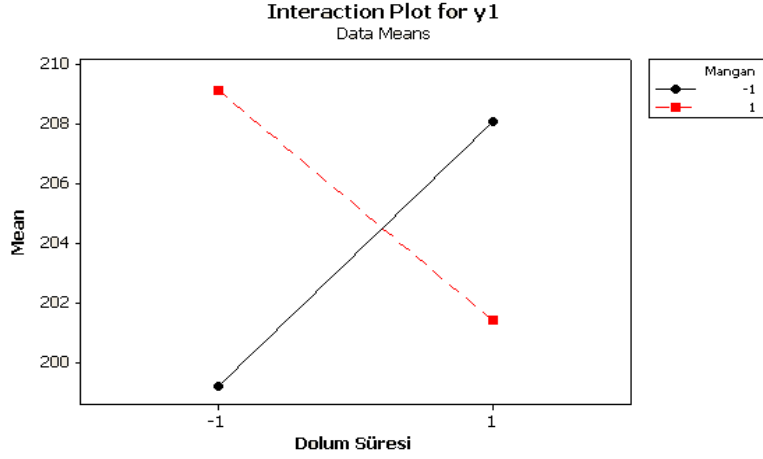
5.1.3. Yüzde Mangan Miktarının Etkisi

Manganın bileşimdeki karbonun, demirle bileşik halinde bulunmasına yardım ederek, dökme demirin sert ve kırılğan olmasına sebep olduğuna değinilmiştir. Dezoksidan özelliği olduğu, kükürt azaltıcı rol oynadığı ve demir karpiti stabil hale getirdiği vurgulanan manganın sertlik üzerine etkisi Şekil 5.8 de gösterilmiştir.

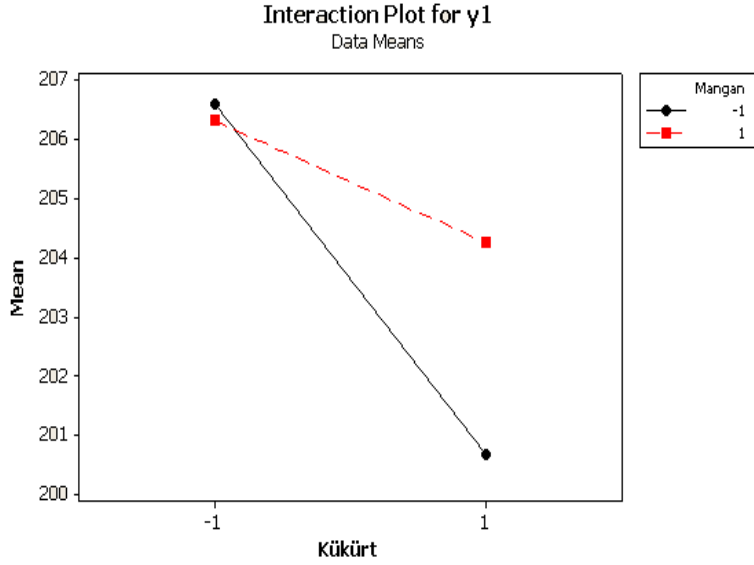


Şekil 5.8. Mangan Miktarı Etkisi

Grafikte görüldüğü üzere manganın sertlik üzerine etkisi çoktur. Yalnız manganın diğer parametrelerle de etkileşim içinde olduğu görülmüştür. Bu parametreler döküm süresi ve yüzde kükürt miktarıdır. Bu parametrelerle ikili etkileşimi Şekil 5.9 ve Şekil 5.10 da gösterilmiştir.



