

**İMALAT UNSURLARININ BİLGİSAYARLA BÜTÜNLEŞİK
YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİYLE TANINMASI**

Özgür GÜNGÖR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NİSAN 2013
ANKARA**

Özgür GÜNGÖR tarafından hazırlanan İMALAT UNSURLARININ BİLGİSAYARLA BÜTÜNLEŞİK YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİYLE TANINMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylıyorum.

Yrd.Doç.Dr. Hakan DİLİPAK

Tez Danışmanı, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç.Dr. Hüdayim BAŞAK

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd.Doç.Dr. Hakan DİLİPAK

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Doç.Dr. Hakan ATEŞ

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Tez Savunma Tarihi 24/04/2013

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

Prof.Dr. Şeref SAĞIROĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

Özgür GÜNGÖR

**İMALAT UNSURLARININ BİLGİSAYARLA BÜTÜNLEŞİK YAPAY SİNİR
AĞLARI YÖNTEMİYLE TANINMASI
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

Özgür GÜNGÖR

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Nisan 2013**

ÖZET

Bu çalışmada, Yapay Sinir Ağları yöntemi kullanılarak on adet standard imalat unsurunu (kanal, profil çıkıntı, cep, silindirik delik, silindirik çıkıntı, basamak, köşe, kör delik, profil delik, kör kanal) tanıyan bir sistem geliştirilmiştir. Bunun için ilk olarak Delphi 7.0 programla dili ile bir ara yüz oluşturulmuştur. Bu ara yüz kullanılarak CAD programı ile oluşturulan ürüne ait STEP dosya yapısı otomatik olarak alınmıştır. STEP dosyasının bu ara yüz ile analiz edilmesi suretiyle yapay sinir ağları için gerekli girdi vektörleri üretilmiştir. Üretilen bu girdi vektörleri EasyNN-plus yapay sinir ağı paket programına aktarılmıştır. Bu verilerle yapay sinir ağının eğitimi sağlanmış ve unsurların tanınmasını sağlayacak optimal yapay sinir ağı modeli geliştirilmiştir. Optimal yapay sinir ağı modeline ait bilgiler daha önce geliştirilen ara yüze aktarılmıştır. Böylece program güncellenmiştir. Güncellenen bu program aracılığıyla otomatik olarak üretilen girdi vektörleri, programda işlenmiş ve ürün üzerindeki imalat unsurunun önceden tanımlı unsurlardan hangisi olduğu saptanmıştır. Son olarak, geliştirilen modelin doğruluğunu test etmek için önceden ayrılmış olan ürünlere ait STEP dosyaları kullanılmıştır. Test için ayrılan ürünler üzerindeki imalat unsurlarının %80 üzerinde bir değerle doğru tahmin edildiği saptanmıştır. Sonuç olarak bu çalışma, tasarım ve imalatın otomasyonunu sağlamak açısından bir basamak teşkil etmiştir.

Bilim Kodu : 708 / 3.028
Anahtar Kelimeler : Step veri yapısı, yapay sinir ağları, unsur tanıma.
Sayfa Adedi : 135
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Hakan DİLİPAK

**RECOGNITION OF THE MANUFACTURING FEATURES WITH
COMPUTER INTEGRATED METHOD OF ARTIFICIAL NEURAL
NETWORKS**

(M. Sc. Thesis)

Özgür GÜNGÖR

GAZİ UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

April 2013

ABSTRACT

In this study, A system, recognizing 10 standard manufacturing features (slot, profile protrusion, pocket, cylindrical hole, boss, step, corner, blind hole, profile hole, blind slot), was developed by using Artificial Neural Networks (ANN) method. For this purpose, firstly, an interface was developed by Delphi 7.0 programming language. STEP file structure of product created with CAD software was automatically taken by using this interface. Through this interface, Input vectors required for Artificial Neural Networks were produced by analyzing STEP file structure. The input vectors were transferred to EasyNN-plus artificial neural networks package software. Artificial Neural Network was trained by using the input vectors and optimal artificial neural network model to able to maintain identification of manufacturing features was developed. Information of optimal artificial neural network model were presented to previously developed interface. Thus, the program was updated. The Input vectors, automatically produced by updated program, were processed and which predefined manufacturing features on the product was found to be. Finally, to test accuracy of the developed model, STEP files of product reserved were used. Manufacturing features on the product, allocated to test, were predicted correctly with a value over %80. As a result, this study

constituted a step in order to ensure automation of design and manufacturing.

Science Code : 708 / 3.028

Key Words : Step data structure, artificial neural networks, feature recognition.

Page Number : 135

Advisor : Assist. Prof. Hakan DİLİPAK

TEŞEKKÜR

Tez alıŐma s¼reci boyunca, tezin t¼m aŐamalarında değerli bilgilerini benimle paylaşan ve benim için çok zaman ayıran değerli danışman hocam Yrd.Doç.Dr. Hakan DİLİPAK' a çok teŐekk¼r ediyorum ve saygılarımı sunuyorum.

Ayrıca akademik çalıŐmam boyunca her t¼rl¼ yardımı benden esirgemeyen sırasıyla eŐim Aysel G¼NGÖR, annem G¼leser G¼NGÖR, kayınvalidem Karanfil AKALIN' a çok teŐekk¼r ediyorum ve bu çalıŐmamı kızım Ela G¼NGÖR' e hediye ediyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	4
3. UNSUR KAVRAMI.....	22
3.1. Unsur Tanımı.....	22
3.2. Unsur Tanıma ve Çıkarma.....	23
3.3. Unsur Tanıma Teknikleri.....	24
3.3.1. Çizgi tabanlı teknikler.....	24
3.3.2. Dış bükey kabuk ayrıştırma tekniği.....	26
3.3.3. Kural tabanlı teknikler.....	27
3.3.4. STEP tabanlı teknikler.....	29
3.3.5. Yapay zeka tabanlı teknikler.....	29
4. YAPAY SİNİR AĞLARI.....	31
4.1. Yapay Sinir Ağlarının Tanımı.....	31
4.2. Yapay Sinir Ağlarının Tarihçesi.....	33
4.3. Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları.....	34

Sayfa

4.4. Yapay Sinir Ağlarının Üstünlükleri.....	35
4.5. Nöronun Biyolojik Yapısı ve Nöron Modeli.....	38
4.6. Yapay Sinir Hücresi.....	39
4.6.1. Girdiler.....	40
4.6.2. Ağırlıklar.....	40
4.6.3. Birleştirme fonksiyonu.....	40
4.6.4. Aktivasyon fonksiyonu.....	41
4.7. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı.....	44
4.7.1. Girdi katmanı.....	45
4.7.2. Gizli katman.....	45
4.7.3. Çıktı katmanı.....	46
4.8. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması.....	46
4.8.1. Yapılarına göre yapay sinir ağları.....	46
4.8.2. Öğrenme algoritmalarına göre yapay sinir ağları.....	47
4.8.3. Yapay sinir ağlarının öğrenme yöntemlerine göre sınıflandırılması....	51
4.9. Yapay Sinir Ağları Öğrenme Kuralları.....	53
4.9.1. Hebb kuralı.....	53
4.9.2. Hopfield kuralı.....	54
4.9.3. Delta kuralı.....	56
4.9.4. Kohonen kuralı.....	57
4.10. Bir Yapay Sinir Ağının Tasarımı.....	58
4.10.1. Yapay sinir ağlarında ağ yapısının seçimi.....	59
4.10.2. Öğrenme algoritmasının seçimi.....	60

	Sayfa
4.10.3. Gizli katman sayısını belirleme.....	61
4.10.4. Gizli katman nöron sayısının belirlenmesi.....	61
4.10.5. Normalizasyon.....	62
4.10.6. Performans fonksiyonun seçimi.....	62
5. STEP VERİ DÖNÜŞÜM FORMATI.....	64
5.1. STEP Metodolojisi.....	64
5.2. STEP' te Üç Boyutlu Parçayı Tanımlamak İçin Temsil Edilen Öğeler.....	66
5.2.1. Kapalı kabuk temsili.....	66
5.2.2. Yüz temsili.....	67
6. YÜZ DEĞER VEKTÖRÜ.....	68
6.1. Yüz Değeri Hesaplama Metodu.....	68
6.2. Yüz Değer Vektörü Oluşturma.....	69
7. GELİŞTİRİLEN SİSTEM MODELİ	70
7.1. Unsurlara Ait Yüz Değer Vektörlerinin Hesaplanması.....	71
7.1.1. Standard unsurların yüz değer vektörlerinin hesaplanması.....	72
7.1.2. Standard dışı unsurların yüz değer vektörlerinin hesaplanması.....	80
7.2. Yapay Sinir Ağı Modelinin Geliştirilmesi.....	80
7.2.1. Yapay sinir ağı programının seçilmesi.....	81
7.2.2. Ağın girdi ve çıktı vektörlerinin belirlenmesi.....	82
7.2.3. Girdi ve çıktı değerlerinin normalize edilmesi.....	83
7.2.4. Ağ gizli katman sayısının ve nöron sayılarının belirlenmesi.....	86
7.2.5. Ağın eğitimi, öğrenme oranı ve momentumun hesaplanması.....	89
7.3. Geliştirilen Yazılımın Özellikleri ve Algoritması.....	91

Sayfa

7.3.1. Program ara yüzü.....	93
7.3.2. Geliştirilen model ile elde edilen genel sonuçlar	94
7.3.3. Modelin yazılım programında test verileri ile doğrulanması ve sonuçların değerlendirilmesi.....	96
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	98
KAYNAKLAR.....	101
EKLER.....	106
EK-1 Standard dışı unsur örnekleri.....	107
EK-2 Standard dışı unsurlara ait yüz değer vektörleri.....	111
EK-3 Girdi vektörleri.....	114
EK-4 Girdi ve çıktı vektörleri normalize değerler.....	117
EK-5 Eğitim ve test seti verileri.....	122
EK-6 YSA gerçek ve tahmin değerleri.....	127
ÖZGEÇMİŞ.....	135

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Örnek işlem planlama girdileri	5
Çizelge 4.1. Bilgisayar ile insan beyni arasındaki çalışma sistem yapısı.....	33
Çizelge 4.2. Ağ türleri ve başarılı oldukları alanlar.....	59
Çizelge 4.3. Öğrenme algoritmaları ve uygulandıkları alanlar.....	60
Çizelge 7.1. Çalışma kapsamında kullanılan unsurlar.....	70
Çizelge 7.2. Standard-Kör kanal unsur modeli ve yüz-kenar ilişkisine ait çizim.....	72
Çizelge 7.3. Standard-Kör kanal unsuruna ait köşe değerleri hesabı.....	74
Çizelge 7.4. Standard-Kör kanal unsuruna ait yüz değerleri hesabı	75
Çizelge 7.5. Standard-Kör kanal unsuruna ait yüz değer vektörü.....	75
Çizelge 7.6. Standard-Kanal unsur modeli ve unsur-yüz-kenar ilişkisine ait çizim...76	76
Çizelge 7.7. Standard-Kanal unsuruna ait yüz değer vektörü	76
Çizelge 7.8. Standard-Profil çıkıntı unsur modeli ve unsur-yüz-kenar ilişkisine ait çizim.....	76
Çizelge 7.9. Standard-Profil çıkıntı unsuruna ait yüz değer vektörü.....	76
Çizelge 7.10. Standard-Cep unsur modeli ve unsur-yüz-kenar ilişkisine ait çizim...77	77
Çizelge 7.11. Standard-Cep unsuruna ait yüz değer vektörü.....	77
Çizelge 7.12. Standard-Silindirik delik unsur modeli ve unsur-yüz-kenar ilişkisine ait çizim.....	77
Çizelge 7.13. Standard-Silindirik delik unsuruna ait yüz değer vektörü.....	77
Çizelge 7.14. Standard-Silindirik çıkıntı unsur modeli ve unsur-yüz-kenar ilişkisine ait çizim.....	78
Çizelge 7.15. Standard-Silindirik çıkıntı unsuruna ait yüz değer vektörü.....	78

Çizelge	Sayfa
Çizelge 7.16. Standard-Basamak unsur modeli ve unsur-yüz-kenar ilişkisine ait çizim.....	78
Çizelge 7.17. Standard-Basamak unsuruna ait yüz değer vektörü.....	78
Çizelge 7.18. Standard-Köşe unsur modeli ve unsur-yüz-kenar ilişkisine ait çizim..	79
Çizelge 7.19. Standard-Köşe unsuruna ait yüz değer vektörü.....	79
Çizelge 7.20. Standard-Kör delik unsur modeli ve unsur-yüz-kenar ilişkisine ait çizim.....	79
Çizelge 7.21. Standard-Kör delik unsuruna ait yüz değer vektörü.....	79
Çizelge 7.22. Standard-Profil delik unsur modeli ve unsur-yüz-kenar ilişkisine ait çizim.....	80
Çizelge 7.23. Standard-Profil delik unsuruna ait yüz değer vektörü.....	80
Çizelge 7.24. Unsurlara ait çıktı vektörleri	82
Çizelge 7.25. Girdi vektörlerine ait sütunların maksimum ve minimum değerleri ...	83
Çizelge 7.26. Çıktı vektörlerine ait sütunların maksimum ve minimum değerleri ...	84
Çizelge 7.27. Standard-Kanal unsuruna ait girdi ve çıktı vektörleri normalize değer hesabı.....	85
Çizelge 7.28. Tek gizli katmanlı ağda nöron sayısı belirlemede hata oranları	87
Çizelge 7.29. İki gizli katmanlı ağda nöron sayısı belirlemede hata oranları	88
Çizelge 7.30. Unsur tahmin yüzdeleri	94
Çizelge 7.31. Test verilerinin değerlendirilmesi.....	96

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Örnek ürün	5
Şekil 2.2. Genetik algoritma tabanlı unsur tanıma iş akışı	6
Şekil 2.3. Eksenel simetrik parça girdisi	6
Şekli 2.4. Modelleme sayfasında parçanın görüntülenmesi	7
Şekil 2.5. Sunulan metodun yapısı	8
Şekil 2.6. Sistem mimarisi	9
Şekil 2.7. Unsur tanıma işlemi akış diyagramı	10
Şekil 2.8. Çalışılan sinir ağı modeli	14
Şekil 2.9. Sistemin çalışma algoritması	14
Şekil 2.10. Önerilen unsur tanıma sistemi mamarisi	16
Şekil 2.11. Sunulan sistemin blok diyagramı	18
Şekil 3.1. Modelleme programlarının tarihsel gelişimi.....	23
Şekil 3.2. Örnek parça ve çizgisi.....	25
Şekil 3.3. Bazı unsur ve çizgileri.....	25
Şekil 3.4. Hayali cep olarak tanınan unsur.....	26
Şekil 3.5. Örnek parça.....	27
Şekil 3.6. Dış bükey kabuk ayrıştırma yöntemi.....	27
Şekil 3.7. Alın unsuru tanıma kuralı.....	28
Şekil 3.8. Kanal unsuru tanıma kuralı.....	28
Şekil 4.1. Basit bir nöron yapısı.....	38
Şekil 4.2. Yapay bir sinir hücresinin yapısı.....	40

Şekil	Sayfa
Şekil 4.3. Sıkça kullanılan aktivasyon fonksiyonları.....	42
Şekil 4.4. Yapay sinir ağı modeli.....	45
Şekil 4.5. Yapay sinir ağlarının sınıflandırılması.....	46
Şekil 4.6. Danışmanlı öğrenme.....	51
Şekil 4.7. Danışmansız öğrenme.....	52
Şekil 4.8. Destekleyici öğrenme.....	53
Şekil 4.9. Hopfield ağı.....	54
Şekil 4.10. Kohonen haritası.....	58
Şekil 5.1. B-Rep'te bir katının temsili için veri yapısı.....	65
Şekil 5.2. Örnek parça.....	66
Şekil 5.3. Örnek parçaya ait yüzeyler.....	67
Şekil 7.1. Standard-Kör kanal unsuruna ait tel-kafes görüntüsü ve unsur-yüz-kenar ilişki çizimi.....	73
Şekil 7.2. Geliştirilen optimal yapay sinir ağı modeli.....	89
Şekil 7.3. Optimal ağ modeli ortalama hata diyagramı.....	90
Şekil 7.4. Geliştirilen yazılımın akış şeması.....	91
Şekil 7.5. Program ara yüzü 1.....	93
Şekil 7.6. Program ara yüzü 2.....	94
Şekil 7.7. Unsurların minimum ve maksimum tanınma yüzdesi grafiği.....	95

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklama
E	Kenar değeri
F	Yüz değeri
F_g	Yüz geometri değeri
$f(x)$	Aktivasyon fonksiyonu
g	Momentum oranı
L	Döngü değeri
η	Öğrenme oranı
θ	Eşik değeri
S	Birleştirme fonksiyonu
V	Köşe değeri
v	Hücrenin net girişi
W	Hücrenin ağırlık değeri
X	Hücrenin girdi vektörü
X_{nor}	X değişkeninin normalize değeri
X_{min}	Veri kümesinin minimum değeri
X_{max}	Veri kümesinin maksimum değeri
y	Hücre çıkış değeri
δ	Hata payı

Kısaltmalar	Açıklama
AAG	Attributed adjacency graph
AFR	Automatic Feature Recognition
Kısaltmalar	Açıklama

Kısaltmalar**Açıklama**

ART2	Adaptive resonance theory
BDİ	Bilgisayar destekli imalat
BDT	Bilgisayar destekli tasarım
BP	Back propagation
BPM	Back propagation with momentum
B-Rep	Boundary representation
CAD	Computer aided design
CAM	Computer aided manufacturing
CNC	Computer numerical control
CSG	Constructive solid geometry
DXF	Drawing exchange format
EAAG	Extended attributed adjacency graph
GA	Genetik algoritma
IFRM	Intelligent feature recognition methodology
IGES	Initial graphics exchange specification
MAG	Mid surface adjacency graph
MCSG	Minimal condition subgraph
MFAG	Manufacturing face adjacency graph
MSE	Mean square error
RMS	Root mean square
SSE	Sum Square error
STEP	Standard for the exchange of product model data
YSA	Yapay sinir ağı

1. GİRİŞ

Tasarım, kontrol ve üretimde bilgisayarların kullanılmasıyla, verimlilik, mamul kalitesi ve güvenilirlik artırılarak tasarım ve üretim için harcanan zaman ve maliyet azaltılmaktadır. CAD/CAM (Computer Aided Design - Computer Aided Manufacturing) sistemlerinin başlıca amacı tasarım, analiz, ve üretim işlemlerinin, daha kolay, daha hassas ve daha hızlı bir şekilde yapılmasını sağlamaktır.

Günümüzde küresel rekabet koşulları yüksek kalitede ürünlerin, düşük maliyetlerle ve en kısa zamanda üretilmesi zorunluluğunu getirmiştir. Küresel rekabetin bu gereksinime cevap verebilmek, sadece ürünü ortaya çıkaran yeni teknolojiler getirmekle değil, bunun yanında tasarım ve imalat proseslerini bir bütün olarak ele alıp bu proseslerin entegrasyonuna sağlamakla mümkündür. Bundan dolayı, BDT (Bilgisayar Destekli Tasarım) ve BDİ' nin (Bilgisayar Destekli İmalat) entegrasyonu konusunda günümüzde çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalar üretim sisteminin, tasarım ve imalat ile ayrılmaz bir bütün olarak değerlendirmesi ve bu iki prosesin birinin çıktısı diğerinin girdisi olacak şekilde üretim sistemi içerisinde modellenerek otomatikleştirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Bu düşünceden yola çıkarak BDİ kavramı gelişmiştir. Bu düşüncenin ortaya çıkışıyla beraber imalatı bütünleştirmek amacıyla bir takım çalışmalar yapılmış ancak bu çalışmalar neticesinde tam anlamıyla istenilen sonuçlara ulaşılamamıştır. Bunun nedeni tasarım sonrası uygulamalarda BDT ürün modeli bilgilerinin tasarım sonrası uygulamalar için gerekli bilgileri otomatik olarak dönüştürülmesindeki eksikliklerdir. Bu eksiklikler tasarım ve tasarım sonrası uygulamalar arasındaki bağlantının kurulamamasından kaynaklanmaktadır. Son zamanlarda araştırmacılar bu bağlantı sorununa eğilmiş ve bunun için BDT ürün modeline ait tasarım bilgilerinin elde edilmesi ve bu bilgilerin imalat ile bütünlüğü sağlayacak çıktılara dönüştürülmesi çalışmaları üzerinde durmuştur. Burada tasarım ve imalat bütünleşmesi anlamında tasarıma ait bilgilerin imalat işleminde kullanılacak bilgilere dönüştürülmesi önem arz etmektedir.

Tasarım ve imalatın bütünleşmesindeki ilk adım imalat unsurlarının tespit edilmesidir. Unsur kavramı ise ürüne ait geometrik ve topolojik bilgilerle ifade edilmektedir. Bu amaçla imalata ait unsurları tanımda çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Bu tekniklerden biri de Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemidir. YSA insan beyninin öğrenme yeteneğini kullanarak yeni bilgiler türetebilme, keşfedebilme gibi özelliklerinin bilgisayar ortamında kullanılmasıyla geliştirilmiş sistemlerdir. Kısacası YSA' nı insan beyninin benzetimi çabası olarak tanımlamak mümkündür. YSA' nın buradaki kabiliyeti, farklı form ve yapılar da bulunan bilgileri hızlı ve pratik bir şekilde ele alması, analiz etmesi ve klasik tekniklerle çözümü zor problemler için etkin bir alternatif oluşturmasıdır.

BDT ortamında modellenen ürünlere ait farklı veri yapıları kullanılmaktadır. Bu veri yapılarında, bir ürüne ait geometrik ve topolojik bilgiler bulunmaktadır. BDT ortamında geometrik bilgiler, çeşitli grafik standartları yardımı ile aktarılabilir veya veri tabanı halinde saklanabilmektedir. BDT ortamında kullanılan veri yapılarından bazıları DXF, IGES, ACIS SAT, STEP vb.'dir. Bu veri yapılarından bir tanesi olan STEP veri yapısında, ürüne ait topolojik ve geometrik bilgileri saklamaktadır. Bunun yanı sıra STEP grafik standardı unsurlara ait tolerans ve yüzey kalitesi gibi teknolojik üretim bilgilerinin ve topolojik unsur ilişkilerinin tanımını da içermektedir. Bu çalışmada BDT veri modeline ait unsurları tanımda ve verilerin yorumlanmasında STEP veri yapısı kullanılmıştır.

Bu bilgiler ışığında gerçekleştirilen tez çalışması, STEP veri yapısına sahip bir ürününe ait unsurların otomatik olarak belirlenmesini sağlamaktadır. Bu doğrultuda tez çalışmasının aşamaları aşağıda belirtilmiştir.

- DELPHİ 7.0'da hazırlanan bir program ile STEP veri yapısı okunmaktadır.
- Okunan dosyadan ürüne ait yüz, köşe ve kenar bilgileri alınmaktadır.
- Aynı zamanda STEP yapısından ürüne ait topolojik bilgiler (yüz, kenar ve köşeler arasındaki ilişki bilgileri) alınmaktadır.

- Ürüne ait elde edilen bu kenarların, köşelerin ve yüzlerin konum ve ilişki bilgileri yorumlanarak yüz değer vektörleri elde edilmektedir.
- Bu yüz değer vektörleri YSA için gerekli girdi değerlerini oluşturmaktadır.
- YSA' nda yüz değer vektörleri eğitilerek, bir model oluşturulmuştur.
- Bu model DELPHI 7.0'da oluşturulan programa aktarılmıştır.

Yukarıdaki aşamalar dikkate alınarak hazırlanan program, STEP formatında kaydedilen bir ürüne ait unsurları otomatik olarak tanımaktadır.

Gerçekleştirilen bu tez çalışmasının yazımı 7 bölümden oluşmaktadır.

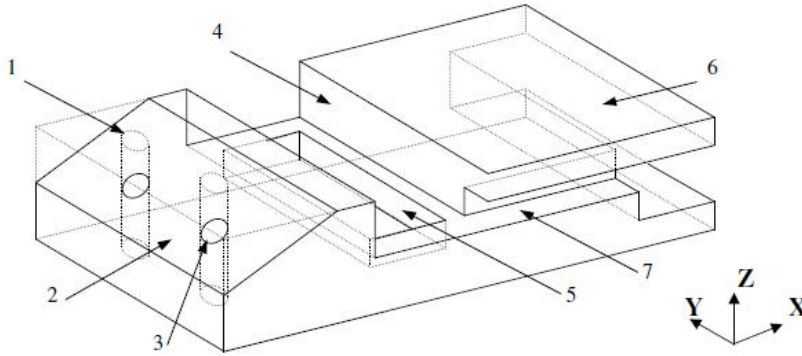
Giriş ve Literatür bölümlerinden sonra, “3. UNSUR KAVRAMI” bölümünde unsur kavramı ve unsur tanıma yöntemleri, “4.YAPAY SİNİR AĞLARI” bölümünde YSA kavramı, kullanım alanları, YSA yapısı, YSA' nın sınıflandırılması ve YSA' nın tasarımı, “5.STEP VERİ DÖNÜŞÜM FORMATI” bölümünde STEP dosya yapısı, “6.GELİŞTİRİLEN SİSTEM MODELİ” bölümünde YSA yöntemi ile geliştirilen ve DELPHI 7.0 programı ile ara yüze aktarılan unsur tanıma sisteminin özellikleri ve gerçekleştirilen tez çalışmasının detayları, “7.SONUÇ VE ÖNERİLER” bölümünde ise gerçekleştirilen tez çalışması sonucunda bulunan sonuçlar ve çalışmanın devamında yapılabilecek çalışmalar anlatılmaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Gelişen teknoloji ile birlikte CAD/CAM programları da kendini günden güne yenilemektedir. Tasarımı yapılan ürünlerin imalatlarının gerçekleştirilmesi esnasında kullanıcı etkileşimini minimum seviyeye indirmek için çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Bu nedenle, tasarım ile üretim arasındaki otomasyonun sağlanmasında unsur tanıma önemli bir araştırma konusu olmuştur. Bu alanda yapılan araştırmalar incelendiğinde, unsurların tanınmasına yönelik çeşitli yöntemlerin olduğu belirlenmiştir. Genel olarak CAD programına ait IGES [2,4], STEP [6, 7, 17, 18, 19, 20, 23], ACIS SAT. [3, 10, 11] veri yapıları analiz edilerek unsura ait geometrik ve topolojik bilgiler alınmakta ve YSA yöntemi, Genetik Algoritma yöntemi, Grafıksel Yöntemler, Kural ve İpucu Tabanlı Yöntemler ve Hacim Üretim Algoritması yöntemi gibi çeşitli yöntemlerle bu veriler değerlendirilerek unsurların tespiti işlemi gerçekleştirilmektedir.

Bu bölümde; unsur tanıma, STEP veri yapısı ve YSA ile ilgili olarak yapılan bazı çalışmalar anlatılmaktadır.

Lee ve arkadaşları, unsur tanıma ile ilgili olarak ürüne ait katı modelin bir yüzey üzerine izdüşümsel olarak yansıtılması ile elde edilen görüntüden yola çıkarak unsurların tanınmasını sağlayacak farklı bir algoritma geliştirmişlerdir [1]. Geliştirilen unsur tanıma algoritmasında, üzerinde unsur bulunan yüzeyin dik izdüşümü alınmıştır. Bu sayede unsurlar 2 boyutlu hale dönüştürülmüştür. Daha sonra belirlenen unsurlar için işlem planlama sistemi geliştirilmiştir. İşlem planlamada topolojik ilişkiler (topological sorting) ve sığ öncelikli arama grafikleri (BFSG) kullanılmıştır. Bu algoritmada ile ürün üzerinde bulunan ve iç içe geçmiş unsurlar da belirlenebilmektedir. Araştırmacılar çalışmalarında 9 tane temel unsur ele almışlardır. Bu unsurlar kanal (slot), basamak (step), kör basamak (blind step), kör kanal (blind slot), cep (pocket), silindirik delik (hole), kama (wedge), köşe kavisi (fillet) ve bölge (sector)'dir. Geliştirilen algoritma 2½ boyutlu unsurların tanınmasına yöneliktir. Şekil 2.1'de yapılan çalışma ile ilgili örnek bir uygulama verilmiştir.



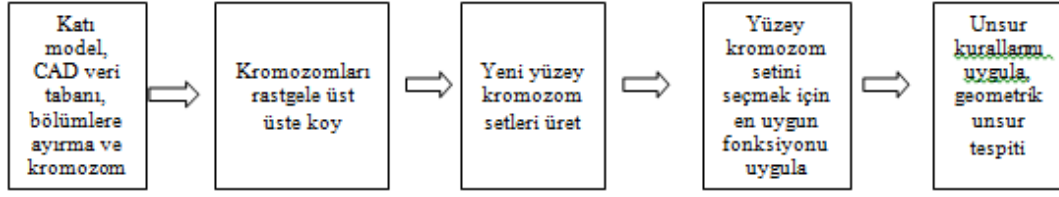
Şekil 2.1. Örnek ürün [1]

Şekil 2.1’de gösterilen ürün için oluşturulan ve işlem planlama girdisi için gerekli bilgiler Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Örnek işlem planlama girdileri [1]

Sıra No	Ustur sınıfı	Takım yönü	Öncelik ilişkisi	Topolojik sıralama sonuçları
1	Boyuna delik	+Z, -Z	(1,2), (3,2), (4,5), (4,7), (6,7)	
2	Kama	+Y, -Y		
3	Boyuna delik	+Z, -Z		
4	Boyuna kanal	+Y, -Y, +Z		
5	Cep	+Z		
6	Boyuna kanal	+X, +Y, -Y		
7	Boyuna kanal	+X, -Y		

Pal ve arkadaşları, genetik algoritma yöntemini kullanarak unsur tanıma (GAFR) işlemini gerçekleştirmişlerdir [2]. Sistem bileşik unsurları tanıma özelliğine sahip değildir. Sistemin genel işleyişi Şekil 2.2’de gösterilmiştir. Buna göre öncelikle CAD veri tabanından IGES veri yapısı alınarak incelenmekte ve ürüne ait yüz, kenar ve köşe bilgileri elde edilmektedir. Daha sonra alınan bu bilgiler genetik algoritma sistematığı içerisinde derlenmekte ve sonuç olarak unsur tanıma işlemi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 2.2. Genetik algoritma tabanlı unsur tanıma iş akışı [2]

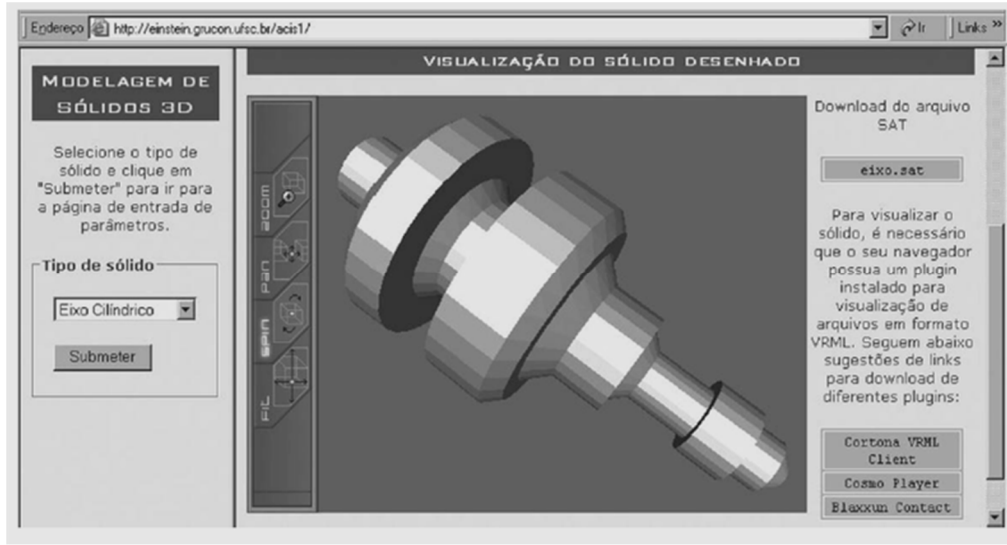
Ferreia ve Vivian, unsur bilgilerine göre ürünü tasarlamaya yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir [3]. Araştırmacılar geliştirdikleri yazılımla kullanıcıdan unsura ait bilgileri almaktadır (Şekil 2.3). Daha sonra kullanıcının girmiş olduğu bilgilere göre ürünün katı modeli ACIS SAT veri yapısında oluşturulmaktadır (Şekil 2.4). Hazırlanan program unsur bilgilerini internet ortamında da alabilmektedir. Sonuç olarak bu çalışma silindirik parçaların CNC kodlarının oluşturulmasında kullanılabilir.

The screenshot shows a web browser window with the URL <http://einstein.gucon.ufsc.br/acis1/>. The page is titled "MODELAGEM DE SÓLIDOS 3D" and contains a form for defining a cylinder or cone. The form is divided into three sections for different parts of the assembly:

- Parâmetros do cilindro/cone 6:** Diâmetro Esquerdo (7), Diâmetro Direito (7), Comprimento (10), Sem chanfro ou raio (5).
- Parâmetros do cilindro/cone 7:** Diâmetro Esquerdo (10), Diâmetro Direito (10), Comprimento (6), Sem chanfro ou raio (0).
- Parâmetros do cilindro/cone 8:** Diâmetro Esquerdo (7), Sem chanfro ou raio (0).

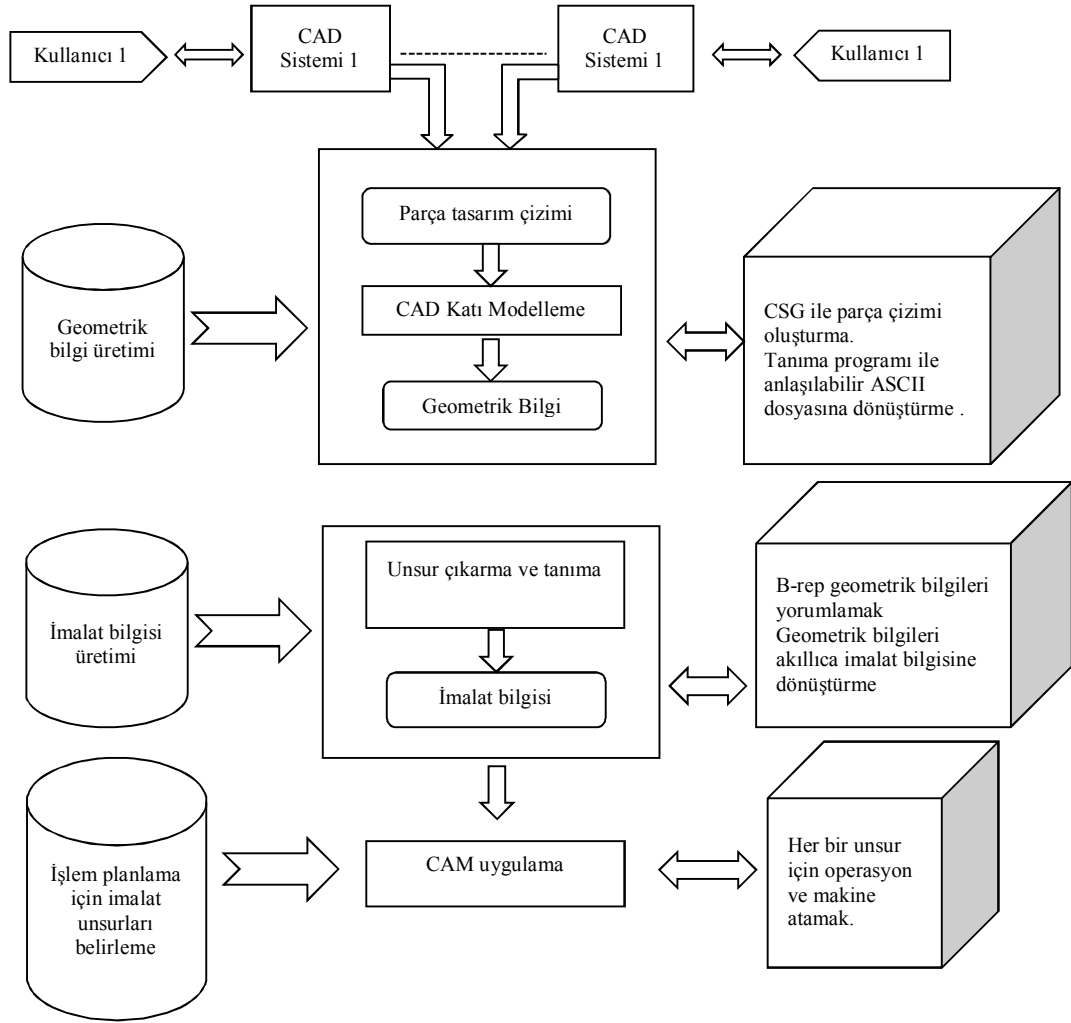
On the left side, there is a section for "Tipo de sólido" with a dropdown menu set to "Eixo Cilíndrico" and a "Submeter" button. Instructions in Portuguese ask the user to select the solid type and click "Submeter" to go to the parameter entry page.

Şekil 2.3. Eksenel simetrik parça girdisi [3]



Şekil 2.4. Modelleme sayfasında parçanın görüntülenmesi [3]

Nasr ve Kamrani, üç boyutlu prizmatik parçalarda mevcut unsurları tanımaya yönelik olarak Akıllı Unsur Tanıma Metodu' nu (Intelligent Feature Recognition Methodology-IFRM) geliştirmişlerdir [4]. Sistem, girdileri IGES veri yapısından elde etmekte daha sonra bu bilgileri imalat bilgisi dosyasına transfer etmektedir. Burada C++ programlama dili ile geliştirilen bir yazılım aracılığıyla parça tasarımına ait Sınır Geometri Bilgileri (B-rep) derlenerek unsurların tanınması sağlanmaktadır. İmalat bilgisinde tespit edilen bu unsurlar da işlem planlamada kullanılmaktadır. Sistemin tanıyabildiği unsurlar; kanal (boyunca, kör, yuvarlak köşe), cep (boyunca, kör, yuvarlak köşe), eğimli yüzey, delik (kör ve boyuna), basamaktır (boyunca, kör, yuvarlak köşe). Bu metodun genel işleyişi Şekil 2.5'de gösterilmektedir.



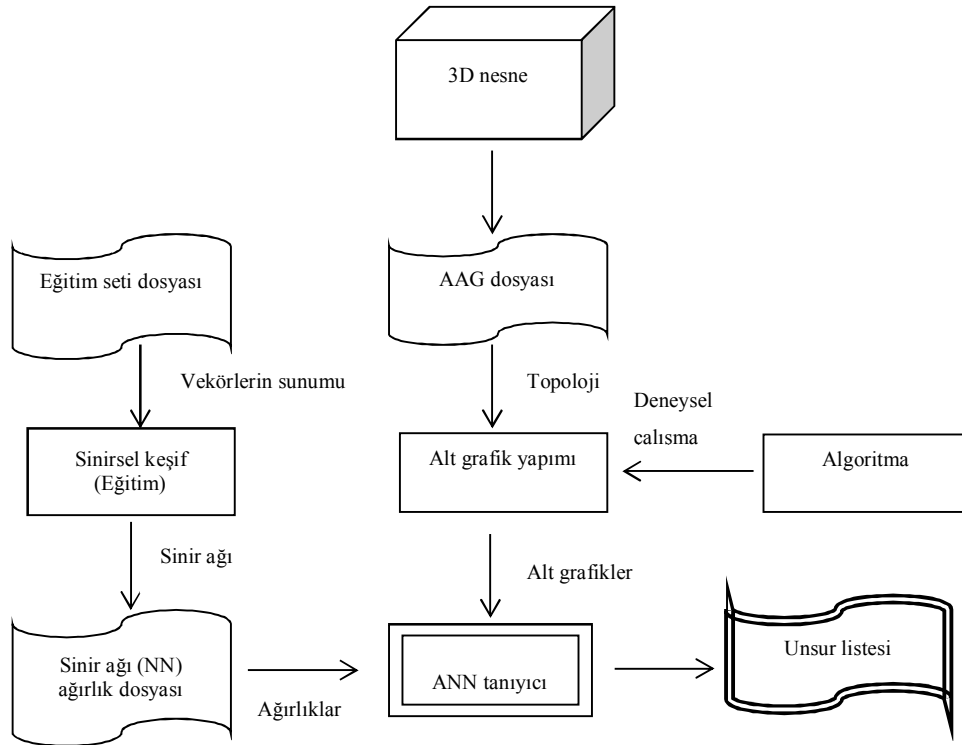
Şekil 2.5. Sunulan metodun yapısı [4]

Ding ve Yue, unsurlarla tasarım, kesişen unsurları tanımlamaya çalışan bir sezgisel algoritma ve YSA tekniklerini kapsayan bir unsur tanıma metodu üzerinde çalışmışlardır [5]. Geçmişte kullanılan YSA tabanlı metotların sınırlamalarını ortadan kaldırmak için unsur tanımda bu üç kavram birleştirilmiştir. Çalışılan unsurların büyük çoğunluğunu temel unsurlar oluşturmaktadır. Bu unsurlar iç unsurlar (dairesel delik (round hole), konik delik (conical hole), genel delik (general hole), kanal, cep ve basamak, dış unsurlar (silindirik çıkıntı (boss), küresel şapka (spherical cap) ve çıkıntı (protrusion)), bağlantı unsurları (dış (knurl), tire (thread), markalama (marking)) ve birleşik unsurlar olmak üzere dört grupta incelenmiştir. Bu çalışmada ortaya atılan görüşler ana çerçevesini şu ana fonksiyonlar oluşturmaktadır;

- i. Unsurlarla tasarım, unsur tabanlı modeli tasarlar ve yönetir.
- ii. Etkileşen unsur tanıyıcı, etkileşen unsurları tanır ve sezgisel bir algoritma ile unsur ilişkilerini tanımlar.
- iii. YSA tabanlı unsur tanıyıcı, sadece etkileşen unsurlara yeni sınıf tasnifinde kullanılır.

Algoritma düzlemsel, silindirik, konik, kısmi silindirik ve kısmi konik yüzeylerden oluşan iç unsurların etkileşen unsurları tanımada başarıyla uygulanabilmektedir.

Nezis ve Vosniakos, YSA yöntemi ile unsur tanıma işlemini gerçekleştirmişler [6]. Geliştirilen bu unsur tanıma sisteminin işleyişi Şekil 2.6'da gösterilmiştir.

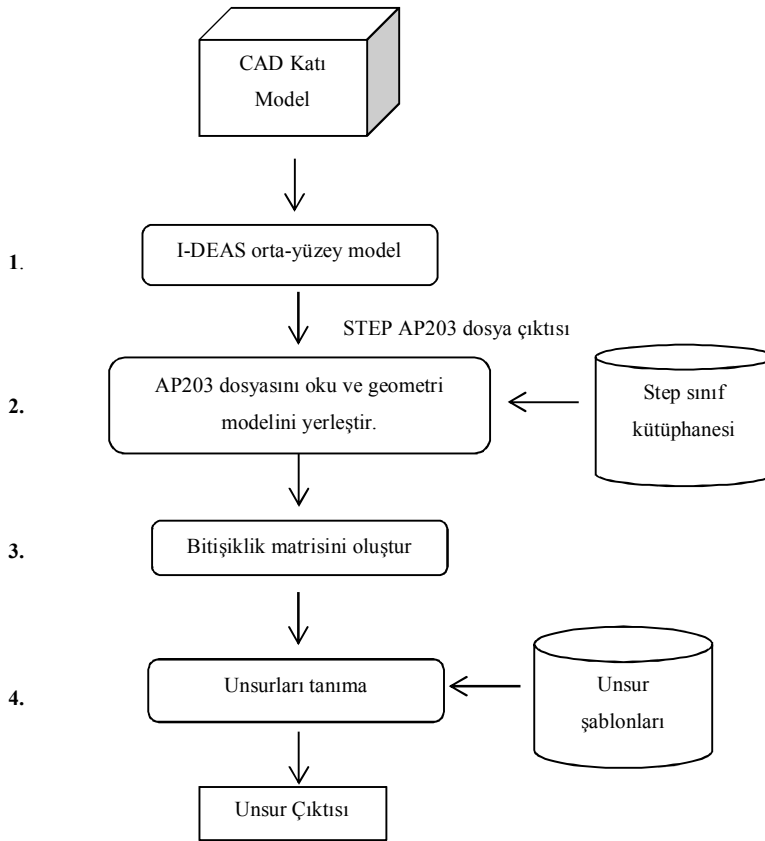


Şekil 2.6. Sistem mimarisi [6]

Bu işleyişe göre ilk olarak parçaya ait topolojik ilişkileri ve bilgileri içeren STEP veri yapısından gerekli veriler alınır ve sonra bu bilgiler özellik bitişiklik grafiğine

(Attributed Adjacency Graph-AAG) transfer edilir. Bileşik unsur grafikleri temel unsurları oluşturan alt grafiklere parçalanır. Daha sonra bu sunumla örneklerin her biri bu alt grafiklerle yapılandırılır. Bu örnekler unsurları sınıflandıran bir sinir ağına sunulur. Geniş bir örnek çeşitliliği ile ağ eğitilir. Geliştirilen bu sistem ile YSA' nın genelleme özelliğine bağlı olarak 2 ½ boyutlu cep, kanal, geçit (passages), çıkıntı, basamak, kör kanal, köşe ve delik unsurları tanınabilmektedir. [6].

Lockett ve Guenov, enjeksiyon kalıp ve döküm işlemlerinde zayıf duvarlı parçalara ait unsurları tanıyabilecek bir sistem geliştirmeyi amaçlamıştır [7]. Unsur tanıma metodu olarak, parça geometrisinden orta-yüzey ayırma tekniği kullanılmıştır. Sistemin genel olarak işleyişi Şekil 2.7' de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Unsur tanıma işlemi akış diyagramı [7]

Geometrik ve topolojik verilerin elde edilmesinde katı modele ait STEP dosya yapısı kullanılmıştır. Daha sonra bu dosya yapısından elde edilen bilgiler doğrultusunda

unsur topolojisini ve geometrisini temsil edecek şekilde orta yüzey bitişiklik grafiği (Mid Surface Adjacency Graph-MAG) oluşturulmuştur. Bu grafik yardımıyla yüzey-kenar bitişiklik matrisi elde edilmiş ve bu matrisler aracılığıyla unsur tanıma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemlerde C++ programlama dilinde geliştirilen ara yüz kullanılmıştır. Çalışmada ele alınan unsurlar şunlardır; kiriş (ribs), ayak (buttress), silindirik çıkıntı, silindirik delik ve duvar kavşağı (wall junction)' dir.

Lankapalli ve arkadaşları, kendi kendine örgütlenen (öz örgütlü) uyarlanabilir rezonans teorisi (ART) temeline dayanan ART2 YSA yöntemini kullanarak unsur tanıma işlemi gerçekleştirilmeye çalışmıştır [8]. YSA için gerekli girdiler yüz skor vektörleri ile temsil edilmiştir. Yüz skor vektörleri katı modele ait B-rep yapısı analiz edilerek oluşturulmuştur. Yüz skoru bir yüz ve o yüzün çevresindeki yüzlerin birbirleri ile olan iç bükey ya da dış bükeylik durumuna göre yüz karmaşıklığının bir ölçüsü olup bir yüz ve onun komşu yüzleri arasındaki topolojik ilişkiyi ifade etmektedir. ART2 sinir ağı benzer unsurları kümeler. Kümelenmiş unsurların benzerliği bir parametre ile kontrol edilir. Ağa sunulan yeni bir unsur, eğer kümelenmiş üyelere benzerse var olan kümelerden biri ile ilişkilendirilir. ART2 sistemi dokuz adet unsura (şerit (tab), kanal, profil çıkıntı, cep, silindirik delik, silindirik çıkıntı, basamak, artı kanal (cross-slot), kör delik) uygulanmış ve bu unsurlar sekiz adet unsura sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmalarda silindirik delik ve kör delik unsurları aynı sınıf içinde yer almıştır.

Godfrey, B-rep katı model yapısını kullanmış ve bu yapıdan elde edilen verileri geri beslemeli YSA' nda kullanmak suretiyle unsur tanıma işlemi gerçekleştirmiştir [9]. YSA yüzü çevreleyen geometrinin iç bükey ve dış bükeylik durumlarına göre oluşturulan yüz karmaşıklık kodları ile desteklenmiştir. Çalışmada dokuz farklı unsur (şerit (tab), kanal, çıkıntı, cep, boyuna delik, silindirik çıkıntı, basamak, artı kanal ve kör delik) üzerinde durulmuştur.

Marquez ve arkadaşları, YSA yöntemiyle güçlendirilmiş plastik bileşenlerin imalat unsurlarını tanıyacak bir sistem geliştirmişlerdir [10]. YSA için gerekli olan girdiler, yüz skor vektörüyle (face score vector) temsil edilmiştir. Yüz skor vektörüne ait

değerler, C++ programlama dili ile geliştirilen bir ara yüz aracılığıyla katı modele ait SAT dosya yapısı analiz edilerek elde edilmiştir. Çalışmada ayrıca unsur tanıma işleminde kullanılmak üzere 3D modelleyici ile sinir ağı arasında C++ programlama dili ve AutoLisp kullanılarak bir ara yüz geliştirilmiştir. Geliştirilen tüm bu sistemin performansı temel unsurları bulunan karmaşık ve birleşik bir model üzerinde test edilmiştir. Sistem dokuz imalat unsurunu (çıkıntı, silindirik çıkıntı (boss), kör delik, cep, silindirik delik, düzensiz delik (irregular hole), basamak, kanal, kör basamak (blind step)) tanıma yeteneğine sahiptir.

Gao ve Shah, kesişmeyen unsurları ve kesişen unsurları tanıyan bir metot sunmuştur [11]. Bu metotta geleneksel grafik tabanlı unsur tanıma metodlarının yanı sıra etkileşen unsurları tanıyacak alternatif bir çözüm geliştirmek amacıyla ipucu tabanlı unsur tanıma yöntemi de eklenerek bu iki yöntem birleştirilmiştir. Geliştirilen sistemde, kesişmeyen unsurların tanınmasında imalat yüzey bitişiklik grafiği (Manufacturing Face Adjacency Graph – MFAG), kesişen unsurların tanınmasında ise unsur ipuçlarını içeren minimum durum alt grafiği (Minimal Condition Subgraph - MCSG) kullanılmıştır. Bu uygulamada veriler ACIS 2.0 “.sat” dosyalarının analizi ile elde edilmektedir. İpuçları genişletilmiş özellik bitişiklik grafiği (Extended Attributed Adjacency Graph - EAAG) ile tanımlanır. Program altı ana adımdan oluşmaktadır.

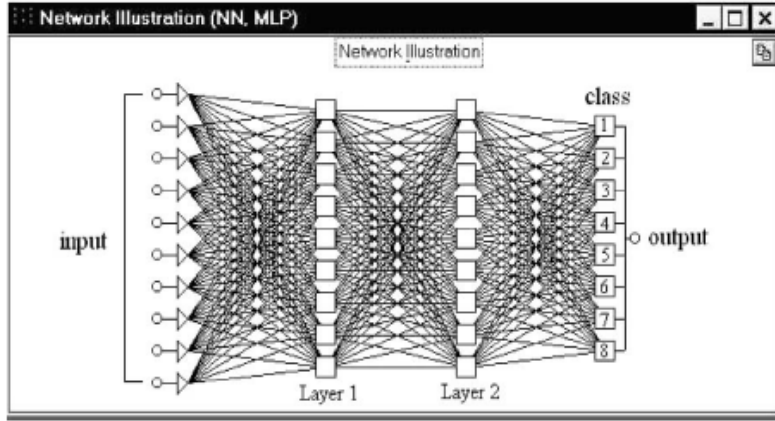
1. Ön işlem: AAG yapımı, kenar ve yüzey özellikleri ve EAAG yapımı; EAAG'leri MFAG setine bölme.
2. Kesişmeyen (tek) unsurları tanıma.
3. Kesişen unsurları tanıma.
4. Etkileşen unsurları tamamlama.
5. Etkileşen her bir unsur seti için bir yorum belirleme; ihtiyaç olması durumunda alternatif yorumlar belirleme.
6. Parçanın unsur modelini (veri yapısı) oluşturma.

Sunil ve arkadaşları, prizmatik parçaların CAD modellerine ait B-rep veri yapısını kullanarak, etkileşen unsurları tanıyan yeni bir melez yaklaşım (grafik + kural

tabanlı) üzerine çalışmışlardır [12]. B-rep formatındaki CAD parça modeli girdisi ile yüzlerin bitişiklik grafikleri çıkarılır ve belli kurallara göre yüzlerin birbirlerine göre durumları değerlendirilerek parça üzerindeki unsur ya da unsurların tespiti işlemi gerçekleştirilir. Geliştirilen unsur tanıma sistemi düz ve konik tabanlı temel delikleri (boyuna ve kör delik) ve kademeli delik çeşitlerini (havşa, havşa başlı ve genel kademeli delik), cep, kör kanal, köşe, basamak gibi düz bir yüzeye sahip unsurları da tanıma özelliğine sahiptir.

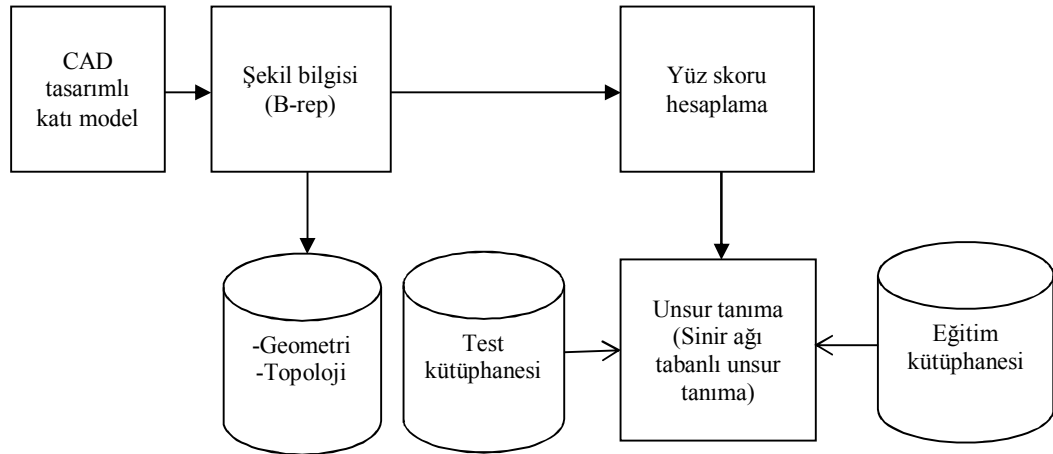
Rahmani ve Arezoo, bu çalışmada katı modelden etkileşen unsurları otomatik olarak çıkaran grafik ve ipucu tabanlı melez bir teknik önermiştir [13]. Bu yaklaşımda oluşturulan grafik tabanlı ipuçları, unsurları karşılayan geometrik ve topolojik bilgiler içersinde bulunmaktadır. Bu bilgiler hem 2 ½ hem de 3 boyutlu unsurlarda aynıdır. Taban tamamlama, profil tamamlama ve üç boyutlu hacim üretim algoritması olarak isimlendirilen üç geometri tamamlama algoritması unsur hacim üretim için sunulmuştur. Taban tamamlama algoritmasının amacı bir taban yüzeyi olan 2 ½ boyutlu birleşik maksimum unsur hacimleri bulmaktır. Profil tamamlama algoritması 2 ½ boyutlu tabansız unsur hacimleri çıkarır. Üç boyutlu hacim üretim algoritması parçanın üç boyutlu kısımlarını çıkarır.

Öztürk ve Öztürk, bu çalışmada tasarım ile tasarım sonrası işlemleri entegre etmeyi sağlayacak bir sistem üzerinde çalışmıştır [14]. Tasarım sonrası uygulamalarda kullanılmak üzere unsurları çıkarma işleminde YSA yöntemi kullanılmıştır. Temel ve karmaşık unsurları tanımak B-rep bilgi tabanı analize edilerek katı modelin geometrik ve topolojik özellikleri çıkarılarak YSA' nın eğitiminde kullanılmak üzere yüz skor değerleri üretilmiştir. Çalışmada sık kullanılan sekiz adet unsur sınıfı belirlenmiştir. Bu unsurlar; kanal, basamak, cep, çıkıntı, kör kanal, köşe cep, boyuna delik, ve kör deliktir. Çalışmada kullanılan YSA modeli Şekil 2.8' de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Çalışılan sinir ağı modeli [14]

Çalışmanın ana hatları Şekil 2.9’da belirtilmiştir.



Şekil 2.9. Sistemin çalışma algoritması [14]

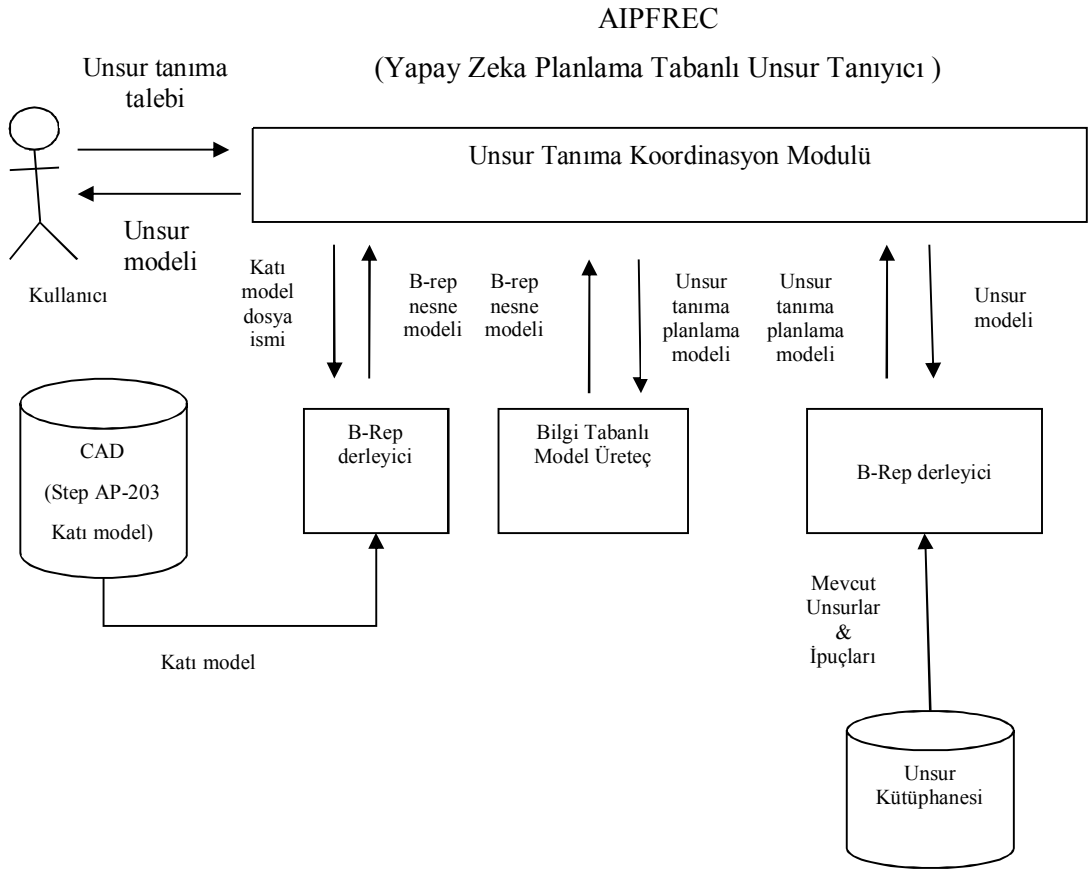
Şekil 2.9’ da verilen sistem şu şekilde işlemektedir. CAD yapısında katıya ait B-rep bilgileri (yüzey, kenar ve köşelere ait bilgiler) bir ara yüz programı ile alınır. Katının geometri ve topolojisine ilişkin bu bilgiler sayısal değerlere dönüştürülerek sinir ağının girdisini temsil eden yüz skor vektörlerine (face score vectors) dönüştürülür. Eğitim parçalarıyla sinir ağı eğitilir ve unsurları tanıyabilecek bir modele dönüştürülür. Sonra test parçalarıyla sistemin doğruluğu kontrol edilir.