Şekil 5.9. Mangan Dolum Süresi Etkileşimi

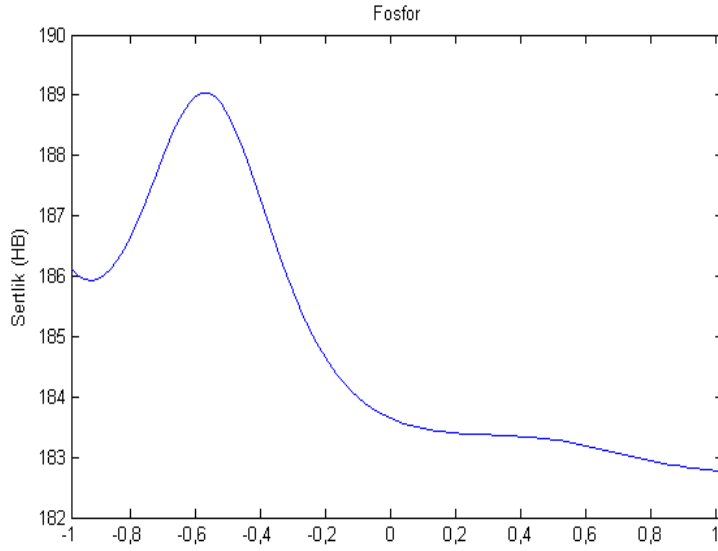


Şekil 5.10. Mangan Kükürt Etkileşimi

5.1.4. Yüzde Fosfor Miktarının Etkisi

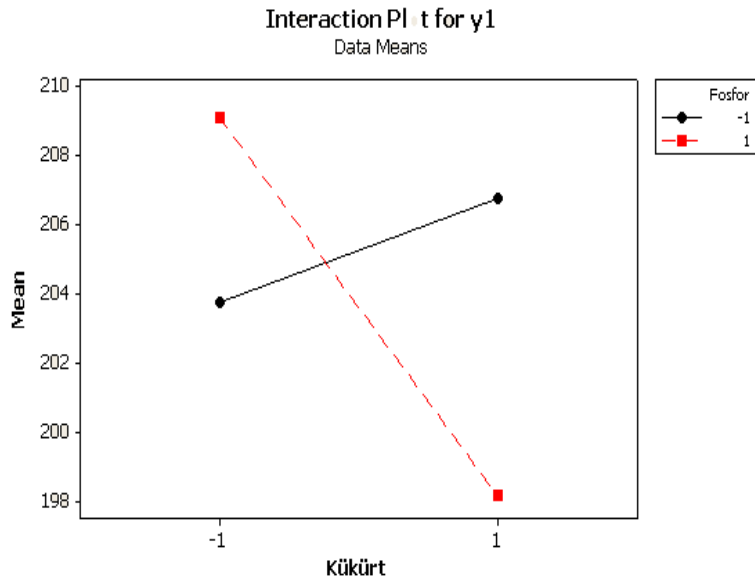
Döküm kabiliyetini arttıran ve mekanik ve fiziksel özelliklere de geniş ölçüde etki eden fosforun sertlik üzerine tek başına fazla gözlemlenmemektedir. Şekil 5.11

yüzde Fosfor miktarı diğer on değişken sabit alınarak değiştirilmesi ile Yapay sinir ağından yeni sertlik örnekleri üretilmiştir.



Şekil 5.11. Fosfor Miktarı Etkisi

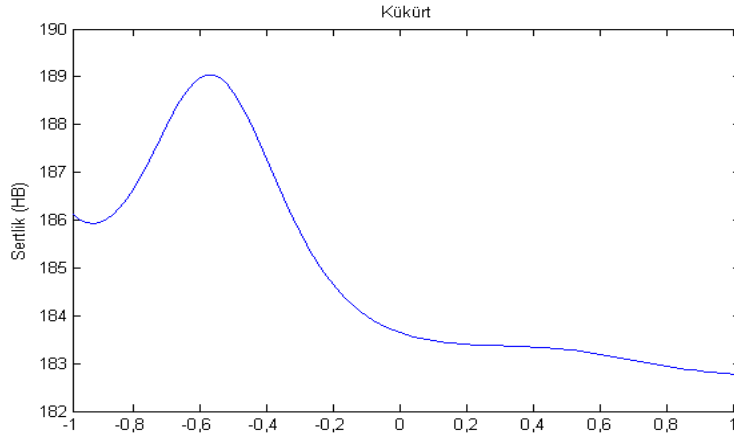
Mangan ve karbon gibi fosforunda kükürtle etkileşimi bulunmaktadır. Etkileşim Şekil 5.12’de gösterilmiştir.



Şekil 5.12. Fosfor Kükürt Etkileşimi

5.1.5. Yüzde Kükürt Miktarının Etkisi

Genellikle karbür oluşumuna yardım eden, grafit ayrışmasını frenleyen, mekanik özelliklere doğrudan kötü etki yaptığı bildirilen kükürdün sertlik üzerine tek başına bir etkisi görülmemiştir. Burada Yapay sinir ağındaki girdi değişkenlerinde döküm bileşeninin içindeki yüzde Kükürt miktarı diğer on değişken sabit alınarak değiştirilmesi ile Yapay sinir ağından yeni sertlik örnekleri üretilmiştir.

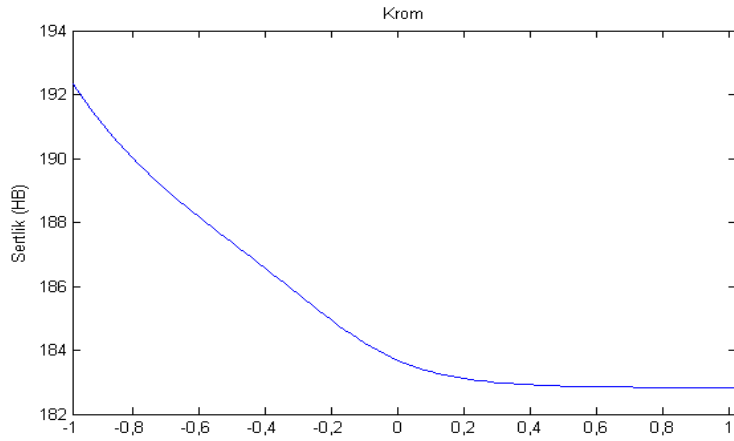


Şekil 5.13. Kükürt Miktarı Etkisi

Tek başına fazla etkisi görülmeyen kükürdün karbon, mangan ve fosforla ikili etkileşimlerde bulunduğunu grafiklerinde yardımıyla gözlemlenmiştir.

5.1.6. Yüzde Krom Miktarının Etkisi

Çekme dayanımını ve akma sınırı artıran kromun döküm bileşeninin içindeki yüzde Krom miktarı diğer on değişken sabit alınarak değiştirilmesi ile Yapay sinir ağından yeni sertlik örnekleri üzerine etkisi Şekil 5.14 de gösterilmiştir.