Brousseau ve arkadaşları, bu çalışmada kural tabanlı ve ipucu tabanlı unsur tanıma yaklaşımlarını örneklerden öğrenme kavramı ile birleştirilmiş ve yeni bir otomatik unsur tanıma metodunu (Automatic Feature Recognition–AFR) sunmuştur [15]. Çalışma iki ana safhadan oluşuyor. Bunlar öğrenme ve unsur tanımadır. Öğrenme aşamasında, çöküntü ve çıkıntı şeklinde iki sınıfa ayrılmış olan unsurların STEP veri yapısına göre incelenerek unsura ait topoloji ve geometriyi temsil eden vektörlere çevrilmesi işlemi gerçekleştirilir. Daha sonra katı model üzerindeki yüzlerin bulunması işlemi gerçekleştirilir. Tespit edilen yüzlerin unsuru belirleme üzerinde etkisi olup olmadığı tespit edilmeye çalışılır. Bunun için yüzlerin birleşimi, kaybolan iç bükey kenarların tespiti ve yüzlerin bölünmesi durumu ele alınır.

Y.Li ve arkadaşları, karmaşık ve kesişen unsuları kapsayan parçalar için yeni bir dinamik unsur tanıma metodu üzerine bir çalışma yapmışlardır [16]. Metotla önce parçaya ait CAD modeli kullanılarak unsurlar çıkarılmıştır. Daha sonra unsurun imalat sırasında göreceği operasyonlar dikkate alınarak unsurun dinamiklik durumu oluşturulmuştur.

B.Babic ve arkadaşları, üç ana otomatik unsur tanıma problemini çözmeye çalışan çeşitli yaklaşımları incelemişlerdir [17]. Bunlardan birincisi CAD modelinden geometrik ilkelerin çıkarılması, ikincisi unsur kimliğini biçimlendiren uygun bir parça temsili tanımlama ve üçüncüsü de unsur tanıma işlemidir. Aynı zamanda bu çalışmada, daha önceden geliştirilmiş olan unsur tanıma sistemleri sınıflandırılmış ve bu sistemler detaylı olarak anlatılmış, STEP standardının öneminin vurgulandığı geometrik unsur tanıma metodları araştırılmış ve kural tabanlı unsur tanıma metodunu kullanan akıllı unsur tanıma alanındaki araştırmalar raporlanmıştır. Bu raporlarda bu çalışmaların sınırları ve unsur tanıma kabiliyetleri tartışılmış ve daha ileriki çalışmalarda önemi vurgulanmıştır.

M.G.Marchetta ve arkadaşları, prosedürle ilgili ve bilgi tabanlı melez bir sisteme dayalı, hem unsur tanıma hem de klasik unsur yorumlama problemlerine değinen akıllı bir işlem planlama sistemi geliştirmişlerdir [18]. Sistemin genel yapısı Şekil 2.10'da gösterilmiştir.



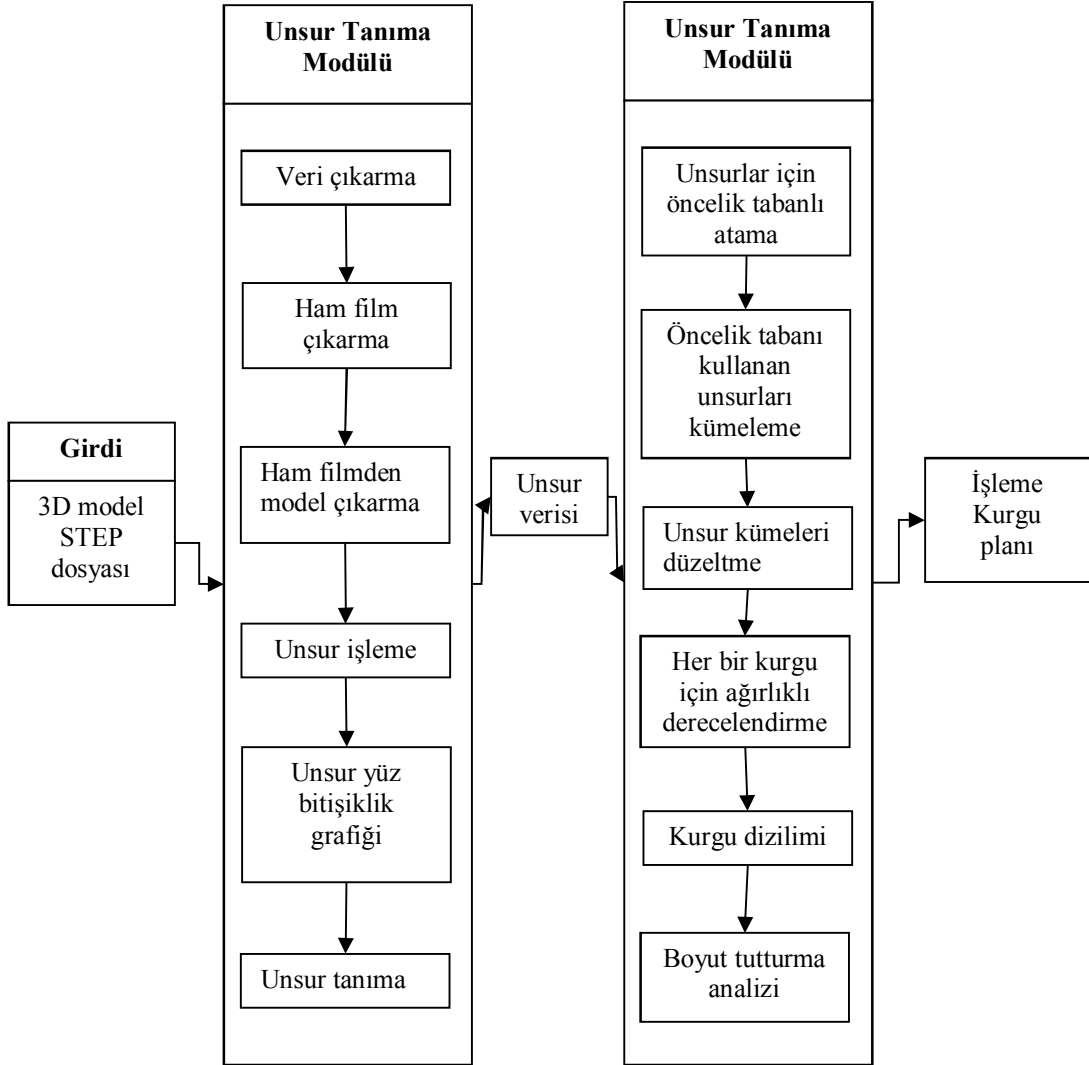
Şekil 2.10 Önerilen unsur tanıma sistemi mimarisi [18]

Şekil 2.10' da gösterilen sistem üç modül halinde çalışmaktadır. Bu modüller; B-rep derleyici, bilgi tabanlı model üretici ve yapay zeka planlayıcıdır. B-rep derleyici ürüne ait katı modeli iç nesne modeline çevirir. Nesne modeli ürünün topolojik ve geometrik özelliklerini işlemekte kullanılır. Bu modül sadece STEP AP-203 veri yapısını destekleyen bir özelliğe sahiptir. Bilgi tabanlı model üreticinin hedefi birçok unsuru olan katı modelin her bir ayrı yüzünü birleştirmektir. Yapay zeka planlamacı modülünde ise unsur kütüphanesi, planlama operatörü olarak kullanıcı tarafından bir unsur olarak kodlanır.

T.Dipper ve arkadaşları, STEP veri yapısından verileri alarak katı modelde mevcut unsur etkileşimlerini tespit eden bir sistem üzerine çalışmışlardır [19]. Bu unsur

etkileşimlerini de işlem planlama gibi son kullanıcı işlemleri için asıl veri modeli üzerine ekleme yapılacak bir sistemi tasarlamışlardır. Metod, taşınma hacimler, ortak hacimler, bağlantı yüzü ve köprü yüzü gibi mevcut bir dizi etkileşimden yararlanır ve bu etkileşimlerle tanımlanır. Bu unsur etkileşim modeli Express dili ile uyumlu STEP veri yapısı kullanılarak geliştirilmiştir. Etkileşim verileri hem 3 boyutlu olarak hem de unsur etkileşim grafiği şeklinde sunulmuştur.

Rameshbabu ve Shunmugam, tasarım ve imalat arasında etkili bir otomasyon için STEP AP-203 veri yapısında kaydedilen 3 boyutlu modellere ait imalat unsurlarını tanımak için hacim çıkarma ve yüz bitişiklik grafiklerini kapsayan etkili bir melez yaklaşım sunmuşlardır [20]. Önerilen unsur tanıma sistemi genel özellikli ve kesişen unsurları tanıma yeteneğine sahiptir. İmalat unsurları işleme önceliğine bağlı olarak kümelenmiştir. Alternatif dereceleme ve sıralama ile kurgu sırası oluşturulmuştur. Her bir kurgunun yerleştirme ve bağlama işlemi iş parçasının orta şekline göre belirlenmiştir. Önerilen sistemin algoritması Şekil 2.11'de gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Sunulan sistemin blok diyagramı [20]

C.Chu ve arkadaşları, tasarımda benzer parçaları kullanarak tasarımı kolaylaştırmak için geliştirilen 3 boyutlu parça araştırması çalışmalarını geliştirmek için bu araştırma çalışmalarına ek olarak benzer parçaların tekrar kullanılmasında kolaylık sağlayan detay düzeyi (levels of detail) kavramını eklemiş, yeni ve özgün bir program geliştirmişlerdir [21]. Bu program, katı bir modelin negatif unsur ağacında yaratılan farklı detay düzeyi değişkenliklerinin araştırılmasını sağlar. Çalışmada her bir negatif unsur ağacındaki benzerlik değerlendirmesini yapmak için geri beslemeli YSA oluşturulmuş, insanın benzerlik sırlama deneyiminden üretilen verilere sahip

eğitim ağı kullanılarak bir insan bilgi modeli geliştirilmiştir. Bu modelle benzer parça modellerinin çıkarımı sağlanarak pratik bir araç yaratılmıştır.

H.Başak ve arkadaşları, çalışmalarında tasarım ve imalat arasındaki bağlantıyı sağlamak için prizmatik parçaların imalat unsurlarını içeren unsur tabanlı parametrik bir program geliştirmişlerdir [22]. Bunun için imalatta sık kullanılan unsur Őekilleri toplanarak bir unsur kütüphanesi oluşturulmuştur. Kütüphanenin geliştirilmesinden sonra bu unsurların prizmatik bir parçanın herhangi bir yüzeyine uygulanması işlemi gerçekleştirilmiştir. Parça modeline ve unsurlara ait bilgiler özel bir formatta kaydedilmiş ve böylece imalat için gerekli bilgilere kolayca ulaşılarak tasarım ve imalatın bağlanması işlemi gerçekleştirilmiştir.

iek ve Gülesin, BDT ve BDI arasındaki bağlantıyı sağlamak için uzman sistem tabanlı bir parça tanıma sistemi geliştirmişlerdir [23]. Bu sistemde yüzeylere ait bilgiler STEP veri dosyasından alınmış ve matematiksel bir model olarak Yüzey Komşuluk İlişki Matrisi' ne dnştrlmştir. Bu matris ile bilgi tabanı karşılaştırılarak parça tanınması işlemi gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen parça tanıma sistemi işlem planlama, grup teknolojisi gibi tasarım ve tasarım sonrası işlemlerde kullanılabilecek özelliktedir.

Eşme ve arkadaşları, tel erezyonla kesme işleminde 4 adet kesme parametresinin (açık devre montajı, puls zamanı, tel ilerleme hızı, iyoniz su basıncı) yüzey pürüzlüğü üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla ileri beslemeli, geri yayılımlı bir YSA modeli geliştirmişlerdir [24]. Böylece önceden bilinen verilerle yüzey pürüzlüğü tahmin etmeye çalışmışlardır. Elde edilen bu tahminler gerçek deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

YSA mevcut olan bilgiler değerlendirilmek suretiyle tahmin yapmak amacıyla kullanılan ve pek çok alana (mühendislik, ekonomi, fizik, kimya, vb.) hitap eden bir

metottur. Bu bağlamda, YSA' nın kullanıldığı farklı alanlarda yapılmış çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Yüksek ve arkadaşları, belirlemiş oldukları 12 adet parametre ile hava kirliliği tahmini yapan bir YSA modeli geliştirmişlerdir [25]. Belirli tarihler arasında önceden elde edilen ölçüm sonuçlarını kullanarak geri beslemeli bir sinir ağı modelinde ağı eğitimi sağlanmış ve birkaç ağ modeli geliştirilmiştir. Belirlenen modellerden en iyi tahmini yapan model belirlenmiştir. Bu model ile bir sonraki günün hava kirliliği %84-88 değerleri arasında tahmin edilmiştir.

Kaynar ve arkadaşları, ham petrol fiyatlarına ait geçmiş verileri kullanarak YSA yöntemi ile ileride oluşabilecek ham petrol fiyatlarını tahmin etmeye yönelik bir çalışma yapmışlardır [26]. Bu çalışma ile elde edilen tahminler klasik zaman serisi analizi ile elde edilen tahmin değerleri ile karşılaştırılmış, YSA yöntemi ile bulunan sonuçların daha iyi tahminler olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak tahmin çalışmasında YSA yönteminin etkili bir yöntem olduğu ispat edilmiştir.

Karaatlı ve Albeni, doğru tarım politikalarının belirlenmesine katkıda bulunmak amacıyla klasik tahmin yöntemlerinden farklı olarak, gül çiçeği dikim alanlarının YSA yöntemi ile tahmin edilmesi çalışmasını yapmışlardır [27].

Erilli ve arkadaşları, Tüketici Fiyatları Endeksi verilerinin tahmininde YSA yöntemini kullanmışlar ve bu şekilde ileriye dönük olası enflasyon değerleri hakkında önceden bilgi sahibi olmaya çalışmışlardır [28].

Güven ve arkadaşları, kullanıcıların elektronik ortamda bilgiye hızlı ve doğru bir şekilde kolayca erişmelerini sağlayacak bir yöntem üzerine çalışmışlardır [29]. Bunun için web sayfalarının belirlenen konulara göre doğru bir şekilde sınıflandırılmasına yönelik bir çalışma yapmışlar ve YSA yöntemi ile sınıflandırma

problemini çözmüşlerdir. Böylece kullanıcının doğru bilgiye, kolay bir şekilde erişmesine katkıda bulunmuşlardır.

Akkaya ve Gökçen, atölye çizelgeleme tasarımında benzetim ve YSA tekniğini kullanmışlardır. YSA' nı geri yayımlı algoritma ile eğitmişlerdir [30]. Geliştirilen model ile tezgah seçimi, malzeme taşıma sistemi seçimi, sistemde kullanılacak öncelik kuralı seçimi işlemleri gerçekleştirilmiştir.

3. UNSUR KAVRAMI

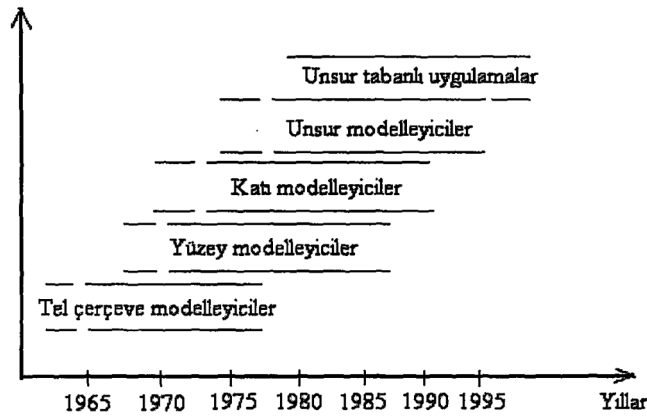
3.1. Unsur Tanımı

Unsur kavramı zaman içinde; tasarım, üretim ve montaj gibi faaliyetleri de içerecek şekilde genişlemiştir. Bu tür faaliyetler ile ilgilenen her araştırmacının değişik bir konuya öncelik vermesi ve konuya farklı bir açıdan yaklaşmasından ötürü genelde kabul edilmiş tek ve geçerli bir unsur tanımı bulunmamaktadır [31]. Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılmış unsur tanımları şunlardır:

1. Bir parçanın şekil veya diğer özelliklerini barındıran bilgi setleri [32].
2. Bir parça veya montajın mühendislik anlamını temsil eden geometri [33].
3. Bir parçanın veya yüzeyin ilgilenilen kısmı [34].
4. Gerçek veya hayali yüzeylerle çevrilmiş hacim [35].
5. Geometrik elemanlar [36].
6. Tasarımda, analizde ve imalatta uygun bir biçimde kullanılmak üzere; geometrik, topolojik ve fonksiyonel bilgilerin bir eleman içinde gruplanması [37].
7. İşleme operasyonundan etkilenen parçanın ilgili kısmı [38].
8. Bir iş parçası geometrisi üzerinde özel tasarım veya imalat karakteristiğine sahip bir bölge [39].

Son yıllarda BDT alanında önemli gelişmeler olmuştur. Her yeni gelişme yeni ihtiyaçlardan ortaya çıkmış ve yeni teknikleri de beraberinde getirmiştir. Bu gelişmeler arasındaki temel fark desteklenen bilgi seviyesidir. İlk geliştirilen modelleme programları sadece tel çerçeve şeklinde modelleme yapmakta ve iki boyutlu çizim işlemlerini desteklemekteydiler. Sadece nokta ve çizgi ile çizim yapmak mümkün olabiliyordu. Parametrik ve sınırlandırma temelli sistemlerin devreye girmesi ile, değişken geometrili veya denklemleri içeren tasarım problemlerinin çözümünde büyük kolaylıklar sağlanmıştır. Ancak tüm bu yaklaşım veya sistemlerin hiç birisi BDT/BDİ bütünleşmesi veya tasarım-üretim arası tam otomasyon sağlanmasında yeterli olamamıştır. Çünkü bu tür sistemler, doğru, daire,

prizma veya silindir gibi düşük düzeyli temel elemanlar kullanarak parça geometrisini temsil edebilmektedirler. Ayrıca bu tür elemanlar veya bunlardan oluşan nesnelere, ne tasarım fikirlerini ifade etmeye ne de üretim işlemlerini otomatik yapmaya uygun değildi [40]. Modelleme programlarının tarihsel gelişimi Şekil 3.1'de görülmektedir.



Şekil 3.1. Modelleme programlarının tarihsel gelişimi [40]

Ancak unsurların gruplanması konusunda kabul gören yaklaşıma göre, unsurlar genel olarak tasarım veya biçim unsurları (form features) ve imalat unsurları (manufacturing features) olmak üzere ikiye ayrılırlar. Biçim unsurları ekleme ve çıkarma olabileceği gibi, imalat unsurları sadece çıkarma olarak tanımlanırlar. Biçim unsurları tasarımın fonksiyonel bilgilerini ihtiva ederken, imalat unsurları imalat ile ilgili bilgileri bulundurlar [40].

3.2. Unsur Tanıma ve Çıkarma

Unsur tanıma bir BDT veri tabanından imalat unsurlarının çıkarma işlemidir [41]. Diğer bir ifadeyle, iş parçası BDT modeli üzerinde bir bilgisayar programı ile geometrik verilerin analiz edilip, belli unsur prototip yapıları ile karşılaştırılmak suretiyle unsur elde edilmesine unsur tanıma veya çıkarma adı verilir [42].

BDT ve BDİ arasında bağlantı kurma eş zamanlı tasarım ve imalatta en zor işlerden biridir. BDT ve BDİ arasında uygun bir ara yüz olmaksızın etkili bir işlem planlama yapmak imkansızdır. Unsur tanıma ya da unsur çıkarma bu hedefe ulaşmanın anahtarlarıdır [41].

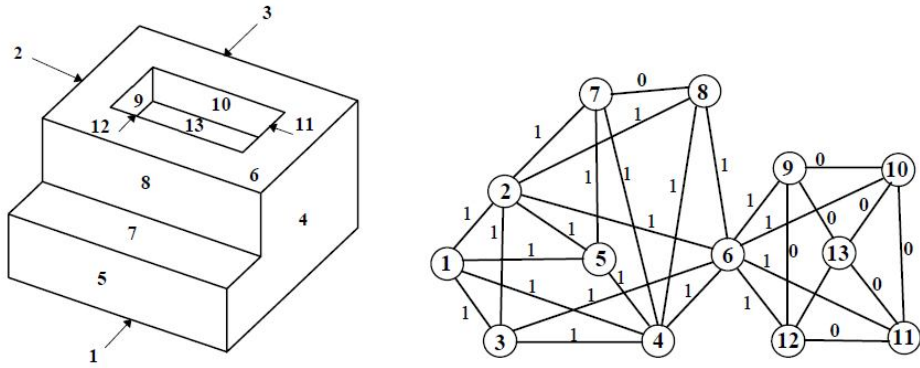
Unsur tabanlı modellemenin mümkün olmadığı yıllarda ihtiyaç duyulan bu yöntem ile CSG veya B-Rep formatında oluşturulan parça geometrik verileri analiz edilerek unsurlar elde edilir. Araştırmacılar değişik unsur tanıma algoritmaları geliştirmişlerdir. Bunlardan bazıları, Çizgi (graph) tabanlı teknikler, dış bükey kabuk (convex hull) teknikleri ve kural tabanlı (rule-based) tekniklerdir [42]. Ayrıca CSG ağacından unsur tanıma, hücre tabanlı teknikler, sinir ağları kullanarak unsur tanıma yöntemleri de mevcuttur.

3.3. Unsur Tanıma Teknikleri

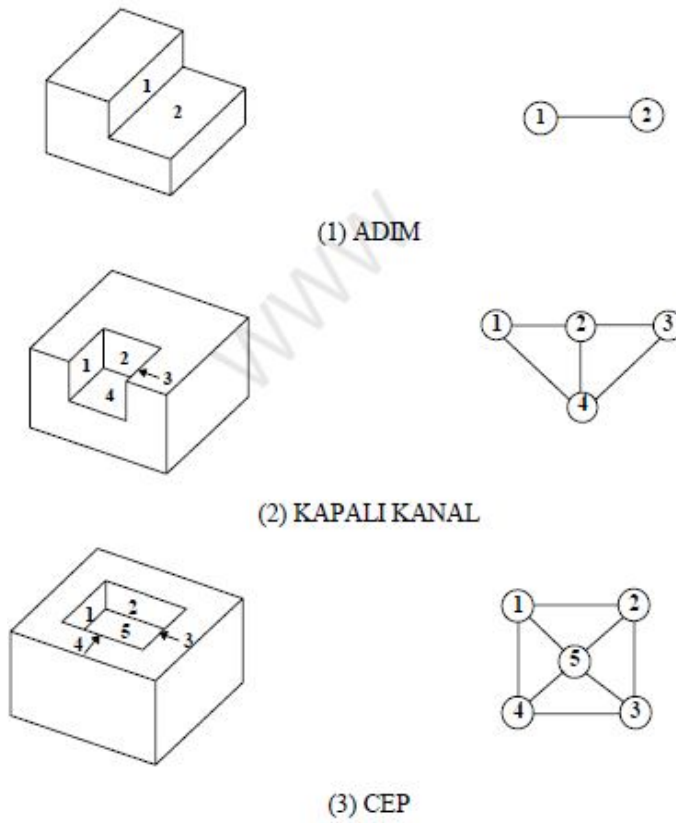
3.3.1. Çizgi tabanlı teknikler

Çizgi (graph) tabanlı teknikler ile unsur tanımada, parçanın topolojik biçimi bir çizgi olarak temsil edilmektedir. Genellikle bu çizginin düğümleri parça yüzeylerini, kenarları ise parça kenarlarını temsil etmektedir. Daha sonra bu çizgide yapılacak arama işlemi ile, çizgi ile temsil edilen parçaya ait unsurlar belirlenir [40].

Çizgi tabanlı yaklaşımlar çok yüzlü parçalar için kullanılmıştır. Bu yöntemin olumsuz tarafları; alt Çizgilere ayrıştırma problemi, bilgisayar işlemlerindeki karmaşıklık ve dolayısı ile fazla zaman ve hafıza kullanılmasıdır. Ayrıca kesişen unsurları tanımada zayıf oldukları ve unsur temsilinde çok fazla veriye gereksinim duydukları belirtilebilir [31].



Şekil 3.2. Örnek parça ve çizgisi (1: dış bükey, 0: içbükey) [39]

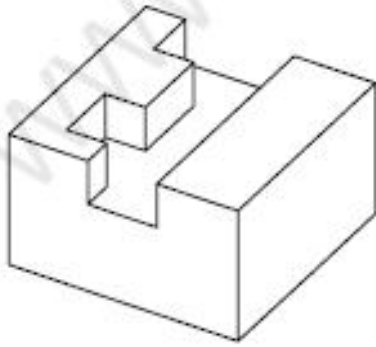


Şekil 3.3. Bazı unsur ve çizgileri [39]

Parçanın Çizgisi üzerinde arama yapılarak alt Çizgiler çıkarılır. Bundan sonraki işlem bu Çizgilerin hangi unsurlara karşılık geldiğinin bulunmasıdır. Düğüm noktaları taranarak 1 değerine sahip bağlar silinir ve elde edilen alt çizgiler Şekil 3.3'de verilen unsurların çizgileri ile karşılaştırılarak unsurlar elde edilir.

Şekil 3.2’de verilen örnekte bu işlemler yapılırsa elde edilen alt çizgilerin adım ve cep unsurlarına karşılık geldiği görülür.

Eğer parça üzerinde kesişen unsur varsa, elde edilen alt çizgiler tek bir unsura karşılık gelmeyebilir. Değişik şekillerde kesişme olabileceğinden önceden tanımlanmış kurallar ile unsurların tanınması mümkün olmayabilir. Bu durumda alt Çizgiler ayrıştırılarak basit unsurlar elde edilmeye çalışılır. Ayrıştırma işlemi, belli kenarların silinmesi veya düğüm noktalarının sezgisel kurallar ile ayrılması şeklinde olur. Unsurların birbirleri ile kesişmeleri sonunda silinen yüzeyler olabilir. Bu durumda ise hayali yüzeyler kullanılarak hayali cepler oluşturulur. Şekil 3.4’de hayali cep olarak tanınan bir örnek parça verilmiştir [39].



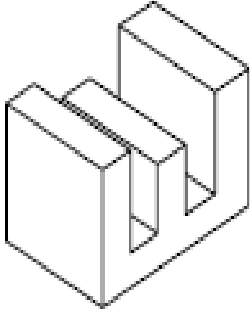
Şekil 3.4. Hayali cep olarak tanınan unsur [39]

Çizgi kullanarak bir başka unsur tanıma işleminde ise parça yüzeyleri arasındaki ilişki Çizgisi çizilir ve ilişki matrisi oluşturulur. Bu matris üzerinde önceden belli unsur kalıplarına uyan bölgeler aranarak hangi yüzeylerin unsur oluşturduğu ortaya çıkarılır [43]

3.3.2. Dış bükey kabuk ayrıştırma tekniği

Bu yöntemde katı modeldeki unsurları tanımak için hacimsel özellikler kullanılır. Bu teknik, bir parçayı ham malzemeden imal edebilmek için talaş kaldırılacak malzemeleri belirleme fikrine dayanmaktadır. Dış bükey kabuk algoritması ve

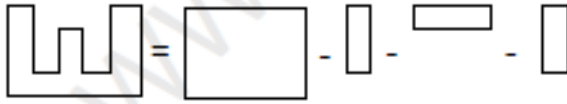
Boolean işlemleri kullanılır. Parça, hacim ekleme veya çıkarma şeklinde bir dizi dış bükey hacimle ifade edilebilir [40]. Şekil 3.5'deki parçanın tasarım ve imalat dış bükey kabuk ayrıştırma aşamaları Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.5. Örnek parça



a) Tasarım unsurları



b) İmalat unsurları

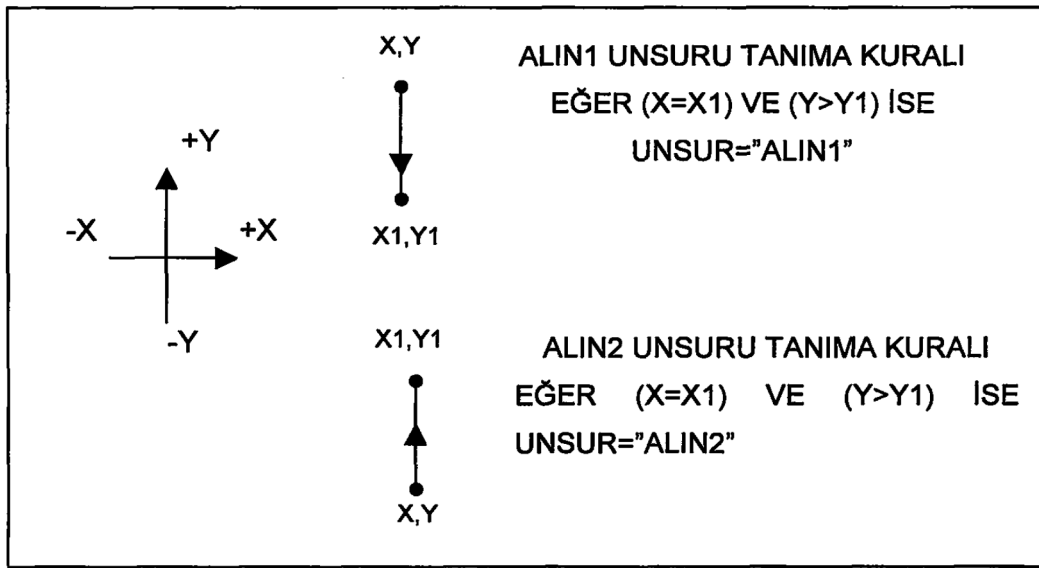
Şekil 3.6. Dış bükey kabuk ayrıştırma yöntemi

Bu yöntemle tanıma işleminin bazı dezavantajları vardır. Elde edilen unsur tek bir işleme operasyonuna karşılık gelmeyebilir. Ayrıca bu yöntemin eğri yüzeylere sahip parçalara uygulanması zordur [33]

3.3.3. Kural tabanlı teknikler

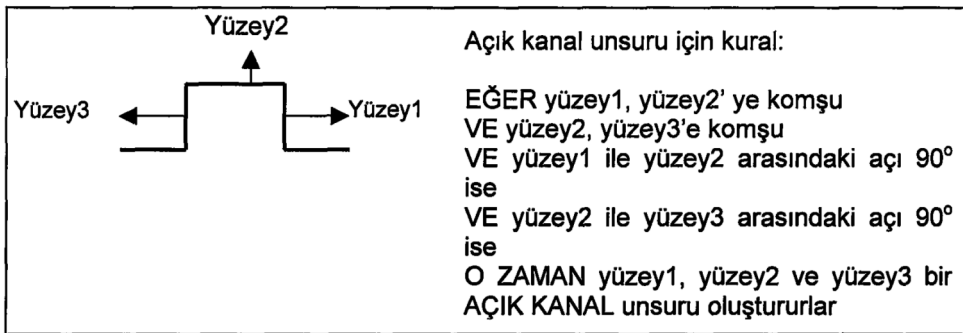
UNSURLARIN GEOMETRİK ÖZELLİKLERİNDEN FAYDALANILARAK OLUŞTURULAN KURALLAR İLE, PARÇA GEOMETRİSİNİN SORGULANMASI SONUCU UNSURLAR TANINIR. ÖRNEĞİN DXF DOSYASINDAN KAYDEDİLEN BİR İŞ PARÇASINA AİT UNSUR TANIMA İŞLEMİ ŞÖyledir: Unsur tanıma işleminde

öncelikle iş parçasının iki boyutlu çizimine ait DXF dosyasından iş parçasına ait köşe noktaları (vertex) bulunur. Komşu kenarların bulunması için, bulunan bu noktalar sağdan sola doğru sıraya konur. Bu işlemden sonra sağdan sola doğru her iki köşe noktası birleştirilerek, kenarlar ve boyutlar bulunur. Komşu kenarların ve boyutların kontrol edilmesi ile aralarındaki ilişkilerin belirlenmesiyle unsur konusunda son kararın verilmesi sağlanır. Şekil 3.7'de alın1 ve alın2 unsurları tanıma kuralları verilmiştir [40].



Şekil 3.7. Alın unsuru tanıma kuralı [40]

Kanal unsurunu tanımak için kural Şekil 3.8'de verilmiştir.



Şekil 3.8. Kanal unsuru tanıma kuralı [40]

3.3.4. STEP tabanlı teknikler

Bu yöntemle unsur tanımda çeşitli yaklaşımlar mevcuttur. Özetle bu yaklaşımlar şu şekilde ele alınabilir:

Yüzey pürüzlülüğü, geometrik ve boyutsal toleranslar gibi bütün kullanışlı bilgiyi içeren girdi ve çıktı formatları olarak nötr mamul veri standardı STEP kullanılır. Sisteme girdi olarak kullanılan parça, parçayı üretmek için ihtiyaç duyulan bir takım operasyonları türetmek için analiz edilmiştir [44].

STEP dosyası kullanarak yüz ve unsurlar tayin edilmiş ve yüzler arasındaki açılar hesaplanmıştır. Aynı zamanda, yüzler arasındaki komşuluk, iç bükeylik ve dış bükeylik ilişkileri saptanarak parça modeli kısa ve özlü bir şekilde temsil edilmiştir [44].

Parçalar, parçanın yüzlerini karşılayan düğümler ve parçanın kenarlarını karşılayan zincirleri içeren nitelikli grafikler kullanılarak temsil edilmiştir. Parça yüzeyleri STEP dosyasında açıkça verilmiştir. Yüzey tipi, normal yönü gibi yüzey nitelikleri düğümlere ve kenar tipi, iki bağlanmış düğüm, kenar uzunluğu ve iki düğüm arasındaki nispi yön gibi kenar nitelikleri zincirlere iliştilmiştir. Grafik, bir veri dönüşüm formatı olan parçanın STEP fiziksel dosyası yardımıyla hazırlanmaktadır [44].

3.3.5. Yapay zeka tabanlı teknikler

Bir yapay zeka yöntemi olan YSA ve Genetik Algoritma (GA) gibi yöntemler kullanılarak unsurların tanıyan çalışmalar yapılmış ve pek çok unsur tanıma modeli geliştirilmiştir. Genel olarak bu yöntemlerde katı modelleyiciye ait çeşitli dosya yapıları (STEP, IGES, ACIS SAT vb.) analiz edilir. Bu dosya yapılarından elde edilen veriler çeşitli grafikler, matrisler ve sayısal vektörlere dönüştürülür.

YSA ile gerçekleştirilen unsur tanıma işlemlerinde katı modelleyici dosya yapısının analizi sonucu elde edilen veriler YSA' nın eğitiminde ve test edilmesi işleminde kullanılmak üzere girdilere dđnüştürölmektedir. Bu veriler yardımıyla geliştirilen modelin doğruluğu test edilmektedir.

4. YAPAY SİNİR AĞLARI

4.1. Yapay Sinir Ağlarının Tanımı

YSA, 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 sistemleridir. YSA, insan beyninin bilgi işleme teknolojisinden esinlenerek geliştirilmiş bir bilgi işlem teknolojisidir. Bir başka deyişle YSA, biyolojik sinir ağlarını taklit eden bilgisayar programlarıdır [45].

YSA ile basit biyolojik sinir sisteminin çalışma şekli simüle edilir (benzetilir). Simüle edilen sinir hücreleri nöronlar içerirler ve bu nöronlar çeşitli şekillerde birbirlerine bağlanarak ağı oluştururlar. Bu ağlar öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarma kapasitesine sahiptirler. Diğer bir ifadeyle, YSA, normalde bir insanın düşünme ve gözlemlemeye yönelik doğal yeteneklerini gerektiren problemlere çözüm üretmektedir. Bir insanın, düşünme ve gözleme yeteneklerini gerektiren problemlere yönelik çözümler üretebilmesinin temel sebebi ise insan beyninin ve dolayısıyla insanın sahip olduğu yaşayarak veya deneyerek öğrenme yeteneğidir.

YSA, insan beyninin çalışma sisteminin yapay olarak benzetimi çabalarının bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Önceleri temel tıp birimlerinde insan beynindeki nöronların matematiksel modelleme çabaları ile başlayan çalışmalar, geçtiğimiz yıllar içerisinde, disipline bir şekil almıştır. YSA bugün makine, malzeme, fizik, matematik, elektrik ve bilgisayar mühendisliği gibi çok farklı bilim dallarında araştırma konusu haline gelmiştir. YSA' nın pratik kullanımı genelde, çok farklı yapıda ve formlarda bulunabilen bilgi verilerini hızlı bir şekilde tanımlama ve algılama üzerinedir. Aslında mühendislik uygulamalarında YSA' nın geniş çaplı kullanımının en önemli nedeni, klasik tekniklerle çözümü zor problemler için etkin bir alternatif oluşturmasıdır. Çünkü bilgisayarlar insanın beyinsel yeteneğinin en zayıf olduğu çarpma, bölme gibi matematiksel ve algoritmik hesaplama işlemlerinde

hız ve doğruluk açısından yüzlerce kat başarılı olmalarına rağmen insan beyninin öğrenme ve tanıma gibi işlevlerini hala yeteri kadar gerçekleştirememektedir. Çizelge 4.1'de bilgisayar ile insan beyni arasındaki çalışma sistem yapısı karşılaştırmalı olarak verilmiştir [46].

Biyolojik sistemlerde öğrenme, nöronlar arasındaki sinaptik (*synaptic*) bağlantıların ayarlanması ile olur. Yani, insanlar doğumlarından itibaren bir *yaşayarak öğrenme* süreci içerisine girerler. Bu süreç içinde beyin sürekli bir gelişme göstermektedir. Yaşayıp tecrübe ettikçe sinaptik bağlantılar ayarlanır ve hatta yeni bağlantılar oluşur. Bu sayede öğrenme gerçekleşir. Bu durum YSA için de geçerlidir. Öğrenme, eğitime yoluyla örnekler kullanarak olur; başka bir deyişle, gerçekleşme girdi/çıkıtları verilerinin işlenmesiyle, yani eğitime algoritmasının bu verileri kullanarak bağlantı ağırlıklarını (*weights of the synapses*) bir yakınsama sağlanana kadar, tekrar tekrar ayarlamasıyla olur [47].

YSA, ağırlıklandırılmış şekilde birbirlerine bağlanmış birçok işlem biriminden (nöronlar) oluşan matematiksel sistemlerdir. Bir işlem birimi, aslında sık sık transfer fonksiyonu olarak anılan bir denklemdir. Bu işlem birimi, diğer nöronlardan sinyalleri alır, bunları birleştirir, dönüştürür ve sayısal bir sonuç ortaya çıkartır. İşlem birimlerinin bir ağ içinde birbirlerine bağlanması ile sinir ağlarını oluşturur.

Sinirsel (*neural*) hesaplamanın merkezinde dağıtılmış, adaptif ve doğrusal olmayan işlem kavramları vardır. YSA, geleneksel işlemcilerden farklı şekilde işlem yapmaktadırlar. Geleneksel işlemcilerde, tek bir merkezi işlem birimi her hareketi sırasıyla gerçekleştirir. YSA ise her biri büyük bir problemin bir parçası ile ilgilenen, çok sayıda basit işlem birimlerinden oluşmaktadır. En basit şekilde, bir işlem birimi, bir girdiyi bir ağırlık kümesi ile ağırlıklandırır, doğrusal olmayan bir şekilde dönüşümünü sağlar ve bir çıktı değeri oluşturur. İlk bakışta, işlem birimlerinin çalışma şekli yanıltıcı şekilde basittir. Sinirsel hesaplamanın gücü, toplam işlem yükünü paylaşan işlem birimlerinin birbirleri arasındaki yoğun bağlantı yapısından gelmektedir. Bu sistemlerde geri yayılım metoduyla daha sağlıklı öğrenme sağlanmaktadır. Çoğu YSA, benzer karakteristiğe sahip nöronlar tabakalar halinde

yapılandırılırlar ve transfer fonksiyonları eş zamanlı olarak çalıştırılırlar. Hemen hemen tüm ağlar, veri alan nöronlara ve çıktı üreten nöronlara sahiptirler. YSA' nın ana ögesi olan matematiksel fonksiyon, ağın mimarisi tarafından şekillendirilir. Daha açık bir şekilde ifade etmek gerekirse, fonksiyonun temel yapısını ağırlıkların büyüklüğü ve işlem elemanlarının işlem şekli belirler. YSA' nın davranışları, yani girdi veriyi çıktı veriye nasıl ilişkilendirdikleri, ilk olarak nöronların transfer fonksiyonlarından, nasıl birbirlerine bağlandıklarından ve bu bağlantıların ağırlıklarından etkilenir [47].

YSA' nın üstünlüklerinin yanı sıra bazı sakıncaları da vardır. Bu sakıncalar aşağıdaki şekilde listelenebilir [45]:

- Sistem içerisinde ne olduğu bilinemez.
- Bazı ağlar hariç kararlılık analizleri yapılamaz.
- Farklı sistemlere uygulanması zor olabilir.

Çizelge 4.1. Bilgisayar ile insan beyni arasındaki çalışma sistem yapısı [46]

BİLGİSAYAR	İNSAN BEYİNİ
Sayısal	Analog
Seri	Paralel
Komut Kümeli	Bilgiye Adapte Olma
Yanlış Hesaplamalar Sonucu Etkiler	Birimlerin Ana İşlemlere Etkisi Azdır
Giriş Verilerindeki Hatalar Sonucu Etkiler	Giriş Verilerindeki Hatalara Her Zaman Duyarlı Değil

4.2. Yapay Sinir Ağlarının Tarihçesi

1942 yılı YSA' nın gelişiminin başlangıç yılı olarak kabul edilmektedir. Bu tarihte Warren McCulloch ve Walter Pitts, ilk hücre modelini geliştirmişlerdir. Bunun yanında birkaç hücrenin ara bağlaşımını incelediler. Donald Hebb, 1949 yılında hücre bağlantılarını ayarlamak için ilk öğrenme kuralını önerdi. 1951 yılında ilk neuro-bilgisayar üretilmiştir. 1954 yılında Farley and Clark tarafından rastsal ağlar (random networks) ile adaptif tepki üretme kavramı ortaya atılmıştır ve bu kavram

1958 yılında Frank Rossentblatt ve 1961 yılında Caianiello tarafından geliştirilmiştir [49]. 1958'de Frank Rosenblatt, algılayıcı (perceptron) modelini ve öğrenme kuralını geliştirerek, bugün kullanılan kuralların temelini koydu. 1960-1962 yılında, Widrow ve Hoff tarafından ADALINE' lar ve LMS kuralı geliştirildi. 1969 yılında, Minsky ve Papert, algılayıcının kesin analizini yaptı ve algılayıcının karmaşık lojik fonksiyonlar için kullanılamayacağını ispatladılar. Bunun üzerine, YSA üzerine yapılan çalışmalar hemen hemen durma noktasına gelmiştir. 1960 yılının ortalarından, 1980 yılının başına kadar bir durgunluk dönemi yaşanmıştır. Çalışmaları büyük ölçüde azaltan bu durgunluğun en önemli faktörlerinden birisi, YSA' nın bilgi işlemede alternatifi olan günümüzün sayısal bilgisayarlarının, yarı iletken teknolojisi ile yoğun, büyük çapta ucuz ve güvenilir gerçekleştirme imkanını bulmasıdır. Seri olarak çalışan hızlı birimlerden oluşmuş sayısal bilgisayarlar, aritmetik işlemlerde yüksek hız, kapasite ve güvenilirlik sağlamışlardır. 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 göstermiştir. Optimizasyon gibi teknik problemleri çözmek için doğrusal olmayan Hopfield ağını geliştirdi. 1982-1984 yılında Kohonen öz düzenlemeli haritayı (self-organizing map) tanımladı. Kendi adıyla anılan eğiticiyiz öğrenen bir ağ geliştirdi.1986 yılında Rumelhart geriye yayılımı tekrar meydana çıkarttı. 1988 yılında Chua ve Yang hücreyel sinir ağlarını geliştirdiler.

4.3. Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları

Halen uygulanabilirliği, gelecekte uygulanabileceği konusundaki aktif çalışmalar göz önüne alındığında, YSA' nın kullanım alanları ve uygulamaları kısaca şu şekilde verilebilir.

- a) Biyoloji: Beyni ve diğer sistemleri daha iyi anlama, retina ve korneayı modelleme.

- b) İş Dünyası: Petrol ve jeolojik yapı değişimlerinin tahmini, özel durumlar için toplum eğilimlerinin tanımı, veri tabanı oluşturulması, hava yolları ve ücret düzenlemesi, el yazısı karakterini tanıma.
- c) Çevresel: Numuneleri analiz etme, hava tahmini.
- d) Finans: Kredi riski değerlendirilmesi, sahte para ve evrak tanımı, el yazısı formların değerlendirilmesi, yatırım eğilimleri ve portföy analizi.
- e) Üretim: Robot ve kontrol sistemlerini otomatikleştirme, üretim işlem kontrolü, kalite kontrolü, montaj hattında parça seçimi.
- f) Tıp: Sağırlar için ses analizi, semptom hastalıkların teşhis ve tedavisi, ameliyat görüntüleme, ilaçların yan etkilerinin analizi, x-ışınlarını okuma, epileptik felcin nedenlerini anlama.
- g) Askeri: Radar sinyallerini anlama, yeni ve gelişmiş silahlar yaratma, keşif yapma, kıt kaynakların kullanımını optimize etme, hedef tanıma ve izleme.

4.4. Yapay Sinir Ağlarının Üstünlükleri

YSA modelleri, biyolojik sinir ağlarının çalışma biçimlerinden esinlenerek ortaya çıkarılmıştır. YSA, biyolojik olmayan yapı taşlarının düzgün bir tasarımla birbirlerine yoğun olarak bağlanmalarından oluşmaktadır. Sinir sisteminin modellenmesi için yapılan çalışmalar sonucu oluşturulan YSA, biyolojik sinir sisteminin üstünlüklerine de sahiptir. Bu üstünlükleri şu şekillerde özetleyebilmek mümkündür. Birinci üstünlük YSA' nın paralellik özelliğidir. YSA modelinde her eleman kendi kendinin işlemcisi olabilmektedir. Aynı katmanlar arasında zaman bağımlılığı yoktur, tamamıyla eşzamanlı olarak çalışabilirler. Bu özelliği nedeniyle YSA, hız konusunda oldukça büyük üstünlük sağlamaktadır. İkinci üstünlüğü ise, YSA' nın öğrenme özelliğinin bulunmasıdır. İnsan sinir sisteminin, problemleri çözebilmek için öğrenme özelliği olduğu gibi, YSA' nın da bu özelliği mevcut bulunmaktadır. Üçüncü üstünlüğü ise, paralel çalışan YSA' nın karışık işlevler gerektirmemesi, basit işlemleri içermesidir. YSA' nın bir başka üstünlüğü de ayrı ayrı elemanlarda meydana gelen hasarın, başarımda ciddi bir düşüşe yol açmamasıdır. Halbuki bilgisayarın herhangi bir işlem elemanını yerinden almak onu etkisiz bir makineye dönüştürmektedir.

Sinir ağı ile hesaplamalarda istenilen dönüşüm için, adım adım yürütülen bir yöntem gerekmez. Sinir ağı ilişkilendirmeyi yapan iç kuralları kendi üretir ve bu kuralları, bunların sonuçlarını örneklerle karşılaştırarak düzenler. Deneme ve yanılma ile, ağ kendi kendine işi nasıl yapması gerektiğini öğretir. YSA' nda bilgi saklama, verilen eğitim özelliğini kullanarak eğitim örnekleri ile yapılır. Sinirsel hesaplama, algoritmik programlamaya bir seçenek oluşturan, temel olarak yeni ve farklı bir bilgi işleme olayıdır. Uygulama imkanının olduğu her yerde, tamamen yeni bilgi işleme yetenekleri geliştirebilir. Bu sayede de geliştirme harcamaları ile geliştirme süresi büyük ölçüde azalır.

Sinir yapılarına benzetilerek bulunan ağların eğitimi de, normal bir canlının eğitimine benzemektedir. Sınıfların birbirinden ayrılması işlemi (dolayısıyla kendini geliştirmesi), öğrenme algoritması tarafından örnek kümeden alınan bilginin adım adım işlenmesi ile gerçekleşir.

YSA' nın; paralel çalışma yeteneği, öğrenerek kendini geliştiren bir eğitim yöntemi, donanım olarak kolay gerçekleştirilebilir olması, genelleme yeteneği ve sistem cevabının hücre ölümüne az bağlı olması en önemli özelliklerindedir. Ancak öğrenme algoritmalarının yerel en uygunlara (optimum) takılması ve yapısından kaynaklanan eksikliklerden dolayı ağın düğüm sayısının çok arttığı ve genelleme özelliğinin azaldığı gözlenmiştir. Ağlar, ihtiyaca göre kendini büyütmesi ve yerel en uygunlardan kurtulması için genetik algoritmalar eğitilir. Genetik algoritmaların en uygun çözüm noktasını aradığı her iterasyonda ağ içerisindeki hücre sayısı artırılır. Böylece en az hücre sayısı ile en iyi noktaya ulaşılmaya çalışılır. Aşağıda YSA' nın üstünlükleri açıklamalarıyla sıralanmıştır.

- a) Paralellik: Alışlagelmiş bilgi işlem yöntemlerinin çoğunda işlemler seri bir düzen içerisinde. Bu düzen özellikle hız sorununa yol açmaktadır. Daha öncede vurgulandığı gibi bilgisayarla beyne göre çok hızlı çalışmasına rağmen beynin toplam hızı bilgisayara göre çok yüksektir. YSA' nda işlemler doğrusal değildir ve bu bütün ağa yayılmış durumdadır. Aynı katmanlar arasında zaman bağımlılığı da bulunmamaktadır. Bu, tüm sistemin eş zamanlı

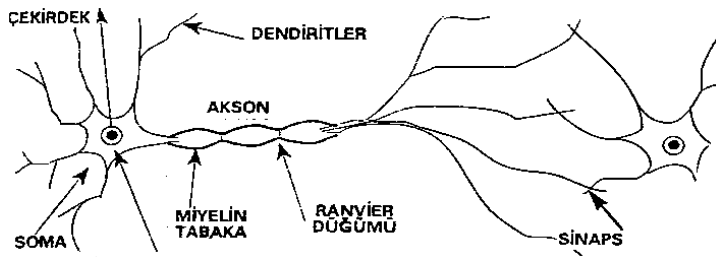
çalışabilmesine olanak vermekte ve hızı çok artırmaktadır. Bu sayede doğrusal olmayan karmaşık problemlerin de çözümlenmesi mümkün olmaktadır.

- b) Gerçeklenme Kolaylığı: YSA' nda basit işlemler gerçekleyen türden hücrelerden oluşması ve bağlantıların düzgün olması, ağların gerçekleşmesi açısından büyük kolaylık sağlamaktadır [50].
- c) Yerel Bilgi İşleme: YSA' nda her bir işlem birimi, çözülecek problemin tümü ile ilgilenmek yerine, sadece problemin gerekli parçası ile ilgilenmekte ve problemin bir parçası işlemektedir. Hücrelerin çok basit işlem yapmalarına rağmen, sağlanan görev paylaşımı sayesinde çok karmaşık problemler çözülebilmektedir [50].
- d) Hata Toleransı: Sayısal bir bilgisayarda, herhangi bir işlem elemanını yerinden almak, onu etkisiz bir makineye dönüştürmektedir. Ancak YSA' nda bir elemanda meydana gelebilecek hasar çok büyük önem teşkil etmez. YSA' nın paralel çalışması hız avantajı ile birlikte yüksek hata sağlamaktadır. Seri bilgi işlem yapan bir sistemde herhangi bir birimin hatalı çalışması, hatta bozulmuş olması tüm sistemin hatalı çalışmasına veya bozulmasına sebep olacaktır. Paralel bilgi işleme yapan bir sistemde ise, sistemin ayrı ayrı işlem elemanlarında meydana gelecek olan hatalı çalışma veya hasar, sistemin performansında keskin bir düşüşe yol açmadan, performansın sadece hata birimlerinin bir oranınca düşmesine sebep olacaktır [50].
- e) Öğrenebilirlik: Mevcut bilgi işlem sistemleri belirli bir algoritma kapsamında çalışmakta ve kendisi ağırlık ya da verileri yenileyememektedir Bu durumda tam tanımlı olmayan problemler de çözülememektedir Bunun yanında, herhangi bir problemin çözümü için probleme yönelik bir algoritmanın geliştirilmesi gerekmektedir [50]. YSA ile sisteme önceden girilen örnekler kullanılarak ağırlıkların saptanmasını sağlamakta ve her yeni çalışmada bu öğrenme işlemi yenilenebilmektedir. Amaca uygun olacak bir çalışmada önceden ağırlıkların ve bağlantıların verilememesi bir sorun oluşturmakta iken YSA' nın örneklerle kendini eğitmesi ve gerekli verileri oluşturması bu sorunu ortadan kaldırmaktadır. YSA problemleri verilen örneklerle çözer. Çözülecek problemler için yapı ayıdır.

- f) Uyarlanabilirlik: YSA' nda ağırlıkların yeniden yapılandırılabilir olması belirli bir problemi çözmek için eğitilen YSA' nın, problemdeki değişikliklere göre yeniden eğitilebilmesi ve farklı koşullara uyarlanabilmesini sağlamaktadır. Bu özellik YSA' nın örnek tanıma, sinyal işleme, sistem tanılama ve denetim gibi alanlarda etkin olarak kullanılmasını sağlamıştır.
- g) Genelleme: YSA eğitimi sonrasında, eğitim sırasında karşılaşılmayan test örnekleri de değerlendirip, arzu edilen tepkiler üretebilir [50].
- h) Donanım ve Hız: YSA, paralel yapısı sayesinde entegre devre teknolojisi ile gerçekleştirilebilir. Bu özellik, hızlı bilgi işleme yeteneğini artırmaktadır [50].

4.5. Nöronun Biyolojik Yapısı ve Nöron Modeli

İnsanın bilgi işleme olayı beyinde gerçekleşir. Gerçekte en karmaşık sinir ağı Cerebral Cortex denilen “beyin”dir. Sinir sisteminin en basit yapısı nöronlardır. Beyinde yaklaşık olarak 10^{10} sinir hücresi vardır. Yine hücre başına bağlantı sayısı ise 10^4 mertebesinde. Beyin için çalışma frekansı 100 Hz'dir. Fiziksel boyutları ise 1,3 kg ve $0,15 \text{ m}^2$ kesitlidir. Vücudun değişik yerleri ile bilgi alışverişi yapan nöron hücresidir. Şekil 4.1' de basit bir nöron hücresi görülmektedir [48].



Şekil 4.1. Basit bir nöron yapısı [48]

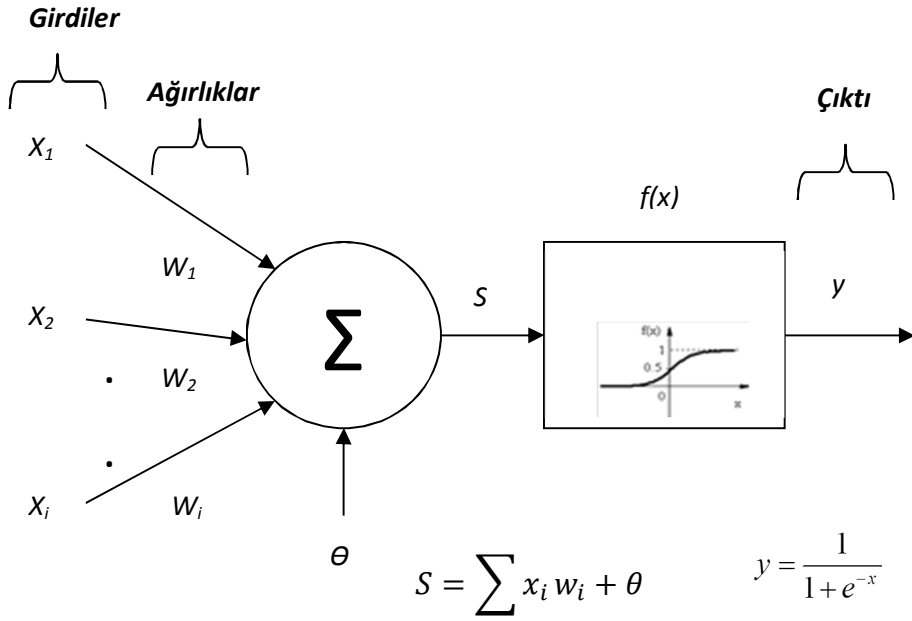
Nöron, soma adı verilen hücre gövdesi dendrit denilen kıvrımlı uzantılar ve somanın dalları sayesinde nöronu dallarına bağlayan tek sinir fiberli aksondan oluşur. Dendrit' ler hücreye gelen girişleri toplarlar. Dendrit tarafından alınan işaretler hücrede birleştirilerek bir çıkış darbesi üretilip üretilmeyeceğine karar verilir. Eğer bir iş yapılacaksa üretilen çıkış darbesi aksonlar tarafından taşınarak diğer nöronlarla

olan bağlantılara veya terminal organlara iletilir. Beyindeki kortekste her nöronun bir karşılığı vardır. Bir nöronun çıkışı ona bağlı olan bütün nöronlara iletilir. Fakat korteks, işin yapılabilmesi için hangi nöron harekete geçirilecekse, sadece ona komut gönderir. Somanın içinde ve çevresinde sodyum, kalsiyum, potasyum ve klor iyonları vardır. Potasyum yoğunluğu nöronun içinde, sodyum yoğunluğu dışındadır. Somanın zarı elektriksel olarak uyarılınca (söz konusu uyarı genellikle bir gerilim düşmesidir) zar, Na ve Ca gibi diğer iyonların içeri geçmesine izin verir ve somanın iç durumunu değiştirir. Nöronlar arasındaki bağlantılar hücre gövdesinde veya "sinaps" adı verilen dendritlerdeki geçişlerde olur. Yardımcı bir benzetme aksonlarla, dendritleri elektrik sinyallerini nörona ileten değişik empedansdaki yalıtılmış iletken olmasıdır. Sinir sistemi milyarlarca nöron ile tek bir nörondan çıkan aksonun 10 000 kadar diğer nöronu bağlayan bir ağdır. Sinapslarla düzeltilen işaretleri taşıyan aksonlar ve dendritlerle iç içe geçmiş nöronlar bir sinir ağı oluştururlar [48].

4.6. Yapay Sinir Hücresi

Biyolojik sinir ağlarında olduğu gibi YSA' nda temel unsur, yapay sinir hücresidir. Yapay sinir hücresi, YSA' nın çalışmasına esas teşkil eden en küçük ve temel bilgi işleme birimidir. Ağ içinde yer alan tüm nöronlar bir veya birden fazla girdi alırlar ve tek bir çıktı verirler. Bu çıktı YSA' nın dışına verilen çıktılar olabileceği gibi başka nöronlara girdi olarak da kullanılabilirler. Geliştirilen hücre modellerinde bazı farklılıklar olmakla birlikte genel özellikleri ile bir yapay hücre modeli 5 bileşenden oluşmaktadır. Bunlar [50]:

- 1- Girdiler (X_1, X_2, \dots, X_i)
- 2- Ağırlıklar (W_1, W_2, \dots, W_i)
- 3- Birleştirme Fonksiyonu (S)
- 4- Aktivasyon Fonksiyonu ($f(x)$)
- 5- Çıktı (y)



Şekil 4.2. Yapay bir sinir hücresinin yapısı [49]

4.6.1. Girdiler

Girdiler, diğer hücrelerden ya da dış ortamlardan hücreye giren bilgilerdir [50].