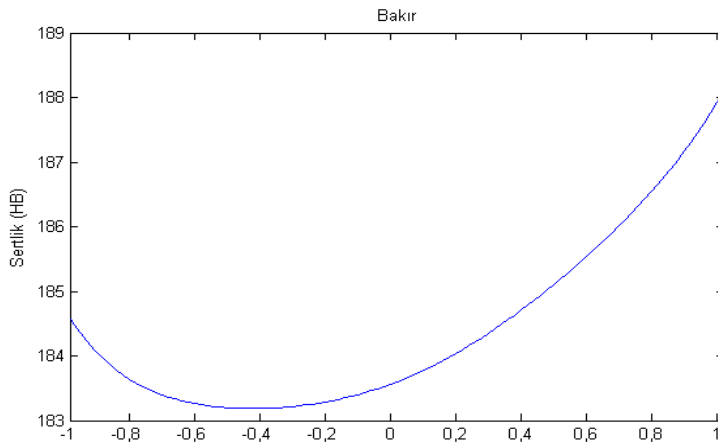


Şekil 5.14. Krom Miktarının Etkisi

Şekil 5.14’de görüldüğü üzere kromun sertlik üzerine etkisi düşük miktarda kullanılmadıktan sonra çok da etkili değildir.

5.1.7. Yüzde Bakır Miktarının Etkisi

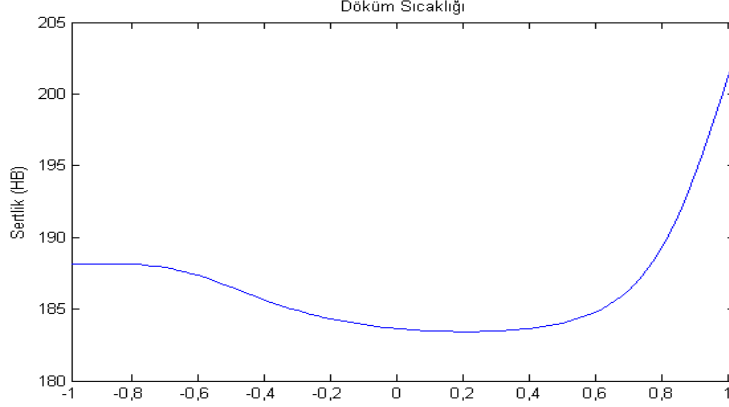
Şekil 5.15’de Yapay sinir ağındaki girdi değişkenlerinde döküm bileşeninin içindeki yüzde Bakır miktarı diğer on değişken sabit alınarak değiştirilmesi ile Yapay sinir ağından yeni sertlik örnekleri üretilmiştir.



Şekil 5.15. Bakır Miktarının Etkisi

5.1.8. Döküm Sıcaklığının Etkisi

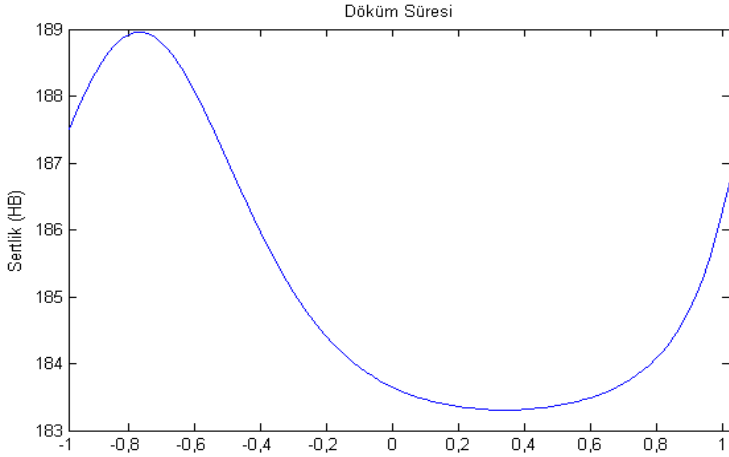
Burada Yapay sinir ağındaki girdi değişkenlerinde döküm prosesi parametresi olan Döküm sıcaklığı diğer on değişken sabit alınarak değiştirilmesi ile Yapay sinir ağından yeni sertlik örnekleri üretilmiştir.



Şekil 5.17. Döküm Sıcaklığı Etkisi

5.1.9. Dolu Süresinin Etkisi

Kalıba dolun süresi diğer on değişken sabit alınarak değiştirilmesi ile Yapay sinir ağından yeni sertlik örnekleri üretilmiştir ve Şekil 5.18 de gösterilmiştir.

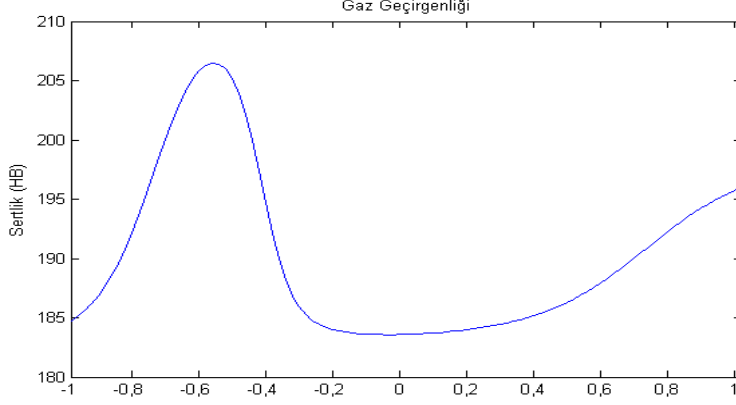


Şekil 5.18. Döküm Süresi Etkisi

Kum kalıba dolun süresinin manganla etkileşim halinde olduğu Şekil 5.9'da gösterilmiştir.

5.1.10. Gaz Geçirgenliğinin Etkisi

Bu kısımda kalıp kumu gaz geçirgenliğinin diğer on değişken sabit alınarak değiştirilmesi ile Yapay sinir ağından yeni sertlik örnekleri üretilmiştir ve grafik olarak gösterilmiştir.

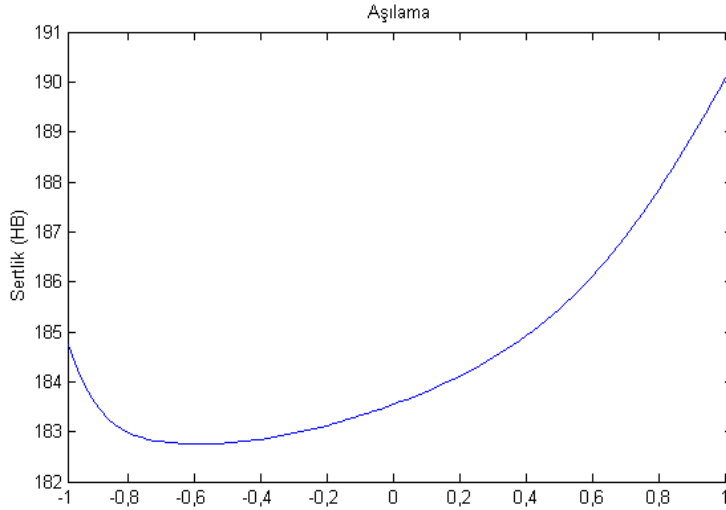


Şekil 5.19. Gaz Geçirgenliği Etkisi

Kalıp kumu gaz geçirgenliğinin tek başına sertliğe etkisi kuvvetli olmakla beraber bakırla ikili etkileşimi bulunmaktadır.

5.1.11. Aşılamanın Etkisi

Burada Yapay sinir ağındaki girdi değişkenlerinde döküm prosesi parametresi olan Aşılama miktarı diğer on değişken sabit alınarak değiştirilmesi ile Yapay sinir ağından yeni sertlik örnekleri üretilmiştir.



Şekil 5.20. Aşılamanın Etkisi

Aşılamanın sertlik üzerine etkisi fazla olamamakla beraber herhangi diğer parametrelerle de etkileşimi yoktur.

5.2. YSA Modeli ile Bir Uygulama

Yapay sinir ağı modeli diğer modellerle karşılaştırılıp en iyi mimari bulunduğundan sonra her bir parametrenin üzerine etkisi belirlenmiştir. Bu tez çalışmasının uygulama aşaması Yapay sinir ağı, Çemaş Döküm AŞ. de döküm prosesinde kullanılmıştır. Fabrika içinde sürekli devir daimi olan ve tüm hatlarda kullanılan kalıp kumun değerlerinin sürekli değişmesi ve tedarikçiden alınan hurdanın istenilen özellikte gelmemesinden dolayı kimyasal analizde ve kalıp kumu gaz geçirgenliğinde istenilen değerlere ulaşamamaktadır. Bu durumda dökümde istenilen sertliği yakalamak için kimyasal analiz ve kum gaz geçirgenliği değerleri yapay sinir ağına girdi olarak verilip kalan diğer parametrelerin seviyesi belirlenerek istenilen sertliğe ulaşmak için Yapay sinir ağı kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda elde edilen yapay sinir ağı ile döküm sırasında elde edilen ve aşağıda -1 ile 1 arasında normalize edilmiş değerleri

C: -0,346

Si:-0,256

Mn:-0,161

P: 0,84

S: -0,779

Cr:0,111

Cu: -0,538

Gaz Geçirgenliği: 0

olan kimyasal analiz sonucu ve gaz geçirgenliği testi sonucu bilinen kum değeri yapay sinir ağına girdi olarak verilmiştir. Parametrelerin sertlik üzerine tek tek etkileri ve birbirleri ile arasındaki etkileşimler göz önüne alınarak diğer 190 brinell sertlik için parametreler tahmin edilmeye çalışılmıştır. 190 brinell sertlik için döküm sıcaklığı, dolun süresi ve aşılama için şekil 5.17, şekil 5.18 ve şekil 5.20'den alınan en düşük değerler sırasıyla alınmıştır. Bu değerler sırasıyla -0,4 , -0,4 ve 0,6 dır.