4.6.2. Ağırlıklar

Bilgiler, bağlantılar üzerindeki ağırlıklar üzerinden hücreye girer ve ağırlıklar, ilgili girişin hücre üzerindeki etkisini belirler. Ağırlıklar bir nöronda girdi olarak kullanılacak değerlerin göreceli kuvvetini (matematiksel katsayısını) gösterir. YSA içinde girdilerin nöronlar arasında iletimini sağlayan tüm bağlantıların farklı ağırlık değerleri bulunmaktadır. Böylelikle ağırlıklar her işlem elemanının her girdisi üzerinde etki yapmaktadır [50].

4.6.3. Birleştirme fonksiyonu

Birleştirme fonksiyonu, bir hücreye gelen net girdiyi hesaplayan bir fonksiyondur ve genellikle net girdi, girişlerin ilgili ağırlıkla çarpımlarının toplamıdır. Birleştirme

fonksiyonu, ağ yapısına göre maksimum alan, minimum alan ya da çarpım fonksiyonu olabilir [50].

$$v = \sum x_i w_i + \theta, \quad y = F(v) \quad (4.1)$$

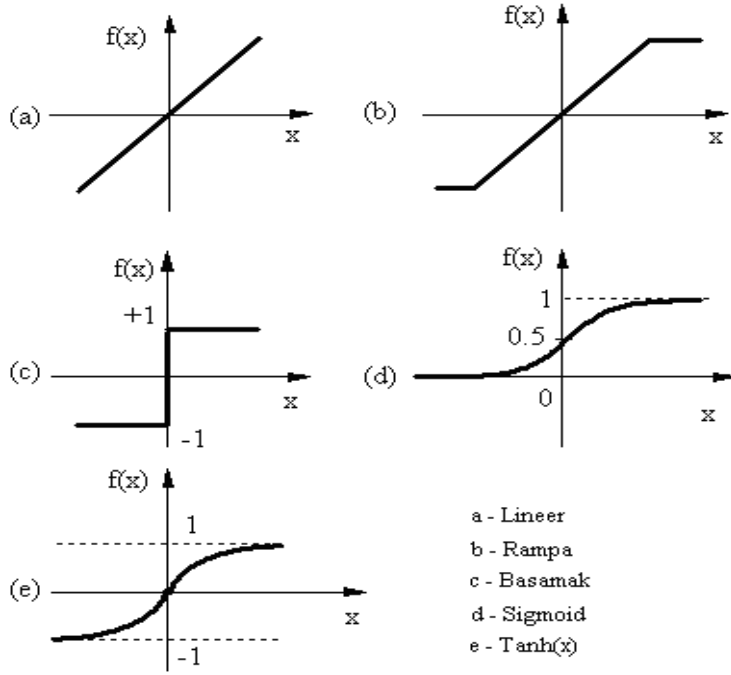
Eşitlikte, “w” hücrenin ağırlıklar matrisini, “x” hücrenin giriş vektörünü, “θ” eşik değeri, “v” hücrenin net girişini, “y” hücre çıkışını belirtir [50].

4.6.4. Aktivasyon fonksiyonu

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 YSA 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, ortalama sapmanın öğrenilmesi isteniyorsa hiperbolik tanjant fonksiyon kullanılması önerilmektedir [50].

Aktivasyon fonksiyonları bir YSA’nda nöronun çıkış genliğini, istenilen değerler arasında sınırlar. Bu değerler genellikle [0,1] veya [-1,1] arasındadır. YSA’nda kullanılacak aktivasyon fonksiyonlarının türevi alınabilir olması ve süreklilik göstermesi gereklidir. Doğrusal veya doğrusal olmayan transfer fonksiyonlarının kullanılması YSA’nın karmaşık ve çok farklı problemlere uygulanmasını sağlamıştır [50].

Şekil 4.3’de hücre modellerinde yaygın olarak kullanılan çeşitli aktivasyon fonksiyonları gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Sıkça kullanılan aktivasyon fonksiyonları

a) *Lineer aktivasyon fonksiyonu :*

Doğrusal bir problemi çözmek amacıyla kullanılan doğrusal hücre ve YSA’nda ya da genellikle katmanlı YSA’ nın çıkış katmanında kullanılan doğrusal fonksiyon, hücrenin net girdisini doğrudan hücre çıkışı olarak verir. Şekil 4.3 (a)'da gösterilen lineer fonksiyonun denklemi aşağıdaki gibidir [48].

$$f(x) = ax \quad (4.2)$$

“a” işlem elemanının “x” aktivitesini ayarlayan reel değerli bir sabittir. YSA’ nın çıkış katmanında kullanılan doğrusal fonksiyon şekilde verilmiştir [48].

b) *Rampa aktivasyon fonksiyonu :*

Lineer fonksiyon $(-\tau, +\tau)$ sınırları arasında kısıtlandığında Şekil 4.3 (b)' deki rampa eşik fonksiyonu olur ve denklemi;

$$f(x) = \begin{cases} +\tau, & \text{Eğer } x \geq \tau \text{ ise} \\ x, & \text{Eğer } |x| < \tau \text{ ise (yani } -\tau < x < \tau) \\ -\tau, & \text{Eğer } x \leq -\tau \text{ ise} \end{cases}$$

şeklini alır. $+\tau/-\tau$ işlem elemanının maksimumu/minimumu çoğu zaman doyma seviyesi olarak adlandırılan çıkış değeridir [48].

c) *Basamak aktivasyon fonksiyonu :*

Eğer eşik fonksiyonu bir giriş işaretine bağlı ise yaydığı $+\tau$ giriş toplamı pozitif, bağlı değilse eşik basamak fonksiyonu $-\delta$ olarak adlandırılır. Şekil 4.3 (c) , basamak eşik fonksiyonunu gösterir ve denklemi aşağıdaki şekildedir [48].

$$f(x) = \begin{cases} +\tau, & \text{Eğer } x > 0 \text{ ise} \\ -\delta, & \text{Diğer durumlar} \end{cases}$$

d) *Sigmoid aktivasyon fonksiyonu :*

Sigmoid aktivasyon fonksiyonu Şekil 4.3 (d)'de gösterildiği gibi yatık S biçiminde bir fonksiyon olup; seviyeli, doğrusal olmayan (non-linear) çıkış veren, sınırlı, monoton artan bir fonksiyondur. Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu, türevi alınabilir, sürekli ve doğrusal olmayan bir fonksiyon olması nedeniyle uygulamada en çok kullanılan aktivasyon fonksiyonudur. Bu fonksiyon, girdinin her değeri için $[0,1]$ aralığında bir değer üretir ve denklemi aşağıdaki şekildedir [48].

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (4.3)$$

e) *Tanjant hiperbolik aktivasyon fonksiyonu :*

Tanjant hiperbolik fonksiyonu, sigmoid fonksiyonunun biraz farklı şeklidir. Giriş uzayının genişletilmesinde etkili bir aktivasyon fonksiyonudur. Sigmoid fonksiyonun çıktı aralığı 0 ve 1 olurken, hiperbolik tanjant fonksiyonunun çıktısı -1 ve 1 aralığında oluşmaktadır. Şekil 4.3 (e)'de ise $\tanh(x)$ (tanjant hiperbolik) fonksiyonu görülmektedir ve denklemini aşağıdaki şekildedir.

$$\tanh(x) = \frac{e^x + e^{-x}}{e^x - e^{-x}} = \frac{e^{2x} - 1}{e^{2x} + 1} \quad (4.4)$$

Yukarıda anlatılan aktivasyon fonksiyonlarından başka, literatürde geçen diğer aktivasyon fonksiyonları;

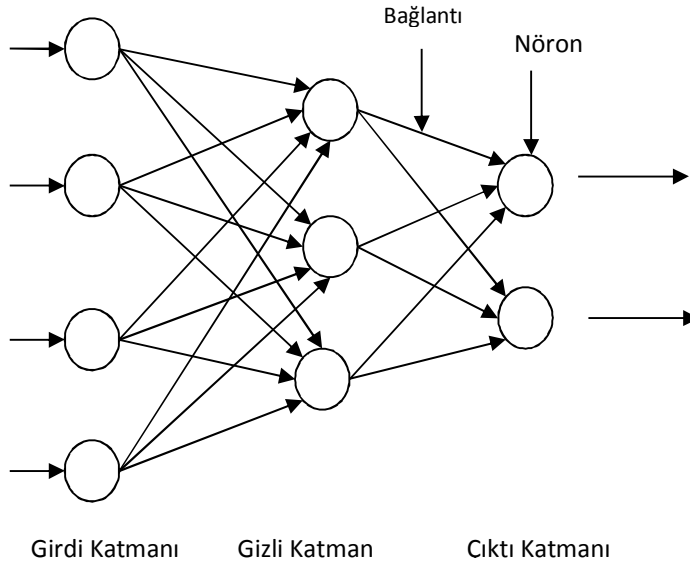
- Kutuplamalı Basamak Fonksiyonu
- Parçalı Doğrusal Fonksiyon 'dur.

Her işlem elemanı kendisine gelen bir yerel veriye göre, kendisini ayarlayarak bütün YSA' nın enformasyon bölgesini öğrenmesini sağlar (Enformasyon bölgesi olasılık-yoğunluk fonksiyonu ile de tanımlanabilir) [48]. Yukarıdaki transfer fonksiyonlarını kullanabilmek için, giriş verilerinin gerçek değerlerinin "0" ile "1" arasındaki bir reel sayıya dönüştürülmesi (normalizasyon) gerekir.

4.7. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

Sinir hücreleri bir grup halinde işlev gördüklerinde ağ (network) olarak adlandırılırlar ve böyle bir grupta binlerce nöron bulunur. Yapay nöronların birbirleriyle bağlantılar aracılığıyla bir araya gelmeleri YSA' nı oluşturmaktadır. YSA ile aslında biyolojik sinir ağının bir modeli oluşturulmak istenmektedir.

Nöronların aynı doğrultu üzerinde bir araya gelmeleriyle katmanlar oluşmaktadır. Katmanların değişik şekilde bir birleriyle bağlanmaları değişik ağ mimarilerini doğurur. YSA üç katmadan oluşur. Bu katmanlar sırasıyla; girdi katmanı, gizli katman ve çıktı katmanıdır [50].



Şekil 4.4. Yapay sinir ağı modeli [50]

4.7.1. Girdi katmanı

Bu katmandaki işlem elemanları dış dünyadan bilgileri alarak ara katmanlara gönderirler. Bazı ağlarda girdi katmanında herhangi bir bilgi işleme olmaz [50].

4.7.2. Gizli katman

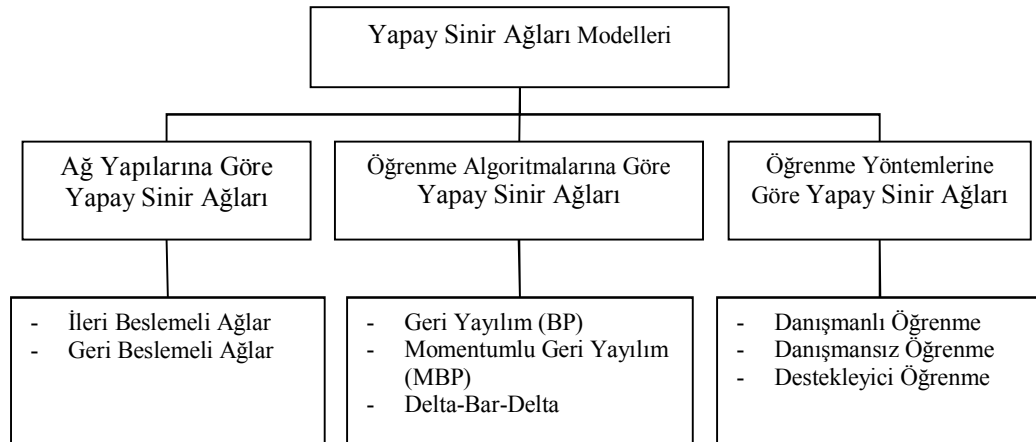
Girdi katmanından gelen bilgiler işlenerek çıktı katmanına gönderilirler. Bu bilgilerin işlenmesi ara katmanlarda gerçekleştirilir. Bir ağ içinde birden fazla ara katman olabilir [50].

4.7.3. Çıktı katmanı

Bu katmandaki proses elemanları gizli katmandan gelen bilgileri işleyerek ağı girdi katmanından sunulan girdi seti için üretmesi gereken çıktıyı üretirler. Üretilen çıktı dış dünyaya gönderilir [50].

4.8. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

YSA işleyiş olarak benzer olmalarına rağmen herhangi bir tasarım ve işleyiş standardı bulunmamaktadır. Nöron dizilimlerine, nöronların ağırlıklarının düzenleme için yapılan hesaplamaların türüne ve zamanına göre YSA' nı üç ayrı dalda inceleyebiliriz. Bunlar; ağ yapılarına göre, öğrenme algoritmalarına göre ve öğrenme yöntemlerine göre YSA' dır.



Şekil 4.5. Yapay sinir ağlarının sınıflandırılması

4.8.1. Yapılarına göre yapay sinir ağları

YSA içerdiği nöronların birbirine bağlantı şekline göre ileri ve geri beslemeli olarak ikiye ayrılır.

1. İleri beslemeli yapay sinir ağı :

İleri beslemeli ağlarda nöronlar girişten çıkışa doğru düzenli katmanlar şeklindedir. Bir katmandan sadece kendinden sonraki katmanlara bağ bulunmaktadır. YSA' na gelen bilgiler giriş katmanına daha sonra sırasıyla ara katmanlardan ve çıkış katmanından işlenerek geçer ve daha sonra dış dünyaya çıkar.

2. Geri beslemeli yapay sinir ağı :

Geri beslemeli YSA' nda ileri beslemeli olanların aksine bir nöronun çıktısı sadece kendinden sonra gelen nöron katmanına girdi olarak verilmez. Kendinden önceki katmanda veya kendi katmanında bulunan herhangi bir nörona girdi olarak bağlanabilir. Bu yapısı ile geri beslemeli YSA doğrusal olmayan dinamik bir davranış göstermektedir. Geri besleme özelliğini kazandıran bağlantıların bağlantı şekline göre aynı YSA ile farklı davranışta ve yapıda geri beslemeli YSA elde edilebilir.

4.8.2. Öğrenme algoritmalarına göre yapay sinir ağı

YSA' nın verilen girdilere göre çıktı üretebilmesinin yolu ağı öğrenbilmesidir. Bu öğrenme işleminin de birden fazla yöntemi vardır. YSA öğrenme algoritmalarına göre; geri yayılım, momentumlu geri yayılım ve Delta-Bar-Delta olarak üçe ayrılır.

1. Geri yayılım (Back Propagation-BP):

YSA' nda öğrenme, girdi değişkenlerinin ağırlıklarının olası eğitim verilerinden yola çıkılarak eğitilmesi olarak da tanımlanabilmektedir. Geri yayılım algoritması bir giriş setine karşılık olarak özel bir fonksiyonel karakteristiği elde edebilmek için çıkışlar oluşturmak üzere ağırlıkların ayarlanması prensibine dayanan bir YSA algoritmasıdır. Standart bir geri yayılım algoritmasında katmanlar arasında tam bir bağlantının bulunduğu çok katmanlı, ileri beslemeli ve öğreticili olarak eğitilen bir YSA modelidir ve hataları geriye doğru çıkıştan girişe azaltmaya çalışmasından

dolayı bu ismi almıştır. Bir geri yayılım algoritmasında öğrenme aşağıdaki şekilde gerçekleşmektedir [51];

- 1- Eğitim kümesinden rastgele bir sonraki örneği seçme ve ağ girişine giriş vektörü uygulama.
- 2- Ağın çıkışı aktivasyon ile hesaplama, ağın çıkışı ile hedef vektör arasındaki hata payını hesaplama.
- 3- Hata payını küçültecek şekilde ağın ağırlıklarının yeniden güncellenmesidir.

Bu aşama istenilen iterasyon süresince tekrar ettirilmektedir. Bu algorithmada eğitim veri setinin kalitesi de büyük önem arz etmektedir. Geri yayılım algoritması uygulamada gerçekleştirilmesi zor algoritmalarından biridir. Bunun nedeni geri yayılım algoritmasının eğitim sürecinin uzun olmasıdır. YSA eğitimi günlerce ya da haftalarca sürebilmektedir. Bu nedenle günümüzde geri yayılım algoritmasının daha hızlı öğrenmesini sağlayacak yardımcı yöntemler geliştirilmeye çalışılmaktadır [51].

Q katmanlı ileri beslemeli bir ağ için geri yayılım algoritması [52];

$q = 1, 2, 3, \dots, Q$ katman sayısı,

X_i^q : q ' inci katmandaki i biriminin girdisi,

y_i^q : q ' inci katmandaki i biriminin çıkışı,

W_{ij}^q : $(q-1)$ ' inci katmandaki i birimini, q ' inci katmandaki j birimine bağlayan ağırlık olmak üzere;

1. Adım: w ' ye reel değerli küçük rastlantısal sayıları başlangıç değeri olarak atanır.
2. Adım: Rastgele bir (giriş-hedef) çalışma modeli seçilir ve q katmanındaki her bir j birimi için ileri yönde 'çıkıtı' değerleri hesaplanır. Böylece çıkış,

$$y_i^q = f\left(\sum_j y_j^{q-1} w_{ij}^q\right) \quad \text{olur.} \quad (4.5)$$

3. Adım: Çıkış birimleri için hata terimleri hesaplanır.

$$\delta_i^Q = (y_i^Q - y_i^p) f'(X_i^Q) \quad (4.6)$$

4. Adım: $q=Q, Q-1, \dots, 2$ katmanlarındaki tüm i birimleri için geri yayılımla deltaları yani gizli katman birimleri için hata terimleri hesaplanır.

$$\delta_i^{q-1} = f'(X_i^{q-1}) \sum_j \delta_j^q W_{ij}^q \quad (4.7)$$

5. Adım: Bütün bu ağırlıklar w_{ij} 'leri kullanılarak güncellenir.

$$W_{ij}^{yeni} = W_{ij}^{eski} + \Delta W_{ij}^q \quad (4.8)$$

$$\Delta W_{ij}^q = \eta \delta_i^q y_j^{q-1} \quad (4.9)$$

6. Adım: 2. adıma dönüp, toplam hata kabul edilebilir bir düzeye gelene kadar her bir p modeli için işlemler tekrarlanır .

Geri yayılım algoritmasının amacı, uygunluk fonksiyonunu minimum yapmaktır. Uygunluk fonksiyonu YSA' nın ağırlık değerlerine bağlı olduğundan, algoritma YSA ağırlıklarının en uygun biçimde değiştirilmesi işlemlerinden oluşmaktadır.

2. Momentumlu geri yayılım (BPM) :

Geri yayılım algoritması önceden de bahsedildiği gibi eğitilmesi uzun olması nedeni ile uygulamada kullanımı az olan bir algoritmadır. Bu nedenle günümüzde bu algoritmanın daha hızlı çalışmasını sağlayan yardımcı sezgisel tekniklerden yararlanılmaktadır. Bu sezgisel teknik momentum kullanılarak gerçekleştirilir. Momentum katsayısı, YSA' nın daha hızlı toparlanmasına yardım eden bir faktördür. Bu nedenle bu algoritmanın adı Momentumlu Geri Yayılım Algoritmasıdır. Öğrenmeyi etkileyen diğer bir parametre öğrenme oranıdır. Bu değer seçiminde

dikkatli olunması gerekmektedir. Özellikle geri yayılım algoritmasında öğrenme oranı küçük seçilirse öğrenme yavaşlayacak, büyük seçilirse ağırlık değişimleri salınımlı ve kararsız olabilmektedir. Bu sakıncalar sebebi ile, momentumlu geri yayılım algoritmasında ağırlıklara uygulanacak düzeltme miktarını belirleyen denklemlere momentum terimi g eklenerek azaltılabilmesi mümkündür. Momentum katsayısı $0 < g < 1$ aralığında seçilmektedir. Momentum katsayısı ağırlık daha hızlı toparlanmasına yardım eden bir faktördür. Amacı öğrenme esnasında ağırlık salınım yapmasını önlemektir [51].

3. Delta-Bar-Delta :

Çok katmanlı YSA' nın yapıları kompleks olduğunda öğrenme oranının seçilmesi zor olabilmektedir. Bir maliyet yüzeyinde çalışan oran diğerinde kötü sonuçlar doğurabilmektedir. Bu nedenle sezgisel bir algoritma olan Delta-Bar-Delta aşağıdaki adımları ilerleterek bir eğitim sürecinde öğrenme oranını iyileştirmektedir [51].

- Her ağırlık kendi öğrenme oranına sahiptir.
- Her bir ağırlık için; her bir komşu bir önceki adımdaki komşuları ile karşılaştırılır.
- Komşu aynı yönde ise öğrenme oranı arttırılır.
- Komşu farklı yönde ise öğrenme oranı azaltılır.

Bu algoritmayı doğrudan uygulayan kurallar ileri doğru düzdür ve uygulaması kolaydır. Her bir bağlantı bağıl değerinin kendi öğrenme oranı vardır. Bu öğrenme oranları, standart geri yayılım ile birlikte bulunan mevcut hataya bağlı olarak değişir. Bağlantı bağıl değeri değiştiğinde, eğer bölgesel hata çeşitli ardıl zaman adımları için aynı sinyale sahipse, o bağlantının öğrenme oranı doğrusal olarak arttırılır. Doğrusal olarak artırma, öğrenme oranlarını çok büyük ve çok hızlı hale gelmesinin önler. Bölgesel hata sinyalleri sık sık değiştirdiğinde, öğrenme oranı geometrik olarak azaltılır. Geometrik olarak azaltma, bağlantı öğrenme oranlarının her zaman pozitif

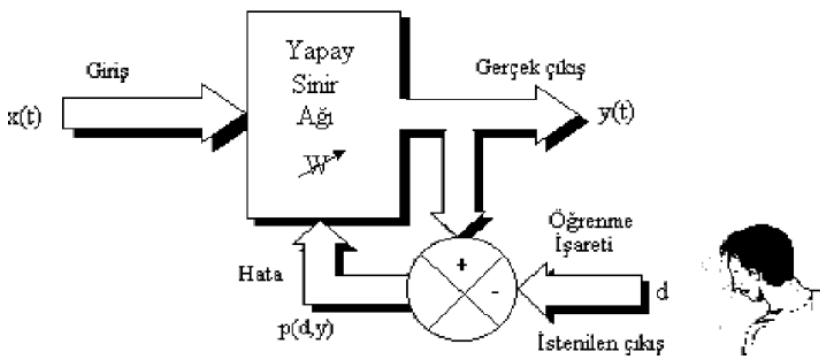
olmasını sağlar. Dahası, bu oranlar, hatadaki değişikliğin büyük olduğu bölgelerde daha hızlı bir şekilde azaltılabilir [45].

4.8.3. Yapay sinir ağlarının öğrenme yöntemlerine göre sınıflandırılması

Öğrenmede amaç YSA' nın tahminde hata payını en aza indirgeyecek ağırlıkların bulunması için ağın eğitilmesidir. YSA' nın verilen girdilere göre çıktı üretebilmesinin yolu ağın öğrenebilmesidir. Bu öğrenme işleminin de birden fazla yöntemi vardır [51]. YSA öğrenme yöntemlerine göre; danışmanlı öğrenme, danışmansız öğrenme ve destekleyici öğrenme olarak üçe ayrılır.

1. Danışmanlı öğrenme :

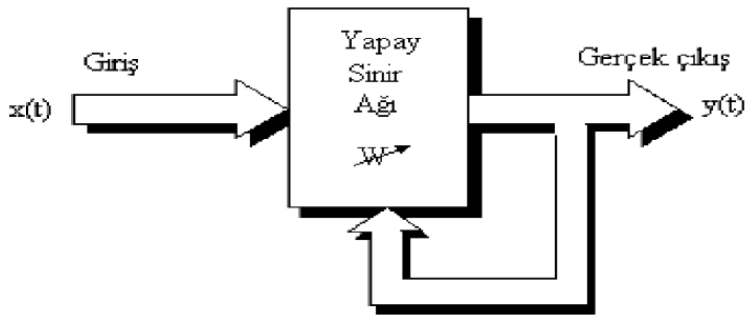
Danışmanlı öğrenme sırasında ağa verilen giriş değerleri için çıktı değerleri de verilir. Ağ verilen girdiler için istenen çıktıları oluşturabilmek için kendi ağırlıklarını günceller. Ağın çıktıları ile beklenen çıktılar arasındaki hata hesaplanarak ağın yeni ağırlıkları bu hata payına göre düzenlenir. Hata payı hesaplanırken ağın bütün çıktıları ile beklenen çıktıları arasındaki fark hesaplanır ve bu farka göre her nörona düşen hata payı bulunur. Daha sonra her nöron kendine gelen ağırlıkları günceller [51].



Şekil 4.6. Danışmanlı öğrenme [50]

2. Danışmansız öğrenme.:

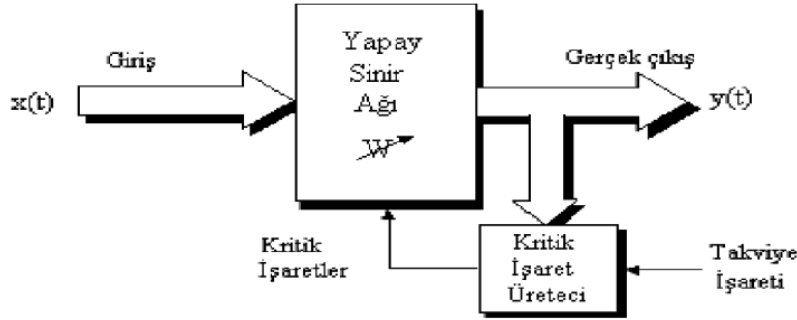
Danışmasız öğrenmede ağa öğrenme sırasında sadece örnek girdiler verilmektedir. Herhangi bir beklenen çıktı bilgisi verilmez. Girişte verilen bilgilere göre ağ her bir örneği kendi arasında sınıflandıracak şekilde kendi kurallarını oluşturur. Ağ bağlantı ağırlıklarını aynı özellikte olan dokuları ayırabilecek şekilde düzenleyerek öğrenme işlemini tamamlar [51].



Şekil 4.7. Danışmansız öğrenme [50]

3. Destekleyici (Takviyeli) öğrenme :

Bu öğrenme yaklaşımında ağın her iterasyonu sonucunda elde ettiği sonucun iyi veya kötü olup olmadığına dair bir bilgi verilir. Ağ bu bilgilere göre kendini yeniden düzenler. Bu sayede ağ herhangi bir girdi dizisiyle hem öğrenerek hem de sonuç çıkararak işlemeye devam eder. Örneğin satranç oynayan bir YSA yaptığı hamlenin iyi veya kötü olduğunu anlık olarak ayırt edememesine rağmen yine de hamleyi yapar. Eğer oyun sonuna geldiğinde program oyunu kazandıysa yaptığı hamlelerin iyi olduğunu varsayacaktır ve bundan sonraki oyunlarında benzer hamleleri iyi olarak değerlendirerek oynayacaktır.



Şekil 4.8. Destekleyici öğrenme [50]

4.9. Yapay Sinir Ağları Öğrenme Kuralları

YSA' nda öğrenme işleminde bazı özel algoritmalarından yararlanılmaktadır. Bu algoritmalar; Hebb, Hopfield, Delta, Kohonen kuralı gibi algoritmalar [51].

4.9.1. Hebb kuralı

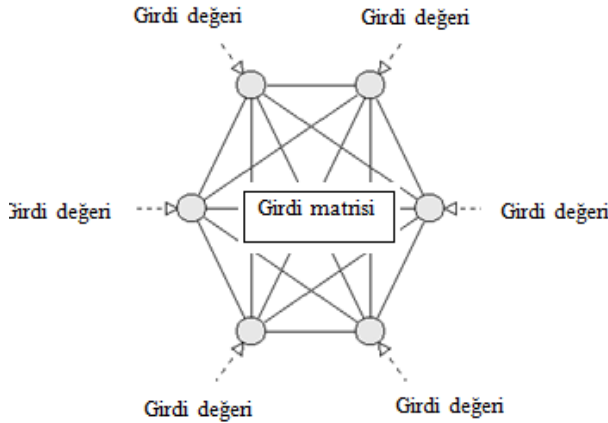
En çok kullanılan YSA' nda bağlantılar arası ağırlık değişimlerinin hesaplanmasında Hebb kuralı olarak ta bilinen korelasyon kuralıdır. Bu kural önceki ve post sinaptik sinir ağı hareketlerinin bir fonksiyonu olarak bilinmektedir. Hebb kuralı olarak adlandırılmasının nedeni D.Hebb isimli araştırmacı tarafından geliştirilmiş olmasıdır. 1949 yılında ise Hebb "Organization of Behavior" adlı eserinde öğrenme ile ilgili temel teoriyi ele almıştır. Hebb kitabında öğrenebilen ve uyum sağlayabilen sinir ağları modeli için temel oluşturacak "Hebb kuralı" nı ortaya koymuştur. Hebb kuralı; sinir ağının bağlantı sayısı değiştirilirse, öğrenebileceğini ön görmekteydi [51].

Donald Hebb (1949) bugünün sinir ağı teorisinin babası olarak bilinmektedir. Nörolog olan Hebb, beynin nasıl öğrendiği ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Çalışmalarına beynin en temel birimi olan sinir hücresini ele alarak başlamıştır. İki sinir hücresinin birbirleriyle nasıl bir ilişki sergilediklerini incelemiş ve sinir ağı teorisini bu temel üzerine inşa etmiştir. Beynin nasıl bir çalışma sergilediği şu an dahi teoriler yardımıyla açıklanamamaktadır. Ancak Hebb'in bu fikri ile yola

çıkılmış ve günümüzdeki yüzlerce ayrı teoriyle geniş bir yelpazeye hitap eden düşünceler oluşturulmuştur. Şu an gerçek hayatta kullanılan ve başarı oranı %99'lar ile ifade edilen birçok YSA modeli bulunmaktadır. Tüm geliştirilen modeller ve kullanılan yöntemler bilgisayar dünyasında “çözumsuz, Kohonaman alıcı” veya “karmaşık” olarak ifade edilen problem doğalarının çözümünü hedeflemekte ve hatta bir kısmını ise başarıyla çözebilmektedir. Birlikte ateşlenen birbirine bağlanır. Hebb'in, iki sinir hücrelerinin aynı anda tetiklenmesi (aktif hale getirilmesi) halinde aralarındaki bağlantıların güçleneceği kuralı olarak ta bilinmektedir. Bu kural, giriş yapılarının tamamı *dikey* veya *birbiriyle ilişkisiz* olduğu sürece iyi işler. Ancak bu *dikeylik* şartı Hebbian öğrenme kuralını ciddi ölçüde kısıtlamaktadır [51].

4.9.2. Hopfield kuralı

Hopfield ağı tek katmanlı ve geri dönüşümlü bir ağıdır. İşlem elemanlarının tamamı hem girdi hem de çıktı elemanlarıdır. Ağın bağlantı değerleri bir enerji fonksiyonu olarak saklanmaktadır [51].



Şekil 4.9. Hopfield ağı [51]

Hopfield YSA “recurrent” ya da “recursive” yani tekrar beslemeli bir yapıya sahiptir. Bu özelliği ile diğer YSA modellerinden ayrılmaktadır. Tekrar besleme kabiliyeti sayesinde girdi örüntüsü Hopfield mimarisine verildiğinde, mimari işleme bir başlangıç enerjisi ile başlamaktadır. Bu başlangıç konumundan itibaren yapı, girdi

vektörünü bir başka girdi vektörüne (daha önce öğrendiği) doğru benzetmeye başlamaktadır. Bu süreçte girdi matrisinde yapılan her küçük değişimin ardından enerji tekrar tekrar hesaplanarak girdi vektörünün dönüşümünün kontrolü sağlanmaktadır. Girdi vektörünün bir başka öğrenilmiş olan girdi vektörüne benzetilme işlemi, enerji durağanlaşmaya değin sürmektedir. Enerji durağanlaşması ise enerjinin minimuma ulaştığı ve değişmediği yapıdır. Günümüzde geliştirilmiş iki tür Hopfield ağı vardır. Bunlar [51]:

1. Kesikli Hopfield Ağı: Bu ağlar çağrışımlı bellek olarak kullanılırlar.
2. Sürekli Hopfield Ağı: Bu ağlar ise daha çok kombinatoriyel optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır.

Hopfield Ağı'nın Özellikleri [51].:

1. Aynı-uyum sınıflandırmasında kullanılan ilk ağlardan biridir.
2. Tek katmanlı ve geri dönüşümlü bir ağıdır.
3. Proses elemanlarının tamamı hem girdi hem de çıktı elemanlarıdır.
4. Hücreler açık (+1) ya da kapalı (-1) olarak ikili mantığa göre çalışır.
5. İşlemci fonksiyonu süreksiz formda eşik fonksiyonu, sürekli formda sigmoid ve tanjant hiperbolik fonksiyonu olarak düşünülmüştür.
6. Ağın bağlantı değerleri bir enerji fonksiyonu olarak saklanmaktadır.
7. Ağın öğrenmesi Hebb kuralına göre yapılır.

Bir işlem elemanının t. zamandaki girdisi; $G(t)$

$$G_k(t) = \sum_{j \neq k}^n A_{jk} \zeta_j(t-1) - \theta_k \quad (4.10)$$

Burada kullanılan "A" ağırlık değerini, " $\zeta(t-1)$ " ilgili işlem elemanının bir önceki zaman dilimindeki çıktısını ve değerlerini, " θ " ise sabit eşik değerini göstermektedir. Aynı işlem elemanının çıktısı; $\zeta(t)$ ise şöyle hesaplanmaktadır [51];

$$\zeta(t) = \text{sgn}(G(t)) \quad (4.11)$$

Buradaki sgn , signum fonksiyonunu göstermektedir. Yani [51];

$$\zeta_{ij}(t) = \begin{cases} +1, & \text{Eğer } g_{ij}(t) > \theta_i \text{ ise} \\ -1, & \text{Eğer } g_{ij}(t) < \theta_i \text{ ise} \\ \zeta_{ij}(t-1), & \text{Eğer aksi durum} \end{cases}$$

4.9.3. Delta Kuralı

En çok kullanılan kurallardan biri olan Delta kuralı Hebb kuralının geliştirilmiş halidir. Beklenen çıktı ile gerçekleşen çıktı arasındaki farkı (delta) azaltmak için yani hedefe yaklaşmak için ağırlıkların sürekli değiştirilmesi varsayımına dayanmaktadır. Ağ hatasının karesini en az yapmak için ağırlıklar devamlı güncellenmektedir. Hata bir önceki katmana geri çoğaltılır ve bu ilk katmana kadar devam eder. Bu kurala ayrıca geri yayılım, Widrow-Hoff öğrenme, en küçük ortalamalar karesi, Delta-Delta gibi isimlerde verilmektedir. Geri yayılım adını hatayı geriye doğru yayarak düzeltmesinden almaktadır. Yapılan hata eğimli iniş adı verilen süreç kullanılarak en aza indirgenmeye çalışılmaktadır [51].

YSA' nda kullanılan ve sistemin hata miktarının belirlenmesinde Hebb kuralı ile birlikte ismi en çok geçen kuraldır. Bu kural arka planda en küçük ortalamalı kareler (least mean square) hesaplamasını kullanmaktadır. Sistemin çalışmasını basitçe beklenen değer ile gerçekleşen değer arasındaki farkın birbirine yaklaştırılması olarak düşünebilmek mümkündür. En küçük ortalamalı kareler (LMS) yöntemi de uzayda bulunan iki farklı değişkenin birbirine yaklaştırılması mantığı ile işlemektedir. Delta kuralının formülasyonu aşağıdaki şekilde yapılabilir [51]:

$$\Delta W_{ij} = 2\mu x_i (\text{beklenen} - \text{gerçekleşen})_j \quad (4.12)$$

Yukarıdaki formülde, sinir hücrelerini bağlayan sinapsisler (synapse) üzerindeki ağırlık değerinin değişim miktarı delta kuralına göre hesaplanmaktadır. Bu kurala göre sinapsisin ağırlığındaki değişim, eğitim oranı “ μ ” ile ilgili sinapsisin giriş değerinin, “ x_i ” yine ilgili sinapsisteki beklenen ve gerçekleşen arasındaki farkı ile çarpımına eşittir.

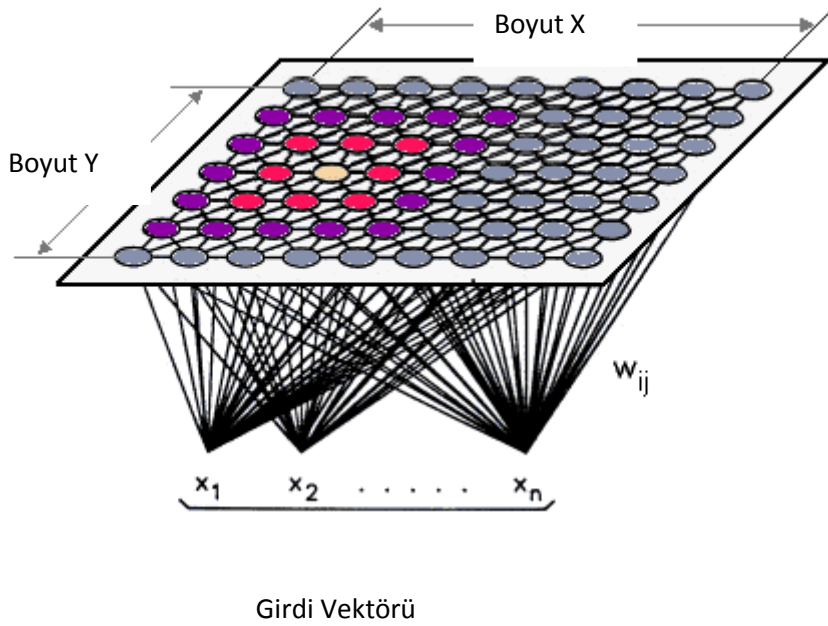
4.9.4. Kohonen kuralı

Kohonen öğrenme kuralı, Kohonen tabakasındaki süreç elemanlarının birbirleri ile yarışmaları ilkesine dayanır. Hangi işlem elemanın referans vektörü girdi vektörüne en yakın ise o yarışmayı kazanmaktadır [53].

Kohonen kuralına göre ağ kendi kendini danışmana ihtiyaç duymadan öğitebilmektedir. Bunun olmasını sağlayan aynı anda paralel bir şekilde en uygun sonucu üretebilmek için düğümlerin yarışmasıdır [51].

Kohonen, YSA’ nın uyarlanır elemanların yoğun bir şekilde paralel olarak bağlanmasıyla oluşan ve gerçek dünyadaki cisimlerle aynen biyolojik sistemin yaptığı gibi ilişkide bulunabilmeleri için hiyerarşik organizasyonları düzenlenmiş yapılar olduğuna dikkat çekmiştir [54].

Sistem girdi verisini gruplandırmak için hangi özellikleri kullanacağına kendi kendisine karar verir ki bu yöntem kendi kendine öğrenme (self-learning) veya adaptasyon olarak bilinmektedir. Günümüzde, danışmansız eğitime tam olarak anlayamamış durumdadır. Kendi kendine eğitmenin öncü araştırmacılarından birisi Tuevo Kohonen’dir. Kohonen, doğru cevabı bilmenin yararlarından yararlanmadan öğrenen bir ağ geliştirmiştir. Bu ağ, birçok sayıda bağlantısı olan tek tabakaya sahip olması nedeniyle biraz sıra dışı sayılabilmektedir. Ayrıca, bu yöntemde diğer belirgin özellik olarak, bu ağın bağlantı ağırlıkları için başlangıç değerleri verilmeli ve girdi değerleri normalize edilmelidir [51].



Şekil 4.10. Kohonen haritası [51]

4.10. Bir Yapay Sinir Ağının Tasarımı

YSA uygulamasının başarısı, uygulanacak olan yaklaşımlar ve deneyimlerle yakından ilgilidir. Uygulamanın başarısında uygun metodolojiyi belirlemek büyük önem taşır. YSA' nın geliştirilmesi sürecinde ağın yapısına ve işleyişine ilişkin aşağıdaki kararların verilmesi gerekir [50].

- 1- Ağ mimarisinin seçilmesi ve yapı özelliklerinin belirlenmesi (katman sayısı, katmandaki nöron sayısı gibi).
- 2- Nörondaki fonksiyonların karakteristik özelliklerinin belirlenmesi.
- 3- Öğrenme algoritmasının seçilmesi ve parametrelerinin belirlenmesi.
- 4- Eğitim ve test verisinin oluşturulması.

Bu kararların doğru verilememesi durumunda, YSA' nın sistem karmaşıklığı artacaktır. Sistem karmaşıklığı yapısal ve toplam hesaplama karmaşıklığının bir fonksiyonudur. Toplam hesaplama karmaşıklığı ise, genellikle yapısal karmaşıklığın bir fonksiyonu olarak ortaya çıkar ve bu hesaplamaların en aza indirilmesi amaçlanır.

Bu hesaplama karmaşıklığının ölçülmesinde de genellikle YSA sisteminin toplam tepki süresi veya sisteme ait bir işlemci elemanın tepki süresi değeri temel alınır. Bunun yanında kapladığı hafıza ve zaman karmaşıklığı bazı uygulamalarda hesaplanmaktadır [50].

Bir YSA' nın uygun parametrelerle tasarlanması durumunda YSA sürekli olarak kararlı ve istikrarlı sonuçlar üretecektir. Ayrıca sistemin tepki süresinin yeterince kısa olabilmesi için de ağ büyüklüğünün yeterince küçük olması gerekir. İhtiyaç duyulan toplam hesaplama da bu sayede sağlanmış olacaktır [50].

4.10.1. Yapay sinir ağlarında ağ yapısının seçimi

YSA'nın tasarımı sürecinde ağ yapısının seçilmesi, uygulama problemine bağlı olarak seçilmelidir. Hangi problem için hangi ağın daha uygun olduğunun bilinmesi önemlidir. Kullanım amacı ve o alanda başarılı olan ağ türleri Çizelge 4.2'de verilmiştir [50].

Çizelge 4.2. Ağ türleri ve başarılı oldukları alanlar [50]

Kullanım Amacı	Ağ Türü	Ağın Kullanımı
Tahmin	<ul style="list-style-type: none"> ÇKA 	Ağın girdilerinden bir çıktı değerinin tahmin edilmesi
Sınıflandırma	<ul style="list-style-type: none"> LVQ ART Counterpropagation Olasılıklı Sinir Ağları 	Girdilerin hangi sınıfa ait olduklarının belirlenmesi
Veri İlişkilendirme	<ul style="list-style-type: none"> Hopfield Boltzman Machine Bidirectional Associative Memory 	Girdilerin içindeki hatalı bilgilerin bulunması ve eksik bilgilerin tamamlanması

Uygun YSA yapısının seçimi, büyük ölçüde ağda kullanılması düşünülen öğrenme algoritmasına da bağlıdır. Ağda kullanılacak öğrenme algoritması seçildiğinde, bu algoritmanın gerektirdiği mimaride zorunlu olarak seçilmiş olacaktır. Örneğin geri yayılım algoritması ileri beslemeli ağ mimarisi gerektirir.

Bir YSA' nın karmaşıklığının azaltılmasında en etkin araç, YSA ağ yapısını değiştirmektir. Gereğinden fazla sayıda işlemci eleman içeren ağ yapılarında, daha düşük genelleme kabiliyeti ile karşılaşılır [50].

4.10.2. Öğrenme algoritmasının seçimi

YSA yapısının seçiminden sonra 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. YSA' nın geliştirilmesinde kullanılacak çok sayıda öğrenme algoritması bulunmaktadır. Bunlar içinde bazı algoritmaların bazı tip uygulamalar için daha uygun olduğu bilinmektedir. Bu algoritmalar eğer uygun oldukları uygulama alanlarına göre sınıflandırılacak olursa, gruplar ve içinde yer alacak öğrenme algoritmaları Çizelge 4.3'de özetlenmiştir [50].

Çizelge 4.3. Öğrenme algoritmaları ve uygulandıkları alanlar [50]

Uygulama Tipi	Yapay Sinir Ağı
Öngörü Tanıma	<ul style="list-style-type: none"> • Geri Yayılım • Delta Bar Delta • Geliştirilmiş Delta Bar Delta • Yönlendirilmiş Rastsal Tarama • Geri Yayılım İçinde Kendini Organize Eden Harita • Higher Order Neural Networks
Sınıflandırma	<ul style="list-style-type: none"> • Learning Vektor Quantization • Counter-Propagation • Olasılıklı Yapay Sinir Ağları
Veri İlişkilendirme	<ul style="list-style-type: none"> • Hopfield • Boltmann Makinesi • Bidirectional Associative Memory • Spantion -temporal Pattern Recognition
Veri Kavramlaştırma	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptive Resonance Network • Self Organizing

4.10.3. Gizli katman sayısını belirleme

YSA' nın tasarımı sürecinde tasarımcının yapması gereken diğer işlemde, ağdaki katman sayısına karar vermektir. Çoğu problem için 2 veya 3 katmanlı bir ağ tatmin edici sonuçlar üretebilmektedir. Nöronların aynı doğrultu üzerinde bir araya gelmeleriyle katmanlar oluşmaktadır. Katmanların değişik şekilde bir birleriyle bağlanmaları değişik ağ yapılarını oluşturur. Gizli katmanlarının sayısı, problemin yapısına göre değişir. Katman sayısını belirlemenin en iyi yolu, birkaç deneme yaparak en uygun yapının ne olduğuna karar vermektir [50].

4.10.4. Gizli katman nöron sayısının belirlenmesi

Ağın yapısal özelliklerinden birisi her bir katmandaki 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 YSA' nın "genelleme" yeteneğini arttırırken, gereğinden fazla olması ağın verileri ezberlemesine neden olur. Ancak gereğinden az nöron kullanılmasının verilerdeki örüntünün ağ tarafından öğrenilememesi gibi bir sorun yaratabilir [50].

Nörondaki fonksiyonların da karakteristik özellikleri de YSA' nın tasarımında önemli kararlardan biridir. Nöronun geçiş fonksiyonunun seçimi büyük ölçüde YSA' nın verilerine ve ağın neyi öğrenmesinin istendiğine bağlıdır. Geçiş fonksiyonları içinde en çok kullanılanı sigmoid ve hiperbolik tanjant fonksiyonlarıdır. Daha önce belirtildiği gibi sigmoid fonksiyonun çıktı aralığı 0 ve 1 arasında olurken, hiperbolik tanjant fonksiyonunun çıktısı -1 ve 1 aralığında oluşmaktadır. Eğer ağın bir modelin ortalama davranışını öğrenmesi isteniyorsa sigmoid fonksiyon, eğer ortalama sapmanın öğrenilmesi isteniyorsa hiperbolik tanjant fonksiyon kullanılması önerilmektedir [50].

4.10.5. Normalizasyon

YSA'nın en belirgin özelliklerinden olan doğrusal olmama özelliğini anlamlı kılan yaklaşım, verilerin bir normalizasyona tabii tutulmasıdır. Verilen normalizasyonu için seçilen yöntem YSA performansını doğrudan etkileyecektir. Çünkü normalizasyon, giriş verilerinin transfer edilirken fonksiyonun aktif olan bölgesinden aktarılmasını sağlar. Veri normalizasyonu, işlemci elemanlarını verileri kümülatif toplamların oluşturacağı olumsuzlukların engellenmesini sağlar. Veri normalizasyonu, işlemci elemanlarını verileri kümülatif toplamlarla koruma eğilimleri nedeniyle zorunludur ve aşırı değerlendirilmiş kümülatif toplamların oluşturacağı olumsuzlukların engellenmesini sağlar. Genellikle verilerin $[0,1]$ veya $[-1,+1]$ aralıklarından birine ölçeklendirilmesi önerilmektedir. Ölçekleme verilerin geçerli eksen sisteminde sıkıştırılması anlamı taşıdığından veri kalitesi aşırı salınımlar içeren problemlerin YSA modellerini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu olumsuzluk, kullanılacak öğrenme fonksiyonunu da başarısız kılabilir [55].

Veri kümesinin $[0,1]$ arasında bir ölçeklendirmeye tabii tutulabilmesi için o kümenin $x_{min} - x_{max}$ aralığı bulunur ve aşağıdaki formüle göre ölçeklendirme yapılabilir [50].

$$x_{nor} = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (4.13)$$

Eşitlikte “ x ”, ölçeklendirmeye tabii tutulacak değeri, “ x_{nor} ”, x değerinin normal değerini ($[0,1]$ aralığındaki değeri), “ x_{max} ” veri kümesinin maksimum değeri, “ x_{min} ” veri kümesinin minimum değerini belirtir [50].

4.10.6. Performans fonksiyonunun seçimi

Öğrenme performansını etkileyen önemli hususlardan biri de performans fonksiyonudur. İleri beslemeli ağlarda kullanılan tipik performans fonksiyonları; karesel ortalama hata, toplam karesel hata ve karesel ortalama hata kareköküdür.

1. *Karesel Ortalama Hata (Mean Square Error).*

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_i - td_i)^2 \quad (4.14)$$

2. *Toplam Karesel Hata (Sum Square Error)*

$$SSE = \sum_{i=1}^n (t_i - td_i)^2 \quad (4.15)$$

3. *Karesel Ortalama Hata Karekökü (Root Mean Square)*

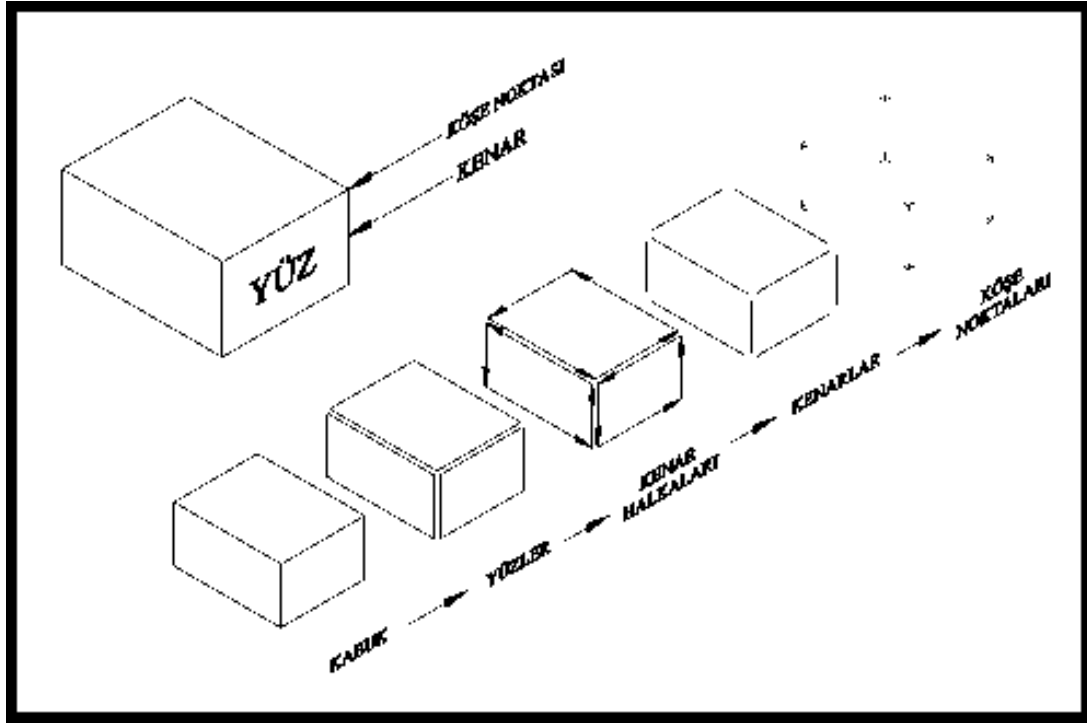
$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_i - td_i)^2} \quad (4.16)$$

5. STEP VERİ DÖNÜŞÜM FORMATI

STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data) grafik standardı, bir tasarımı mamul haline getirmek için gerekli bütün işlemlerin ve bağlı parametrelerin standardize edilmesini ve tanımlanmasını; hiçbir uygulama, tasarım ve üretim yazılımına bağlı kalmadan gerçekleştirebilmeyi sağlamak için tasarlanmıştır [56]. STEP, sayısal ürün verisinin gösterimi ve değişiminin nasıl olması gerektiğini nesne tabanlı tanımlayan bir standarttır. Uluslararası katılımı ile gerçekleşen STEP standardı, endüstriyel otomasyon sistemleri ve ürün verilerinin sunuluşu ve değişimin bütünleştirilmesine yönelik standartlar serisi şeklinde halen geliştirilmektedir. Bu standart, daha önceden var olan birçok farklı ulusal standardın (IGES, SET, VDA-FS, PDES, DXF, vb.) tanımlarını da içererek, bilgisayar destekli sistemler arasında veri paylaşımını uluslararası düzeyde tek bir standart çatı altında toplamayı hedeflemiştir [57].

5.1. STEP Metodolojisi

Bir STEP dosyası “ISO-10303-21;” satırı ile başlayıp “END-ISO-10303-21;” satırı ile sonlanmaktadır. Burada, ISO-10303 STEP grafik standardının uluslararası standart numarası, 21 ise STEP standardının bölüm numarasını temsil etmektedir. Bir STEP dosyası HEADER ve DATA bölümleri olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Tüm mamul verisi DATA bölümünde temsil edilmiştir. BDT sistemlerinin çoğu iç veri yapısı olarak B-Rep’in (Boundary Representation) bazı formlarını kullanmaktadır. Bu sistemlerin her birinin detaylı veri yapısı farklıdır. B-Rep’in genel veri yapısı tabanlı bir BDT ortamında temsili Şekil 5.1’de gösterilmiştir [56].



Şekil 5.1. B-Rep'te bir katının temsili için veri yapısı [56]

(Bkz. Şekil 5.1)'de gösterildiği gibi B-Rep'te 3 boyutlu parça geometrisi kabuk, yüzler, kenar halkaları, kenarlar ve köşe noktaları ile temsil edilmektedir. STEP formatında ise parça geometrisinin temsili manifold B-Rep üzerine dayandırılmıştır. Manifold katı B-Rep “topolojik temsil öğelerinin, referans eğrilerinin, yüzeylerin ve noktaların birkaç katmanı vasıtasıyla bir geometrik temsil” olarak tanımlanmıştır. Bu temsil ve daha önce gösterilen basit B-Rep arasındaki asıl fark geometrik öğelerin açıkça tanımlanmasıdır. Manifold B-Rep aynı zamanda topolojik bilgiyi geometrik bilgi ile birleştirmiştir [56].

STEP standardının hedefi, farklı bilgisayar programları arasındaki iletişimi desteklemek ve tasarım ve analiz gibi çeşitli ürün oluşum döngüsü fonksiyonlarını yerine getiren sistemler arasında bütünleşmeyi sağlamaktır. STEP, amaca göre sınıflara ayrılan ve bölüm diye adlandırılan bir dizi dokümandan oluşturulmuştur. Esas olarak, STEP dokümantasyonu beş ana kategoriye ayrılır [57]:

- 1) Tanımlama Metotları.
- 2) Erişim Metotları.
- 3) Uyumluluk testi metodolojisi.
- 4) Bütünleşik Çekirdek Kaynaklar
- 5) Uygulama Protokolleri

STEP standardında ürün tanımlaması EXPRESS dili ile yapılmaktadır. STEP standardı için tasarlanan EXPRESS dili güçlü bir veri modelleme dilidir [56].

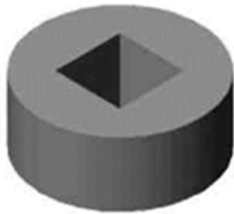
5.2. STEP' te Üç Boyutlu Parçayı Tanımlamak İçin Temsil Edilen Öğeler

5.2.1. Kapalı kabuk temsili

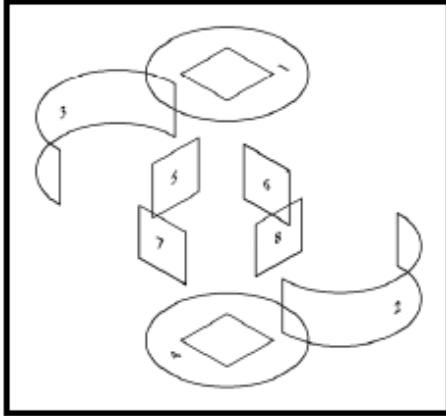
STEP standardında parça tanımlamanın en yüksek düzeyi kabuktur. Bir kabuk kenarlar boyunca yüzeylerin katılmasıyla oluşturulan topolojik öğedir. Örneğin Şekil 5.2'deki örnek parçanın kapalı kabuk tanımı aşağıdaki gibi olacaktır [56].

```
P=CLOSED_SHELL(",(Y1,Y2,Y3,Y4,Y5,Y6,Y7,Y8));
```

Burada P, kapalı kabuk (CLOSED_SHELL) ögesinin öge numarasını, parantez içindeki öge numaraları ise sırasıyla Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y7, Y8 (Şekil 5.3) yüzlerinin öge numaralarını temsil etmektedir [56].



Şekil 5.2. Örnek parça [56]



Şekil 5.3. Örnek parçaya ait yüzeyler [56]

5.2.2. Yüz temsili

Tanımlamanın ikinci düzeyi yüzdür. Bir yüz, kenar halkaları ile sınırlanan yüzeyin bir parçası olan topolojik ögedir. (Bkz. Şekil 5.2)'de örnek parçaya ait yüzeylerin STEP formatında temsili (Bkz. Şekil 5.3)'te gösterilmiştir. STEP formatında bir yüz "ADVANCED_FACE" ögesi ile temsil edilmiştir. Şekil 5.3'teki parçanın 1 numaralı yüzey için tanımlama aşağıdaki gibidir [56].

Y1 = ADVANCED_FACE (" , (YDS,YS),YT)

Burada YDS parametresi, (Bkz. Şekil 5.3)'teki 1 numaralı yüzü sınırlayan yüz dış sınırına (dış kenar halkası) işaret eden bir değişkendir. Aynı zamanda, yüz dış sınırının kapsadığı unsurlar var ise bunlar yüz sınırı (YS) olarak ifade edilmiş olup 1 numaralı yüzün iç kenar halkasını tanımlamaktadır [56].

6. YÜZ DEĞER VEKTÖRÜ

Hwang ve Henderson unsurları temsil etmek için YSA girdileri için uygun vektörler olarak yüz değer vektörleri kavramını önermişlerdir. Yüz değeri; yüz, kenar ve köşe geometrisinin bir fonksiyonudur ve çevreleyen bölgenin iç bükey ya da dış bükeyliğine dayalı yüz karmaşıklığının bir ölçüsüdür. Yüz değer vektörü bir yüz ve onun komşu yüzlerle arasındaki topolojik ilişkisini resmeder [8].

6.1. Yüz Değeri Hesaplama Metodu

B-Rep modeli ile temsil edilen bir katının her bir yüzü bir miktar kenar ve köşeye sahiptir. Aynı zamanda her bir yüz bir ya da daha fazla içine döngüye sahip olabilir. Aşağıdaki değerler kenarlara, döngülere ve yüz geometrisine atanır [8].