Çizelge 5.2. Yapay Sinir Ağı Modeli Çıktısı (190 Brinell Sertlik için)

Kontrol Edilemeyen Parametreler								190 Brinell Sertlik için Bulunan Değerler		
C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Gaz G.	Sıcak.	Dol.Sr	Aşıla.
-0,346	-0,256	-0,161	0,84	-0,779	0,111	-0,538	0	-0,4	-0,4	0,6

Yapay sinir ağının analiz değerleri ile tahmin edilen bu parametrelere uygun döküm dökümde ortalama 192,3 Brinell sertlik bulunmuştur. Önceki dökümlerde ise sertliğin ortalaması 195,68 standart sapması 8,35 dir. Yapılan hipotez testinde;

%95 güven aralığına göre

H0: ortalama iyileşmiştir

H1: ortalama değişmemiştir

$$z = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n - 1}}}$$

Formülü ile hesaplandığında

Z = -2, 43 çıkmıştır. Kritik T değeri tablosundan elde edilen -2,47 değerinden küçük olduğundan H0 hipotezi kabul edilir. Yani yapay sinir ağı ile yapılan çalışma sonucunda bulunan değerlerle dökülen parçanın sertliklerinin ortalamasının iyileştiği görülmüştür.

5.3. Genetik Algoritma ile En İyi Parametrelerin Bulunması

Holland (1975) tarafından ortaya atılan GA kavramı, canlı nesilleri içindeki çeşitlilik, bu çeşitliliği yaratan mutasyon ve çaprazlama gibi genetik işlemleri konu almaktadır. GA, nesil özelliklerinin daha iyi bireyler oluşturabilmek amacıyla sonraki nesle aktarılması gibi temel süreçleri, bir gerçek hayat probleminin çözümünde kullanılmak üzere evrimsel çözüm yöntemlerine adapte edilmesidir. (Erdem 2007)

Goldberg (1989)'e göre Genetik algoritma, rassal arama teknikleri kullanarak çözüm bulmaya çalışan, parametre kodlama esasına dayanan bir arama tekniğidir. (Engin 2001) Genetik algoritmalar her zaman optimum olmasa da, optimuma yakın çözümler bulmaktadır.

Bu tez çalışmasında Yapay sinir ağında modellenen sistemin parametrelerinin en uygunun seçilmesinde genetik algoritma bir arama tekniği olarak kullanılmıştır. Genetik algoritmanın kodlanmasında Visual Basic programlama dili kullanılmıştır.

C: -0,346

Si:-0,256

Mn:-0,161

P: 0,84

S: -0,779

Cr.0,111

Cu: -0,538

Gaz Geçirgenliği: 0

Örneğinde 190 brinell sertlik için sisteme verilecek en iyi parametrelerin bulunmasında genetik algoritma ile sonuçlar aranmıştır ve şekil 5.21 de gösterilmiştir. 190 brinell in normalize edilmiş değeri- 0,572 dir.

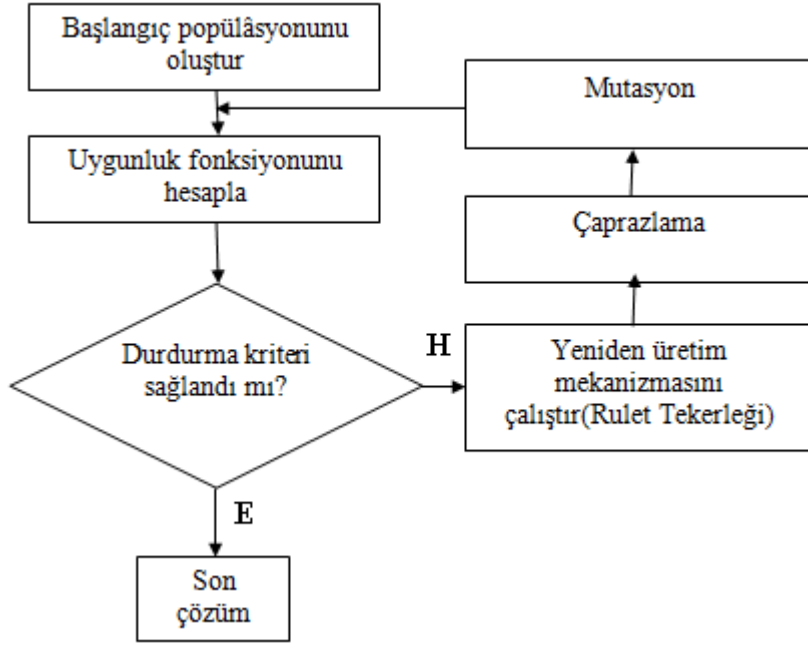
Çizelge 5.3. Genetik Algoritma Çıktısı (190 Brinell Sertlik için)

Kontrol Edilemeyen Parametreler								190 Brinell Sertlik için Bulunan Değerler		
C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Gaz G.	Sıcak.	Dol.Sr	Aşıla.
-0,346	-0,256	-0,161	0,84	-0,779	0,111	-0,538	0	0,411	0,06	0,159

```
C:\Users\Fatih\Desktop\ConsoleApplication2_son\ConsoleApplication2\bin\Debug\ConsoleApplication2.exe
10000
Stopping Criteria is provided by number of generation
Bulunan Sertlik
-0,571998810215414
Sıcaklık Değeri
0,411095023155212
Dolum Süresi
0,0668480396270752
Aşılama
0,159037232398987
-
```

Şekil 5.21. Genetik Algoritma Programı Ekran Çıktısı

Genetik algoritma ile yapılan parametre analizinde 190 brinell sertlik için 10000 jenerasyon sayısında istenilen değerleri bulmuştur. Şekil 5.22’ de programlanan genetik algoritmanın akış şeması verilmiştir.