Kenar değerleri (E)

Dış bükey kenar	+ 0,5
İç bükey kenar	- 0,5

Döngü değerleri (L)

Pozitif içine döngü	+ 1
Negatif içine döngü	- 1

Yüz geometrisi değerleri (F_g)

Düz yüz	0
Dış bükey yüz	+ 2
İç bükey yüz	- 2

Kenar, döngü ve yüz geometrisi için seçilen sayısal değerler varlıkların geometrik doğasını yansıtır. Yüz geometrisi sırasıyla bir unsuru belirlemede kenarlardan daha

önemli olan yüzdeki içine döngülerden daha önemlidir. Geometrik olarak karşıt varlıklar için pozitif ve negatif değerler kullanılarak “kanal” ve “çıkıntı” gibi geometrik olarak karşıt unsurlar için dikkat çekici farklı sunumlar elde edilir. Köşe değeri aşağıdaki şekilde hesaplanır [8].

$$V = \sum_{i=1}^3 E_i \quad (6.1)$$

“ V ” köşe değeri, “ E_1 ”, “ E_2 ” ve “ E_3 ” köşe biçiminde kesişen üç kenarın değerleridir.

$$F = \sum_{j=1}^n \frac{V_j}{n} + F_g + \sum_{k=1}^m L_k \quad (6.2)$$

“ F ” yüz değeri, “ n ” yüzdeki köşelerin sayısı, “ m ” ise yüzde mevcut içine döngülerin sayısıdır.

6.2. Yüz Değer Vektörü Oluşturma


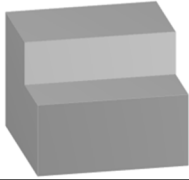
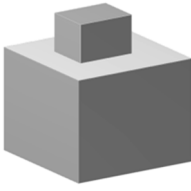
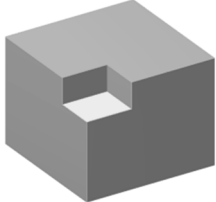
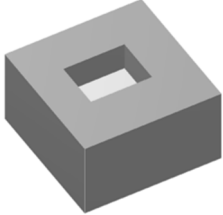
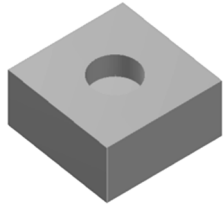
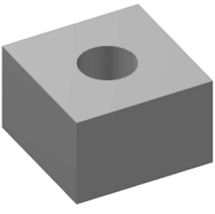

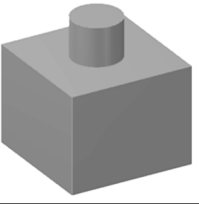
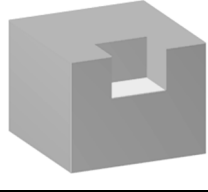
Her bir yüze karşılık gelen dokuz elemanlı yüz değer vektörü aşağıdaki kurala göre oluşturulur [8].

- 1- Vektörün beşinci elemanı üzerinde düşünülen yüzün yüz değeridir (Ana yüzdür).
- 2- Ana yüzle doğrudan komşu en yüksek değerli yüzler dördüncü ve altıncı elemanları, sonraki en yüksek değerler üçüncü ve yedinci elemanlardan oluşur ve bu şekilde devam eder.
- 3- Eğer katı yüz sayısı dokuzdan az ise vektörün kalan elemanlarına 1,5 değeri atanır.

7. GELİŞTİRİLEN SİSTEM MODELİ

Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında, parçalar üzerinde bulunan unsurların, YSA destekli olarak geliştirilen bir ara yüz programı aracılığıyla belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında 10 adet unsur belirlenmiş ve bu unsurlar Çizelge 7.1’de gösterilmiştir. Çizelge 7.1’de gösterilen ve çalışma kapsamında ele alınan bu unsurlar literatür araştırması neticesinde en çok kullanılan unsurlar arasından seçilmiştir [1, 4-10, 12, 14].

Çizelge 7.1. Çalışma kapsamında kullanılan unsurlar

Unsur No	Unsur Adı	Unsur Resmi	Unsur No	Unsur Adı	Unsur Resmi
1	Kanal		6	Basamak	
2	Profil Çıkıntı		7	Köşe	
3	Cep		8	Kör delik	
4	Silindirik Delik		9	Profil Delik	
5	Silindirik Çıkıntı		10	Kör kanal	

(Bkz. Çizelge 7.1)'de gösterilen unsurların belirlenmesi işlemi için bir ara yüz programı yazılmıştır. Programın yazımı için *Delphi 7.0* yazılımı kullanılmıştır. Unsurların bulunduğu parçalar BDT programlarında modellenmekte ve STEP ISO-10303-21 formatında kaydedilmektedir. Geliştirilen bu ara yüz programıyla, STEP yapısındaki dosyadan unsurlara ait köşe, kenar ve yüz bilgileri alınmaktadır. Bu bilgiler, YSA' na girdi oluşturacak verilere dönüştürülmektedir. Her bir unsur için oluşturulan bu veriler, YSA' nda eğitilmektedir. Bu işlem sonrasında unsurları tanıyan sistem modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan bu sistem modeli Delphi 7.0'da hazırlanan ara yüz programına aktarılmıştır. Böylece program son şeklini almıştır. Sonuç olarak, BDT ortamında tasarlanan bir ürüne ait STEP dosyası geliştirilen ara yüz programında okutulmakta, unsura ait veriler değerlendirildikten sonra yüz değer vektörü oluşturulmaktadır. Bu yüz değer vektörü, YSA' nda elde edilen sistem modelinin girdisini oluşturmaktadır. Geliştirilen sistem modeli, yüz değer vektörünü işlemek suretiyle unsurun tespit edilmesi işlemini gerçekleştirmektedir.

Bu bölümde sırasıyla, unsurlara ait yüz değer vektörlerinin oluşturulma aşamaları, elde edilen yüz değer vektörlerinin YSA' nda eğitilerek optimal ağ modelinin oluşturulması, elde edilen bu modelin yazılıma uyarlanması, sistemin akış şeması, geliştirilen model ile elde edilen genel sonuçlar ve son olarak da test verileri ile elde edilen sonuçlar anlatılmaktadır.

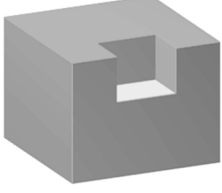
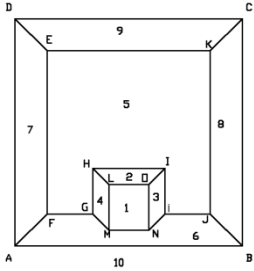
7.1. Unsurlara Ait Yüz Değer Vektörlerinin Hesaplanması

Yüz değer vektörlerinin hesaplanmasında toplam 10 tane unsur için (Bkz. Çizelge 7.1) 59 tane şekil ele alınmıştır (Bkz. Ek-1, Çizelge 1.1). Çalışma kapsamında bu unsurlar standard ve standard dışı unsurlar olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Standard unsurlar (Bkz. Çizelge 7.1)'de gösterilen ve standard olmayan unsurlar (Bkz. Ek-1, Çizelge1.1)'de gösterilen unsurlar olarak belirlenmiştir.

7.1.1. Standard unsurların yüz değer vektörlerinin hesaplanması

Standard unsurlar olarak (Bkz. Çizelge 7.1)'de gösterilen ana unsurlar ele alınmıştır. Bu çizelgedeki her bir unsur için yüz değer vektörü hesaplanmıştır. Yüz değer vektörlerinin oluşturulması için öncelikle ürüne ait, unsur-yüz-kenar ilişkisinin gösterildiği Çizelge 7.2'deki çizim oluşturulmuştur. Bu çizimden faydalanarak kenarlar ve yüzler arasındaki komşuluk ilişkileri belirlenmiştir. Bu aşamadan sonra, yüz değer vektörlerinin hesaplanmasında kullanılacak olan köşe değerlerinin ve yüz değerlerinin hesaplanması işlemleri yapılmıştır.

Çizelge 7.2. Standard-Kör kanal unsur modeli ve yüz-kenar ilişkisine ait çizim

Unsur No	Unsur Adı	Unsur Resmi	Unsur-Yüz-Kenar İlişki Çizimi
10	Kör kanal		

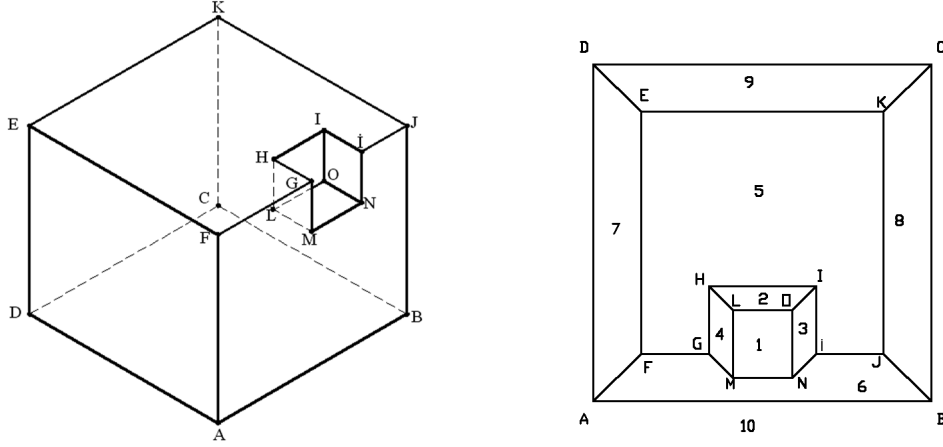
Köşe değerlerinin ve yüz değerlerinin hesaplanması aşağıda belirtilen 4 adımdan oluşmaktadır.

1. Unsur resminden unsur-yüz-kenar ilişki çiziminin oluşturulması
2. Köşe değerlerinin hesaplanması
3. Yüz değerlerinin hesaplanması
4. Yüz değer vektörünün oluşturulması

1. Unsur resminden unsur-yüz-kenar ilişki çiziminin oluşturulması:

Unsuru ait yüz ve kenarlar arasındaki komşuluk ilişkileri durumunun gösterilmesi için unsur-yüz-kenar ilişki çizimi yapılmaktadır [9]. Şekil 7.1'de kör kanal unsurunun tel-kafes görünümü ve bu görüntüden elde edilen köşeler, kenarlar ve

yüzler arasındaki ilişkinin gösterildiği unsur-yüz-kenar ilişki çizimi görülmektedir.



Şekil 7.1. Standard-Kör kanal unsuruna ait tel-kafes görüntüsü ve unsur-yüz-kenar ilişki çizimi

2. Köşe değerlerinin hesaplanması:

Köşe değerlerinin hesaplanmasında Eş. 6.1'deki formül kullanılmıştır. Hesaplanan köşe değerleri Çizelge 7.3'de gösterilmiştir.

Örneğin "A" köşesine ait köşe değeri hesaplanırken öncelikle "A" köşesi ile bağlantılı yüzler belirlenir. Bu yüzler: DEFA, ABCD ve ABJINMGF yüzleridir. Komşu olan bu yüzler ikili olarak aşağıdaki şekilde düzenlenir.

1. ABCD- DEFA
2. ABCD- ABJINMGF
3. DEFA- ABJINMGF

Daha sonra bu yüzleri birbirine bağlayan kenarlar belirlenir. Yüzlerin birbirleri ile olan dış bükey (yüzlerin birbirleri ile yaptığı açı 180'den büyük ise) ya da iç bükeylik (yüzlerin birbirleri ile yaptığı açı 180'den küçük ise) durumlarına göre de bu kenarlara ait kenar değerleri belirlenir.

1. durumda ABCD-DEFA yüzleri birbirine 270 derecelik bir açıyla bağlı olduğu için dış bükeydir ve ortak kenar “AD” kenarıdır. Bu iki yüz dış bükey olduğundan “AD” kenarının kenar değeri 0,5’ tir.

2. durumda ABCD- ABJINMGF yüzleri birbirine 270 derecelik bir açıyla bağlı olduğu için dış bükeydir ve ortak kenar “AB” kenarıdır. Bu iki yüz dış bükey olduğundan “AB” kenarının kenar değeri 0,5’ tir.

3. durumda DEFA- ABJINMGF yüzleri birbirine 270 derecelik bir açıyla bağlı olduğu için dış bükeydir ve ortak kenar “AF” kenarıdır. Bu iki yüz dış bükey olduğundan “AF” kenarının kenar değeri 0,5’ tir.

Aşağıda hesaplandığı gibi “A” köşesine ait köşe değeri, AD, AB, ve AF kenarlarına ait kenar değerlerinin toplamı ile elde edilen değerdir.

$$V_A=0,5+0,5+0,5=1,5$$

Çizelge 7.3. Standard-Kör kanal unsuruna ait köşe değerleri hesabı

Köşe Adı	Köşe Değeri Hesabı	Köşe Adı	Köşe Değeri Hesabı	Köşe Adı	Köşe Değeri Hesabı
V _A	0,5+0,5+0,5=1,5	V _B	0,5+0,5+0,5=1,5	V _C	0,5+0,5+0,5=1,5
V _D	0,5+0,5+0,5=1,5	V _E	0,5+0,5+0,5=1,5	V _F	0,5+0,5+0,5=1,5
V _G	0,5+0,5+0,5=1,5	V _H	0,5+0,5-0,5=0,5	V _I	0,5+0,5-0,5=0,5
V _J	0,5+0,5+0,5=1,5	V _K	0,5+0,5+0,5=1,5	V _L	0,5+0,5+0,5=1,5
V _M	0,5-0,5-0,5=-1,5	V _N	0,5+0,5-0,5=0,5	V _O	0,5+0,5-0,5=0,5
V _P	-0,5-0,5-0,5=-1,5				

3. Yüz değerlerinin hesaplanması:

Yüz değerlerinin hesaplanmasında Eş. 6.2’deki formül kullanılmıştır. Hesaplanan değerler Çizelge 7.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.4. Standard-Kör kanal unsuruna ait yüz değerleri hesabı

Yüz No	Yüz Adı	Yüz Değeri Hesabı
1	LMNO	$(V_L+V_M+V_N+V_O)/4 = (-1,5+0,5+0,5-1,5)/4 = -0,5$
2	GHLM	$(V_G+V_H+V_L+V_M)/4 = (0,5+1,5-1,5+0,5)/4 = -0,25$
3	İİON	$(V_I+V_I+V_N+V_O)/4 = (-1,5+0,5+0,5-1,5)/4 = 0,25$
4	HIOL	$(V_H+V_I+V_O+V_L)/4 = (-1,5+0,5+0,5-1,5)/4 = -0,5$
5	EFGHIJK	$(V_E+V_F+V_G+V_H+V_I+V_J+V_K)/8 = (1,5+1,5+1,5+0,5+0,5+1,5+1,5)/8 = 1,25$
6	FABJINMG	$(V_F+V_A+V_B+V_J+V_I+V_N+V_M+V_G)/8 = (1,5+1,5+1,5+0,5+0,5+0,5+1,5)/8 = 1,25$
7	EDAF	$(V_E+V_D+V_A+V_F)/4 = (1,5+1,5+1,5+1,5)/4 = 1,5$
8	JBCK	$(V_J+V_B+V_C+V_K)/4 = (1,5+1,5+1,5+1,5)/4 = 1,5$
9	EDCK	$(V_E+V_D+V_C+V_K)/4 = (1,5+1,5+1,5+1,5)/4 = 1,5$
10	ABCD	$(V_A+V_B+V_C+V_D)/4 = (1,5+1,5+1,5+1,5)/4 = 1,5$

4. Yüz değer vektörünün oluşturulması:


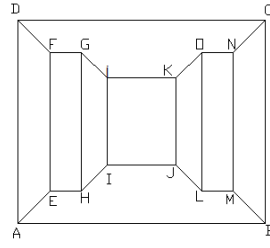
Yüz değerlerinin bulunmasından sonra Bölüm 6.2' de anlatılan yöntem izlenerek Çizelge 7.5'deki gibi kör kanal unsuruna ait yüz değer vektörü oluşturulmuştur. Aynı zamanda bu vektör daha sonra Bölüm 7.2'de bahsedileceği üzere YSA' nın eğitiminde kullanılacak olan girdi vektörünü temsil etmektedir.

Çizelge 7.5. Standard-Kör kanal unsuruna ait yüz değer vektörü

Vektör Sıra No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yüz Adı	ABCD	EDAF	İİNO	FABJINMG	LMNO	GHLM	HIOL	JBCK	EFGHIJK
Yüz Değeri	1,5	1,5	0,25	1,25	-0,5	0,25	-0,5	1,5	1,25

Diğer standard olan unsurlara ait yüz değer vektörleri de aynı yöntem izlenerek oluşturulmuştur. Unsur-kenar-yüz ilişkisinin gösterildiği çizimler ve hesaplanan yüz değer vektörleri aşağıda belirtilmiştir.

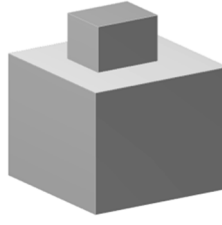
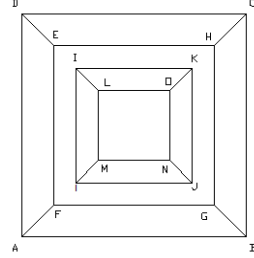
Çizelge 7.6. Standard-Kanal unsur modeli ve unsur-yüz-kenar ilişkisine ait çizim

Unsur No	Unsur Adı	Unsur Resmi	Unsur-Yüz-Kenar İlişki Çizimi
1	Kanal		

Çizelge 7.7. Standard-Kanal unsuruna ait yüz değer vektörü

Vektör Sıra No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yüz Adı	AEFD	EFGH	GHIİ	ABMLJIHE	İİKJ	CDFGIKON	JKOL	LMNO	BCNM
Yüz Değeri	1,5	1,5	1	1,25	0,5	1,25	1	1,5	1,5

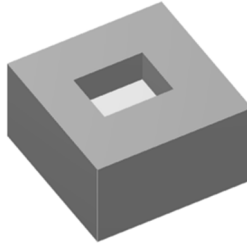
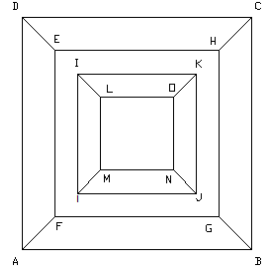
Çizelge 7.8. Standard-Profil çıkıntı unsur modeli ve unsur-yüz-kenar ilişkisine ait çizim

Unsur No	Unsur Adı	Unsur Resmi	Unsur-Yüz-Kenar İlişki Çizimi
2	Profil Çıkıntı		

Çizelge 7.9. Standard-Profil çıkıntı unsuruna ait yüz değer vektörü

Vektör Sıra No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yüz Adı	ADEF	EFGH	JKON	İİML	LMNO	İJNM	IKOL	EFGH	ABGF
Yüz Değeri	1,5	0,5	0,5	0,5	1,5	0,5	0,5	0,5	1,5

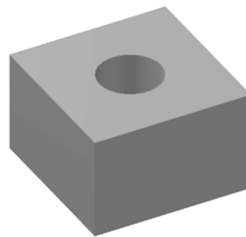
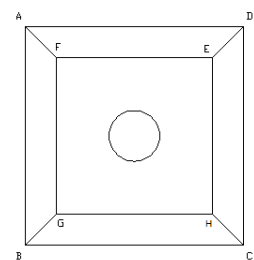
Çizelge 7.10. Standard-Cep unsur modeli ve unsur-yüz-kenar ilişkisine ait çizim

Unsur No	Unsur Adı	Unsur Resmi	Unsur-Yüz-Kenar İlişki Çizimi
3	Cep		

Çizelge 7.11. Standard-Cep unsuruna ait yüz değer vektörü

Vektör Sıra No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yüz Adı	AFED	EFGH	JKON	İİML	LMNO	İJNM	IKOL	EFGH	ABGF
Yüz Değeri	1,5	2,5	-0,5	-0,5	-1,5	-0,5	-0,5	2,5	1,5

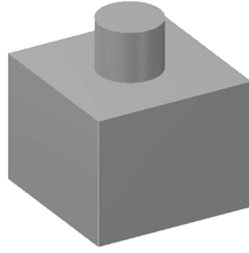
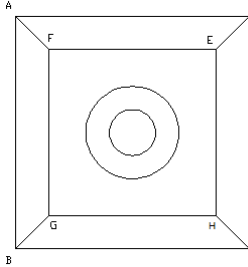
Çizelge 7.12. Standard-Silindirik delik unsur modeli ve unsur-yüz-kenar ilişkisine ait çizim

Unsur No	Unsur Adı	Unsur Resmi	Unsur-Yüz-Kenar İlişki Çizimi
4	Silindirik delik		

Çizelge 7.13. Standard-Silindirik delik unsuruna ait yüz değer vektörü

Vektör Sıra No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yüz Adı	ADEF	CDEH	ABGF	EFGH	Silindirik iç yüz	ABCD	BCHG	ADEF	ADEF
Yüz Değeri	1,5	1,5	1,5	2,5	-2	2,5	1,5	1,5	1,5

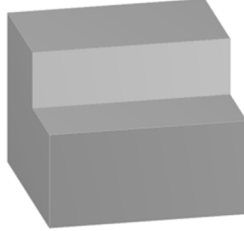
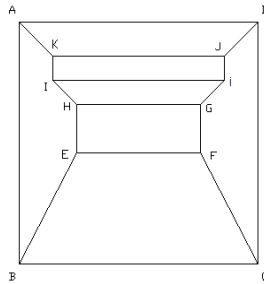
Çizelge 7.14. Standard-Silindirik çıkıntı unsur modeli ve unsur-yüz-kenar ilişkisine ait çizim

Unsur No	Unsur Adı	Unsur Resmi	Unsur-Yüz-Kenar İlişki Çizimi
5	Silindirik Çıkıntı		

Çizelge 7.15. Standard-Silindirik çıkıntı unsuruna ait yüz değer vektörü

Vektör Sıra No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yüz Adı	ABCD	CDEH	ABGF	EFGH	Silindirik dış yüz	Daire yüz	BCHG	ADEF	ABCD
Yüz Değeri	1,5	1,5	1,5	0,5	2	0	1,5	1,5	1,5

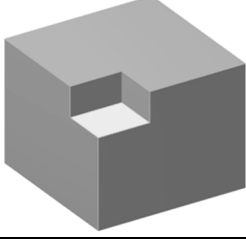
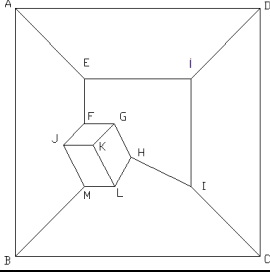
Çizelge 7.16. Standard-Basamak unsur modeli ve unsur-yüz-kenar ilişkisine ait çizim

Unsur No	Unsur Adı	Unsur Resmi	Unsur-Yüz-Kenar İlişki Çizimi
6	Basamak		

Çizelge 7.17. Standard-Basamak unsuruna ait yüz değer vektörü

Vektör Sıra No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yüz Adı	ADJK	IJK	CDJIGF	BCFE	EFGH	ABEHIK	IIGH	ABCD	ADJK
Yüz Değeri	1,5	1,5	1,33	1,5	1	1,33	1	1,5	1,5

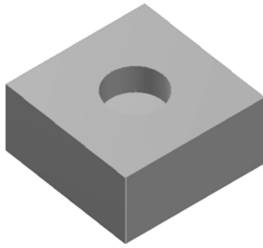
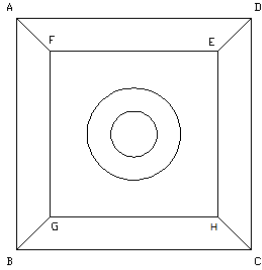
Çizelge 7.18. Standard-Köşe unsur modeli ve unsur-yüz-kenar ilişkisine ait çizim

Unsur No	Unsur Adı	Unsur Resmi	Unsur-Yüz-Kenar İlişki Çizimi
7	Köşe		

Çizelge 7.19. Standard-Köşe unsuruna ait yüz değer vektörü

Vektör Sıra No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yüz Adı	ABCD	AEİD	JKGF	ABMJFE	JKLM	BCIHLM	GKLH	CDİİ	EFGHİİ
Yüz Değeri	1,5	1,5	0,25	1,33	0,25	1,33	0,25	1,5	1,33

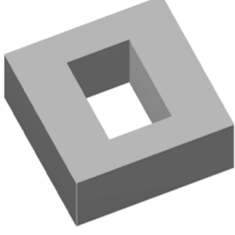
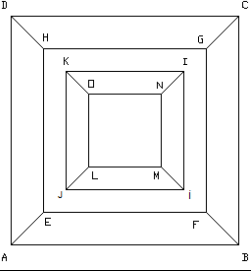
Çizelge 7.20. Standard-Kör delik unsur modeli ve unsur-yüz-kenar ilişkisine ait çizim

Unsur No	Unsur Adı	Unsur Resmi	Unsur-Yüz-Kenar İlişki Çizimi
8	Kör delik		

Çizelge 7.21. Standard-Kör delik unsuruna ait yüz değer vektörü

Vektör Sıra No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yüz Adı	ABCD	CDEH	ABGF	EFGH	Silindirik iç yüz	Daire yüz	BCHG	ADEF	ABCD
Yüz Değeri	1,5	1,5	1,5	2,5	-2	0	1,5	1,5	1,5

Çizelge 7.22. Standard-Profil delik unsur modeli ve unsur-yüz-kenar ilişkisine ait çizim

Unsur No	Unsur Adı	Unsur Resmi	Unsur-Yüz-Kenar İlişki Çizimi
9	Profil delik		

Çizelge 7.23. Standard-Profil delik unsuruna ait yüz değer vektörü

Vektör Sıra No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yüz Adı	BCGF	ADHE	İJLM	EFGH	JKOL	ABCD	IKON	ABFE	CDHG
Yüz Değeri	1,5	1,5	0,5	2,5	0,5	2,5	0,5	1,5	1,5

7.1.2. Standard dışı unsurların yüz değer vektörlerinin hesaplanması

Standard dışı unsurlar olarak EK-1 Çizelge 1.1’de gösterilen 49 adet şekil ele alınmıştır. Standard dışı unsurlara ait yüz değer vektörlerin oluşturulmasında da Bölüm 7.1.1’de anlatılan yöntem izlenmiştir. Bu unsurlara ait yüz değer vektörleri EK-2 Çizelge 2.1’ de özetlenmiştir.

7.2. Yapay Sinir Ağı Modelinin Geliştirilmesi

Çalışma kapsamında üretilen yüz değer vektörleri YSA’ nın girdisini oluşturmaktadır. Bu kapsamda standard olan ve standard dışı unsurlara ait girdi vektörleri Bölüm 7.1.1’de gösterildiği şekilde hesaplanmıştır. Hesaplanan bu girdi vektörleri ile YSA eğitilerek unsurları tanıyacak sistem modelinin geliştirilmesi sağlanmış ve geliştirilen unsur tanıma modeli test edilmiştir. Bu verilerin eğitiminde ve test edilmesinde kullanılmak üzere hız ve kolaylık açısından bir YSA paket

programını kullanılmış, bu yazılım aracılığıyla ağı eğitimi ve sistem modelinin geliştirilmesi sağlanmıştır.

Özetle YSA ile sistem modelinin geliştirilmesi için yapılan çalışmalar aşağıda belirtilen adımlardan oluşmuştur:

1. YSA paket programının belirlenmesi.
2. YSA girdi ve çıktı vektörlerinin belirlenmesi.
3. Girdi ve çıktı değerlerinin normalize edilmesi.
4. Gizli katman sayısının ve nöron sayılarının tespit edilmesi.
5. Ağı eğitimi ve optimum ağı modelinin belirlenmesi.

7.2.1. Yapay sinir ağı programının seçilmesi

Mevcut YSA programları incelenmiş, unsur tanıma problemi için uygun programlardan biri olan *EasyNN plus* YSA programı seçilmiştir. Bu seçimde programın; Microsoft Windows için hazırlanmış bir YSA yazılımı olması, text dosyaları ile veri aktarımı yapabilmesi, bu veriler kullanılarak sinir ağı modelleri oluşturulabilmesi, eğitim, doğrulama ve sorgulama fonksiyonlarına sahip olması ayrıca etkili olmuştur.

YSA programının (EasyNN plus) özellikleri:

Problemin özelliğine göre belirlenen YSA yazılımı *EasyNN plus*; *ileri beslemeli, geri yayımlı* bir sinir ağı modeline sahiptir. Bu ağı modeli, *danışmanlı öğrenme* yöntemi ile eğitime olanak tanımakta ve nöron ağırlıklarının güncellenmesinde *Delta öğrenme kuralını* esas almaktadır. Aktivasyon fonksiyonu olarak *sigmoid fonksiyonunu* kullanmaktadır. Tüm bu özellikler üzerinde çalışılan YSA modelinin yapısını oluşturmaktadır.

Çizelge 7.24 incelendiğinde; Örneğin “kanal” unsurunun YSA’ ndaki çıktı karşılığı [1 0 0 0 0 0 0 0 0] vektörü şeklindedir. Bu 10 elemanlı çıktı vektörüne ait 1 değeri, parçanın üzerindeki unsurun kanal unsuru sınıfına ait olduğunu göstermektedir.

Çıktı vektörü, bir parça üzerindeki unsurun, hangi unsur sınıfına dahil olacağı sorusunun cevabını vermektedir. Ancak YSA ile yapılan çalışmalar sonucunda çıktı vektöründe elde edilen değerlerde belirli sapmalar olabileceğinden, çıktı değerlerinde kabul edilebilir bir düzey belirlenmesi gerekmiştir. Bu gereklilikten dolayı YSA ile yapılan tahmin çalışmaları ve bu çalışmalar sonucunda elde edilen değerler göz önüne alınarak, bir unsurun herhangi bir unsur sınıfına kabul edilebilmesi için **kabul edilebilir güvenlik düzeyi %80** olarak belirlenmiştir.