Şekil 5.22. Genetik Algoritma Akış Şeması

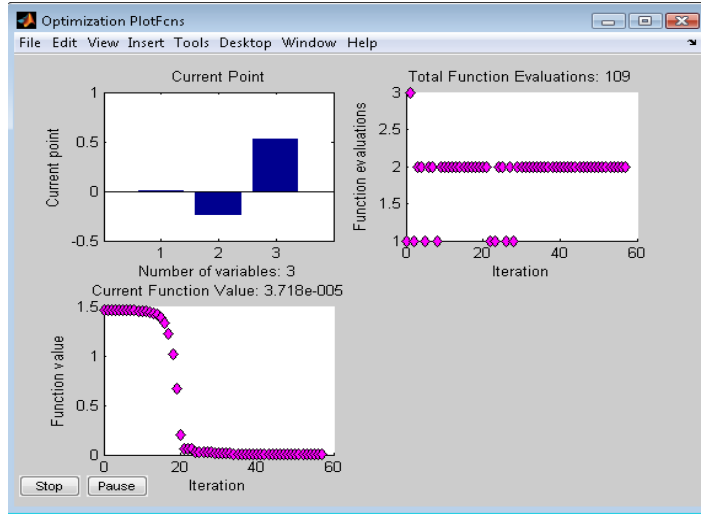
5.4. NelderMead Simpleks Metodu ile En İyi Parametrelerin Bulunması

Nelder ve Mead tarafından geliştirilen bu yöntemde birden fazla değişkenli fonksiyonların lokal minimumunu bulmak için kullanılır. Nelder Mead Simpleks metodunda iki değişken için yapı bir üçgen biçimini alır ve metot üçgenin kölelerindeki fonksiyon değerlerini karşılaştırarak arama yapar. Fonksiyon değerinin en büyük olduğu en kötü köşe reddedilir ve başka bir köşeye yer değiştirilir. Yeni üçgen biçimlendirilir ve tekrar arama devam eder. Köşelerdeki fonksiyon değerleri ve üçgenin alanı gittikçe küçülür. (Cura 2008)

Nelder Mead Simpleks metodu, Yapay sinir ağında modellenen sistemin parametrelerinin en uygunun seçilmesinde kullanılarak en iyi parametre bulunmaya çalışılmıştır. Nelder Mead Simpleks Metodu da Yapay sinir ağında olduğu gibi Matlab Optimization araç kutusu kullanılmış ve ekran çıktısı Şekil 5.22’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Nelder Mead Simpleks Metodu Çıktısı (190 Brinell Sertlik için)

Kontrol Edilemeyen Parametreler								190 Brinell Sertlik için Bulunan Değerler		
C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Gaz G.	Sıcak.	Dol.Sr	Aşıla.
-0,346	-0,256	-0,161	0,84	-0,779	0,111	-0,538	0	-0,009	-0,244	0,4816



Şekil 5.23. Nelder Mead Simpleks Metodu Ekran Çıktısı

5.5. Tabu Arama Algoritması ile En İyi Parametrelerin Bulunması

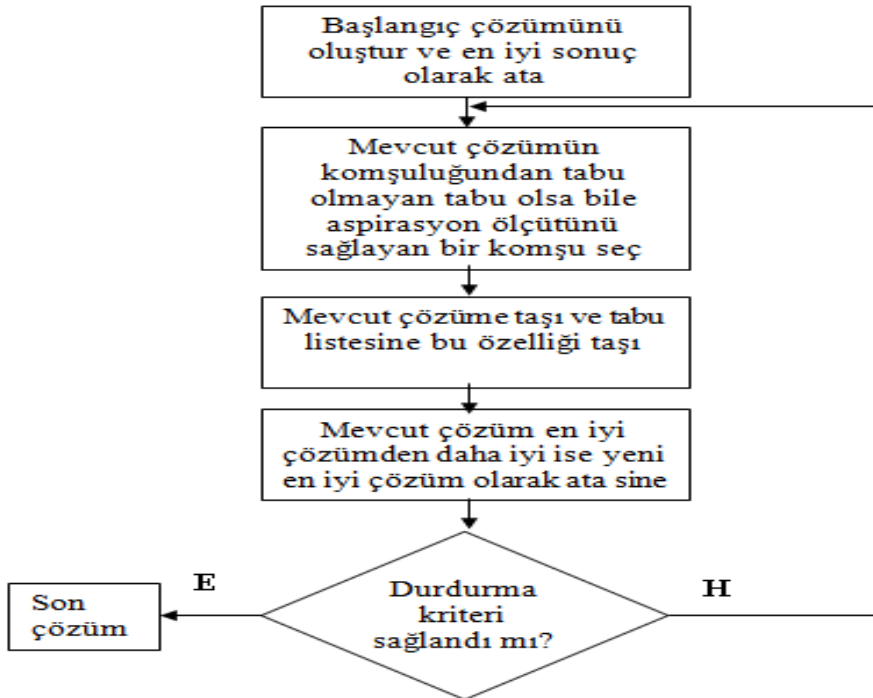
Tabu arama tekniği, daha önce incelenmiş belli sayıda çözümü, tabu listesi olarak adlandırılan bir listede tutarak (bir hafıza fonksiyonu oluşturarak) o çözümlere geri dönmeyi bir müddet yasaklayan ve böylece aramayı çözüm uzayının daha iyi noktalarına yönlendiren bir arama prosedürüdür. (Geyik ve Cedimoğlu 2001) Tabu arama metodu, hafızasında tuttuğu bilgilerle araştırma işlemine yön verdiği için, akıllı bir metodudur. Aspirasyon ölçütü, eğer bir taşıma o ana kadar elde edilen en iyi çözüm değerinden daha iyi bir çözüm üretirse o taşımaya izin verilmesidir. Tabu arama, geçmişte karşılaştığı durumları aklında tutar ve stratejik seçimler yaparak ilerler. Şekil 5.25' de programlanan Tabu arama algoritmanın akış şeması verilmiştir.

Çizelge 5.4. Tabu Arama Algoritması Çıktısı (190 Brinell Sertlik için)

Kontrol Edilemeyen Parametreler								190 Brinell Sertlik için Bulunan Değerler		
C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Gaz G.	Sıcak.	Dol.Sr	Aşıla.
-0,346	-0,256	-0,161	0,84	-0,779	0,111	-0,538	0	0,0619	0,1235	0,0263

```
C:\Users\Fatih\Desktop\TabuSearch\TabuSearch\bin\Debug\TabuSearch.exe
istenen sertlikle bulunan sertlik farkı
7,52813468785085E-07
0,0618842550095482
0,123550983844107
0,0263910941554992
```

Şekil 5.24. Tabu Arama Programı Ekran Çıktısı



Şekil 5.25. Tabu Arama Akış Şeması

6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRİLME

Bu tez çalışmasında bir pik döküm parça için girdi parametreleri belirlenmiş, bu parametrelerle bir yıl içinde yapmış tüm dökümler örnek olarak alınmıştır. Örnek parametreler ve bu örneklere karşılık gelen sertlik değerleri 11 X 3 X 6 X 1 mimari yapıya sahip geri yayımlı yapay sinir ağına eğitim ve test verisi olarak girilerek eğitimi sağlanmıştır.

Eğitimin sonundan her bir parametrenin sertlik üzerindeki etkisinin belirlenmesi için diğer parametreler sabit tutularak o parametrenin değeri minimumdan maksimum seviyeye çıkarılmış ve sertlik üzerine etkisinin sonuçları grafikler şeklinde verilmiştir. Bununla birlikte Benzetim tasarımı kullanılarak parametreler arasındaki etkileşimler de bulunmuştur.

Çalışmanın sonucunda görülmüştür ki döküm sıcaklığına en çok etkisi olan parametreler kimyasal bileşimlerden olan Karbon ve Mangandır. Döküm parçanın sertliğine Karbon ve Mangandan daha az etki eden parametreler ise etki sırasına göre Döküm Sıcaklığı, Gaz geçirgenliği, Silisyum ve Kromdur. Aşılama, Fosfor, Kükürt, Bakır ve Döküm dolum süresi de sertlik üzerine daha az etki eden parametrelerdir.

Yapılan benzetim tasarımında görülmüştür ki parametreler sadece tek başına sertlik üzerinde etki yapmamakta bununla birlikte diğer parametrelerin etkisini de azaltıp arttırma gibi etkilerde yapmaktadır. En çok etkileşim içinde bulunan parametrenin kükürt olduğu görülmüştür. Yüzde kükürt miktarı yüzde fosfor miktarı, yüzde karbon miktarı ve yüzde mangan miktarı ile etkileşimde olduğu görülmüştür. Bununla birlikte yüzde bakır miktarının aşılama miktarı ile etkileşimde olduğu ve yine yüzde mangan mikalarının döküm süresiyle etkileşim içinde olduğu görülmüştür.

Çalışmanın son bölümünde en iyi parametrelerin bulunması amacıyla kullanılan metot ve algoritmalar değerlendirildiğinde en iyi sonucu genetik algoritmanın verdiği görülmüştür. Nelder-mead simpleks metodunda ve tabu arama algoritmasının yapısından kaynaklanan başlangıç değerleri alma özellikleri çözümün optimuma yaklaşmadan lokal minimuma takılmasına neden olmaktadır.

7. KAYNAKLAR

- Aran A. Metal Döküm Teknolojisi. Birsen Yayınevi, İstanbul 1999
- A. Ülker, Kum Kalıba Dökümde Farklı Yolluk, Besleyici Tasarım Yöntemlerinin Kıyaslanması. Yüksek Lisans Tezi. Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 2006
- Bayrak B. K., Sinir Hücrelerinde İletim ve Bunun Öğrenme Sürecine Etkisi. Selçuk Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi, Sayı: 25, Sayfa 101 - 113, 2008
- B. Eren, Yapay Sinir Ağları İle Membran Proses Verimine Etki Eden Parametrelerin Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2006
- Bolat, S., Kalenderli, Ö., Levenberg-Marquardt Algoritması Kullanılan Yapay Sinir Ağı İle Elektrot Biçim Optimizasyonu, International XII. Turkish Symposium on Artificial Intelligence and Neural Networks – TAINN,Çanakkale, 2003
- C. Sağlam, Yüksek Kromlu Beyaz Dökme Demirlerin Aşınma Direncine Alaşım Elementleri İlavesinin Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2009.
- E Koç, Alaşım Elementlerinin Magnezyum Döküm Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Karabük Üniversitesi, Karabük, 2008
- Elmas Ç., Yapay Zeka Uygulamaları. Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2007
- Cura T., Doğrusal Olmayan Küresel Optimizasyon Problemleri İçin Tabu Arama Algoritmasının Kullanılması. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi Cilt:37, Sayı:1 , 22-38, 2008

- Erdem S. YSA ve GA Temelli Yeni Bir Algoritma İle Doğrusal Olmayan Optimizasyon. Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, Cilt 8, Sayı 2, 219-231,2007
- Ersöz S., Yaman N., Birgören B., Müşteri İlişkileri Yönetiminde Verilerin Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi Ve Analizi. Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 23, No 4, 759-767, 2008
- Ersümer A., Şen Y., Genel Döküm. Ofset Matbaacılık, İstanbul, 1972
- Ersümer A., Demir Dökümü. Birsen Kitapevi, İstanbul, 1981
- G. Seçme, Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2006
- Geyik F., Cedimoğlu İ. H., Atölye Tipi Çizelgelemede Komşuluk Yapılarının Tabu Arama Tekniği İle Karşılaştırılması, Politeknik Dergisi, Cilt: 4 Sayı: 1 S. 95-103, 2001
- Karunakar, B.D. ve Datta, G. L., Prevention Of Defects In Castings Using Back Propagation Neural Networks, International Journal of Advanced Manufacturing Technology 39:1111–1124, DOI 10.1007/S00170-007-1289-0, 2008
- Liuji, X., Jiandong, X., Shizhong, W., Tao P., Yongzhen, Z. ve Rui L., Artificial Neural Network Prediction Of Heat-Treatment Hardness And Abrasive Wear Resistance Of High-Vanadium High-Speed Steel (HVHSS), Journal of Material Science ,42:2565–2573 DOI 10.1007/s10853-006-1278-y, 2007
- M. Düğenci, Arı Algoritması'nın Yapay Sinir Ağı Öğrenmesi İçin Kullanımı ve Atıksu Arıtma Tesis Kontrolü Uygulaması. Doktora Tezi. Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2007

- M. İpek, Dinamik Atölye Çizelgelemede Yapay Sinir Ağı ile Teslim Tarihi Belirlenmesi. Doktora Tezi. Sakarya Üniversitesi, Sakarya 2007
- MEGEP, Döküm Hataları, Meslekî Eğitim Ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi Modülü. Ankara, 2006
- N. Akar, Katılma Sırasında Döküm-Kalıp Ara Yüzeyinde Isı Transfer Katsayısının İncelenmesi. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara, 2006
- N. Barışçı, Kardiyak Doppler İşaretlerinin Yapay Sinir Ağı ve Nefclass İle Sınıflandırılması, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2005
- O. B. Aslan, Basınçlı Dökümde Kaliteyi Etkileyen Faktörlerin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2007
- O Engin, Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritma ile Çözüm Performansının Arttırılmasında Parametre Optimizasyonu. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2001
- O. N. Çelik, Küresel Grafitli Dökme Demirlerde Cu, Ni, Mo Alaşım Elementlerinin Ostemperleme Sonucu Beynit Oluşumuna Etkisinin İncelenmesi ve Sinirsel Ağ Modeli ile Değerlendirilmesi. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara, 1996
- Ö. Cevher, Dökme Demirlerde Sert Faz Oluşumunun Önlenmesi ve Giderilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2006
- Ö. Göksu, Sıvı Demir Eldesinde Yüksek Fırınlarda Kullanılan Refrakter Malzemelerden Döküm Deliği Çamurunun Fiziksel ve Kimyasal Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, 2006
- Öztemel E., Yapay Sinir Ağları. Papatya Yayıncılık, İstanbul, 2003

- R Kuş, Düşük Karbonlu Çelik Tel Takviyeli Kır Dökmedemir Kompozitlerin Mekanik Özelliklerinin Araştırılması. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi, Konya, 2007.
- Russel S. J., Norving P., Artificial Intelligence A Modern Approach. Pearson Education International. New Jersey, 2003
- S Özel, Çok Değişkenli Kalite Kontrolün Döküm Sanayinde Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale 2005
- Sarıoğlu Ş., Beşdok E., Erler M., Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları -1 Yapay Sinir Ağları. Ufuk Yayıncılık, Kayseri, 2003
- Şen Z., Yapay Sinir Ağları İlkeleri. Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 2004
- Tambaş T., Özgen S., Seydişehir Alüminasının Slip Döküm Parametrelerinin Belirlenmesi. İtüdergisi/D Mühendislik 6/2, 83-94, 2007
- Ü. Kavaklı, Konya Bölgesinde Döküm Sanayinin Durumu Ve Tarım Makinelerinde Kullanılan Döküm Parçaların Standartlara Uygunluğunun Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Konya,2006