7.2.3. Girdi ve çıktı değerlerinin normalize edilmesi

Ağın eğitimine başlamadan önce girdi vektörleri (Bkz. EK-3 Çizelge 3.1) ve çıktı vektörlerine (Bkz. Çizelge 7.24) ait değerler, Eş. 4.13’deki formül uygulanarak normalize edilir. Bunun için öncelikle girdi vektörüne ait her sütundaki (Bkz. EK-3 Çizelge 3.1) ve çıktı vektörüne ait her sütundaki (Bkz. Çizelge 7.24) minimum ve maksimum değerler bulunur ve daha sonra bu değerler (Çizelge 7.25 ve Çizelge 7.26) Eş. 4.7’de kullanılarak girdi ve çıktı vektörlerinin normalizasyonları yapılır. Örnek olarak “kanal” unsuruna ait hesaplama Çizelge 7.27’de ve diğer unsurlara ait normalize değer özet tablosu EK-4 Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.25. Girdi vektörlerine ait sütunların maksimum ve minimum değerleri

	Değer Adı								
	Girdi1	Girdi2	Girdi3	Girdi4	Girdi5	Girdi6	Girdi7	Girdi8	Girdi9
Sütun Minimum Değeri	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-2	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Sütun Maksimum Değeri	2,5	2,5	1,5	2,5	2	2,5	1,5	2,5	2,5

Çizelge 7.27. Standard-Kanal unsuruna ait girdi ve çıktı vektörleri normalize değer hesabı

Unsur No	Unsur Sıra No	Unsur Adı	Değer Adı	Gerçek Değer	Sütun Minimum Değer	Sütun Maksimum Değeri	Normalize Değer Hesabı
1	-	Kanal	Girdi1	1,5	-0,5	2,5	$(1,5-(-0,5)) / (2,5-(-0,5)) = 0,6667$
			Girdi2	1,5	-0,5	2,5	$(1,5-(-0,5)) / (2,5-(-0,5)) = 0,6667$
			Girdi3	1	-0,5	1,5	$(1-(-0,5)) / (1,5-(-0,5)) = 0,75$
			Girdi4	1,25	-0,5	2,5	$(1,25-(-0,5)) / (2,5-(-0,5)) = 0,5833$
			Girdi5	0,5	-2	2	$(0,5-(-2)) / (2-(-2)) = 0,625$
			Girdi6	1,25	-0,5	2,5	$(1,25-(-0,5)) / (2,5-(-0,5)) = 0,5833$
			Girdi7	1	-0,5	1,5	$(1-(-0,5)) / (1,5-(-0,5)) = 0,75$
			Girdi8	1,5	-0,5	2,5	$(1,5-(-0,5)) / (2,5-(-0,5)) = 0,6667$
			Girdi9	1,5	-0,5	2,5	$(1,5-(-0,5)) / (2,5-(-0,5)) = 0,6667$
			Çıktı1	1	0	1	$(1-0) / (1-0) = 1$
			Çıktı2	0	0	1	$(0-0) / (1-0) = 0$
			Çıktı3	0	0	1	$(0-0) / (1-0) = 0$
			Çıktı4	0	0	1	$(0-0) / (1-0) = 0$
			Çıktı5	0	0	1	$(0-0) / (1-0) = 0$
			Çıktı6	0	0	1	$(0-0) / (1-0) = 0$
			Çıktı7	0	0	1	$(0-0) / (1-0) = 0$
			Çıktı8	0	0	1	$(0-0) / (1-0) = 0$
			Çıktı9	0	0	1	$(0-0) / (1-0) = 0$
			Çıktı10	0	0	1	$(0-0) / (1-0) = 0$

7.2.4. Ağ gizli katman sayısının ve nöron sayılarının belirlenmesi

Gizli katman sayısı ve bu katmanlardaki nöron sayısının belirlenmesinde belirli bir yöntem yoktur. Birçok çalışmada olduğu gibi bu çalışmada da deneme yanılma yönteminden yararlanılmıştır. Çalışma kapsamında en uygun gizli katman sayısı ve bu katmanlardaki nöron sayısı belirlenmesi çalışmasında, öncelikle 10 adet standard unsura ait ve 49 adet standard dışı unsurlara ait girdi ve çıktı değerleri kullanılarak bir eğitim seti oluşturulmuştur. Daha sonra bu eğitim seti önce 1 adet gizli katmanı olan bir YSA yapısı için, daha sonra 2 adet gizli katmanı olan bir YSA yapısı için belirlenen nöron sayılarına göre, her bir nöron sayısı için 3 defa, 200 000 çevrim yapılarak eğitilmiştir. Girdi ve çıktı arasındaki ilişkiyi tespit etmek için derece derece nöronların sayısı arttırılmış ve tespit edilen nöron sayıları için hata oranları ve her bir nöron sayısı için kaydedilen hata oranlarından minimum olanı Çizelge 7.28’de ve Çizelge 7.29’ da gösterildiği gibi kaydedilmiştir.

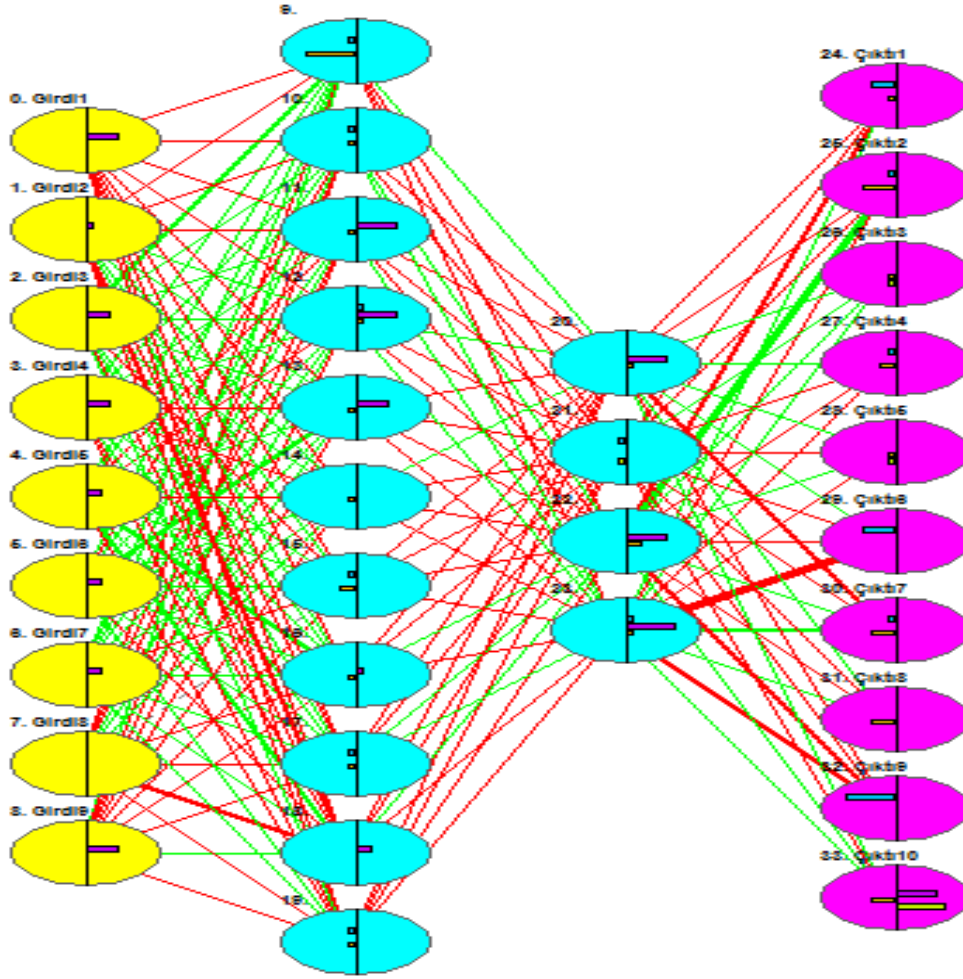
Çizelge 7.28. Tek gizli katmanlı ağda nöron sayısı belirlemede hata oranları

Deneme No	Nöron Sayısı		Hata Oranı	Deneme No	Nöron Sayısı		Hata Oranı
	Gizli Katman 1				Katman 1		
1	3		0,00099831	1	10		0.00099345
2	3		0.00099214	2	10		0.00099811
3	3		0,0009942	3	10		0,00099559
Minumun Hata			0,00099214	Minumun Hata			0,00099345
1	4		0,00099903	1	11		0,00099833
2	4		0,0009968	2	11		0,00099653
3	4		0,00099808	3	11		0,00099604
Minumun Hata			0,0009968	Minumun Hata			0,00099604
1	5		0,00099536	1	12		0,00099795
2	5		0,00099695	2	12		0,00099518
3	5		0,00099825	3	12		0,00099703
Minumun Hata			0,00099536	Minumun Hata			0,00099795
1	6		0,00099767	1	13		0,00099333
2	6		0,00099341	2	13		0,00099504
3	6		0,00099975	3	13		0,00099825
Minumun Hata			0,00099341	Minumun Hata			0,00099333
1	7		0,00099252	1	14		0,00099897
2	7		0,00099593	2	14		0,00099247
3	7		0,00099678	3	14		0,0009982
Minumun Hata			0,00099252	Minumun Hata			0,00099247
1	8		0,00098805	1	15		0,00099322
2	8		0,00099301	2	15		0,00099977
3	8		0,00099778	3	15		0,00099867
Minumun Hata			0,00098805				
1	9		0,000995				
2	9		0,0009980				
3	9		0,00099472				
Minumun Hata			0,00099472				

Çizelge 7.29. İki gizli katmanlı ağda nöron sayısı belirlemede hata oranları

Deneme No	Nöron Sayısı		Hata Oranı	Deneme No	Nöron Sayısı		Hata Oranı
	Gizli Katman1	Gizli Katman2			Gizli Katman1	Gizli Katman2	
1	5	3	0,00099827	1	10	3	0,00099838
2	5	3	0,00099943	2	10	3	0,00099966
3	5	3	0,00099955	3	10	3	0,00099969
Minumun Hata			0,00099827	Minumun Hata			0,00099838
1	5	4	0,00099995	1	9	5	0,00099701
2	5	4	0,00099769	2	9	5	0,00099782
3	5	4	0,00099744	3	9	5	0,00099771
Minumun Hata			0,00099744	Minumun Hata			0,00099701
1	6	4	0,00099973	1	11	4	0,00099135
2	6	4	0,00099985	2	11	4	0,00099141
3	6	4	0,0009987	3	11	4	0,00098771
Minumun Hata			0,0009987	Minumun Hata			0,00098771
1	7	4	0,00099292				
2	7	4	0,00099957				
3	7	4	0,00099936				
Minumun Hata			0,00099292				
1	8	4	0,00099145				
2	8	4	0,00099515				
3	8	4	0,00099724				
Minumun Hata			0,00099145				

Bu işlem her bir nöron sayısı için yapılmıştır. Daha sonra bu minimum hata oranlarının karşılaştırılması suretiyle en küçük hata oranına sahip olan gizli katman sayısı ve bu katmanlardaki nöron sayısı tespit edilmiştir. Sonuçlara bakıldığında, en küçük hata oranına, 2 adet gizli katmanı olan, birinci katmanında 11 tane ikinci katmanında 4 tane olmak üzere toplam 15 adet gizli katman nöronu olan çok katmanlı bir YSA modelinin sahip olduğu ve optimal ağ yapısını oluşturduğu görülmüştür. Optimal ağ modeli Şekil 7.2' de gösterilmiştir. Bu yapı 4 katmanı olan çok katmanlı bir YSA modelidir. Modelde sırasıyla 9 adet nöronu olan 1 adet girdi katmanı, birinci gizli katmanında 11 adet ikinci gizli katmanında 4 adet nöron olan 2 adet gizli katman ve 10 adet nöronu olan 1 adet çıktı katmanı vardır.



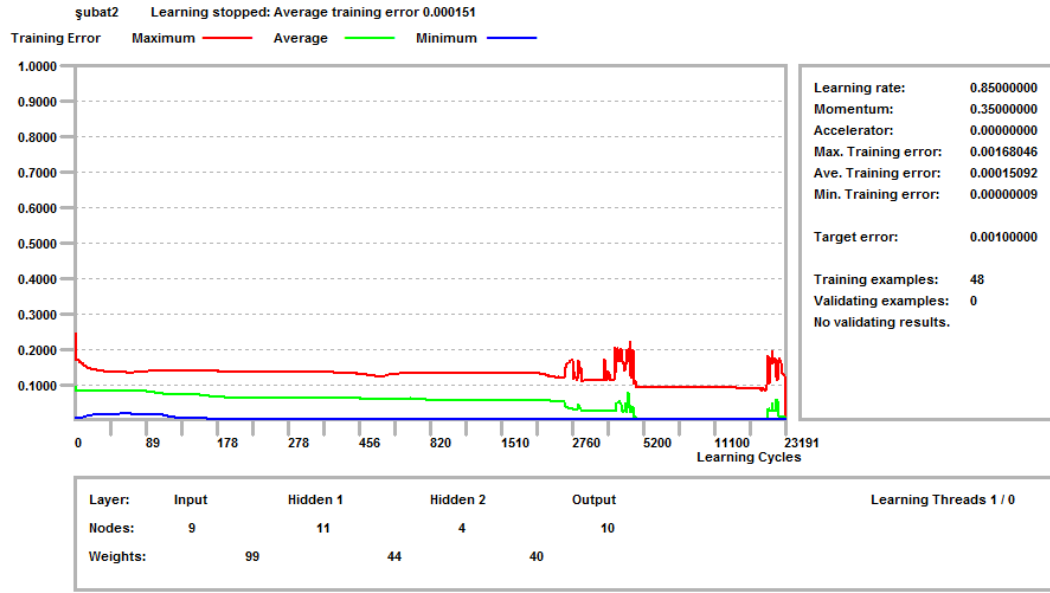
Şekil 7.2 Geliştirilen optimal yapay sinir ağı modeli

7.2.5. Ağın eğitimi, öğrenme oranı ve momentumun hesaplanması

Ağın eğitiminde kullanılan veriler iki grupta ele alınmıştır. Bu verilerin birinci grubunu eğitim seti verileri, ikinci grubunu ise geliştirilen optimal ağ modelinin doğruluğunu sorgulamada kullanılmak üzere test seti verileri oluşturmaktadır. EK-5 Çizelge 5.1'de eğitim seti verileri, EK-5 Çizelge 5.2'de test seti verileri gösterilmiştir. Eğitim seti verileri 48 tane girdi ve çıktı vektörlerinden, test seti verileri ise 11 tane girdi ve çıktı vektörlerinden oluşmaktadır.

Eğitim seti verileri *EasyNN plus* YSA programına atılarak ağın eğitimi yapılmıştır. Çeşitli denemeler sonucunda optimal ağın tespitinde öğrenme oranı (η) 0,85 ve

momentum (g) 0,35 olarak belirlenmiştir. Hedef çalışma hatası ortalama 0,001 olarak belirlenmiştir. Şekil 7.3’de gösterildiği gibi 23191 iterasyon yapılarak ortalama hata oranı 0,00015092 olana kadar eğitim devam etmiş ve hedef çalışma hatasının altında bir değere ulaşıldığından program eğitimi durdurmuş, optimal ağ modeli belirlenmiştir.



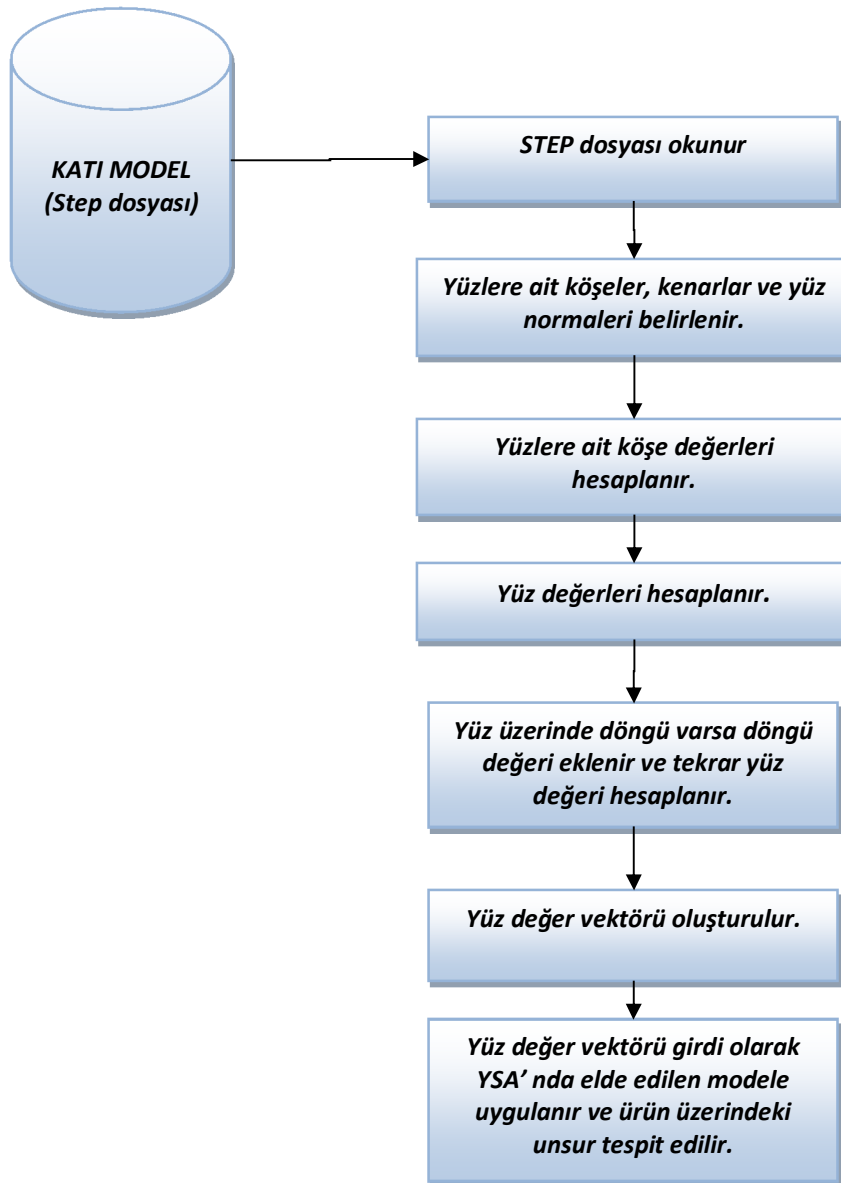
Şekil 7.3. Optimal ağ modeli ortalama hata diyagramı

Optimal YSA modeline ait her bir nörona karşılık gelen ağırlık katsayıları programdan alınmış ve bu katsayıların “.txt” formatında kaydedilmesi sağlanmıştır. Daha sonra, kaydedilen bu katsayılar Delphi 7.0 yazılım dilinde geliştirilen programa aktararak programın güncellenmesi sağlanmıştır.

Eğitim sonrasında eğitim seti verilerinin ve test seti verilerinin, gerçek değerleri ve tahmin değerleri de (EK-6 Çizelge 6.1) *EasyNN plus* paket programından alınarak “.txt” olarak kaydedilmiştir. Bu çizelgede “T:” gerçek değeri, “P:” bu verinin optimal ağ modeli ile tahmin değerini, “Q:” ise test edilecek değeri ifade etmektedir.

7.3. Geliştirilen Yazılımın Özellikleri ve Algoritması

Geliştirilen ara yüz program için *Delphi 7.0* programlama dili kullanılmıştır. Program genel hatlarıyla 6 ana aşamadan oluşmaktadır. Programın genel algoritması Şekil 7.4’de gösterilmiştir.



Şekil 7.4. Geliştirilen yazılımın akış şeması

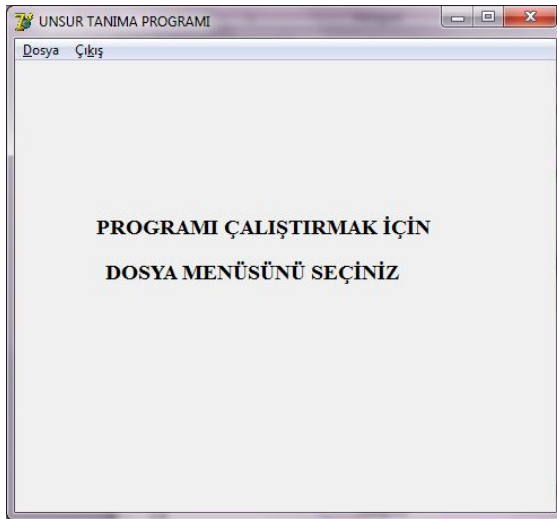
Programın aşamaları aşağıda verilmiştir.

1. STEP dosyasında, ürüne ait bütün yüzler CLOSED_SHELL başlığında belirtilmektedir. Dolayısıyla program çalıştığında STEP dosyasındaki CLOSED_SHELL başlığını bulmakta ve ürüne ait yüzleri belirlemektedir. Ürün üzerinde kaç tane yüz varsa bu yüzler tek tek incelenmektedir. Öncelikle ürüne ait yüzler içerisinde silindirik bir unsur olup olmadığı kontrol edilmektedir. Eğer silindirik bir unsur varsa program silindirik unsur için hazırlanan modülü çalıştırmakta, eğer silindirik unsur yoksa prizmatik yüzler için hazırlanan modülü çalıştırmaktadır. Her iki modül çalıştırıldığında aşağıdaki adımlar gerçekleşmektedir.
 - i. Her bir yüze ait veriler okunur. Bu veriler, yüzlerin köşe ve kenar sayıları, bu köşelerin koordinat değerleri ve o yüzün normalidir.
 - ii. Yüz için belirlenen köşelere program tarafından otomatik olarak harf ataması yapılır.
 - iii. Yüz için 3 boyutlu x, y, z değerleri ve yüz normali ilgili dosyalara yazdırılır.
 - iv. Her bir yüzün hangi köşelerden oluştuğu belirlenerek yüzler sıralanır.
2. Her bir yüz tek tek ele alınır. Bir yüzün komşu olduğu yüze göre olan konumu belirlenir ve bu yüzün sahip olduğu köşelere değerler atanır
3. Yüzde ne kadar köşe varsa, bu köşelerin değerleri kendi aralarında yorumlanarak yüz değeri hesaplanır.
4. Yüz değerleri hesaplandıktan sonra, ilgili yüz herhangi bir yüzün tamamen kapsamında olup olmadığı kontrol edilerek döngü değeri eklenir ve yüz değeri tekrar hesaplanır.
5. Ana yüzün konumuna bakılarak, diğer yüzler ile olan ilişki durumlarına göre yüz değer vektörü oluşturulur.

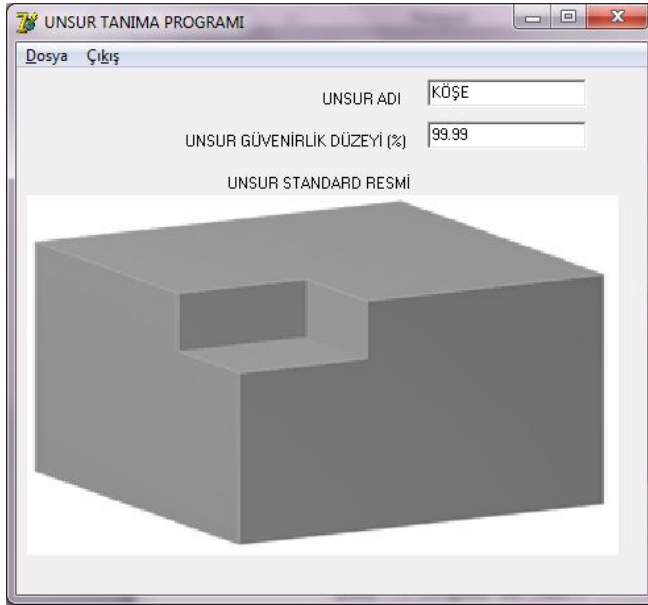
6. Yüz değeri vektörleri, YSA'nda unsurların eğitilmesi ile elde edilen modelin girdisi olarak ele alınır ve sonuç olarak ürünlerdeki unsur belirlenir.

7.3.1. Program ara yüzü

Unsur tanıma için geliştirilen yazılım, tamamen kullanıcı etkileşiminden uzak olarak çalıştırılmaktadır. Dolayısıyla bütün işlemler arka planda yapılmaktadır. Kullanıcı sadece STEP uzantılı ürün dosyasını seçmekte ve neticesinde bu ürünlerdeki unsur otomatik olarak belirlenmektedir. Bu sebeple programın ara yüzü oldukça sade olarak tasarlanmıştır. Program çalıştırdıktan sonra Şekil 7.5'de gösterilen pencere ekrana gelmekte ve kullanıcıdan bir dosya (ürün) seçmesini istemektedir. "Dosya" seçeneğinden herhangi bir ürünün seçilmesiyle, program arka planda gerekli hesaplamaları yaparak ürüne ait unsuru belirlemektedir. Unsur belirlendikten sonra, Şekil 7.6'da gösterilen pencere ile unsura ait standart unsur resmi ve unsurun tanıma güvenilirlik (doğruluk) yüzdesi ekrana yansıtılır.



Şekil 7.5. Program ara yüzü 1



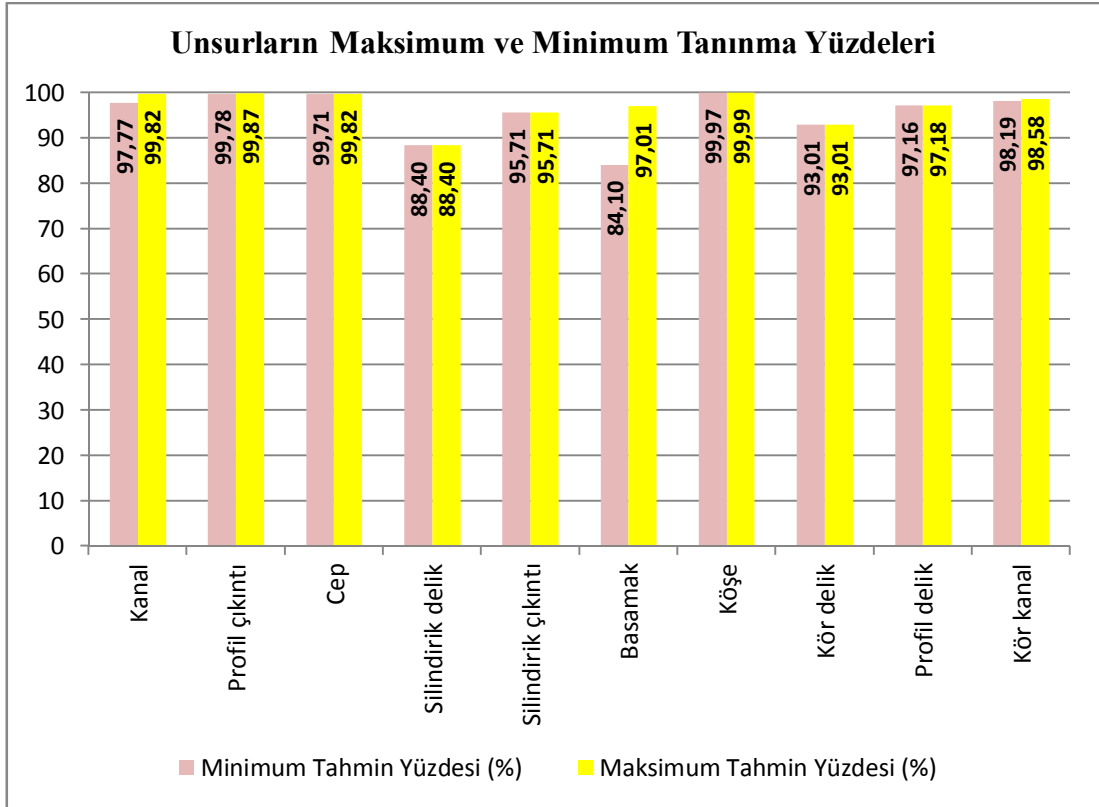
Şekil 7.6. Program ara yüzü 2

7.3.2. Geliştirilen model ile elde edilen genel sonuçlar

Geliştirilen YSA tabanlı sistem, (Bkz. Çizelge 7.1) ve (Bkz. EK-1, Çizelge 1.1)' deki toplam 59 adet ürün modeline uygulanmış ve Çizelge 7.30' daki sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 7.30. Unsur tahmin yüzdeleri

Unsur Adı	Minimum Tahmin Yüzdesi (%)	Maksimum Tahmin Yüzdesi (%)
Kanal	97,77	99,82
Profil çıkıntı	99,78	99,87
Cep	99,71	99,82
Silindirik delik	88,4	88,4
Silindirik çıkıntı	95,71	95,71
Basamak	84,1	97,01
Köşe	99,97	99,99
Kör delik	93,01	93,01
Profil delik	97,16	97,18
Kör kanal	98,19	98,58



Şekil 7.7. Ursulların minimum ve maksimum tanınma yüzdesi grafiği

Şekil 7.7' deki grafik incelendiğinde;

- Kanal, Profil çıkıntı, Cep, Silindirik çıkıntı, Köşe, Kör delik, Profil delik ve Kör kanal ursullarının minimum ve maksimum tahmin yüzdelerinin birbirine yakın değerler aldığı ve yüksek bir tahmin yüzdesi ile doğru tahmin edildiği,
- Silindirik delik unsurun diğer ursullara göre biraz daha düşük bir tahmin yüzdesi değeri aldığı ancak doğru bir tahmin olduğu,
- Basamak unsurunun ise minimum tahmin yüzdesi ile maksimum tahmin yüzdesi arasında yaklaşık %13 gibi bir fark olduğu ancak doğru bir tahmin değerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

7.3.3. Modelin yazılım programında test verileri ile doğrulanması ve sonuçların değerlendirilmesi

Geliştirilen modelin doğruluğunu test etmek için daha önceden ayrılmış olan test verileri (Bkz. EK-5, Çizelge 5.2) kullanılarak geliştirilen unsur tanıma sistem modelinin unsurları tanıma potansiyeli test edilmiş ve sonuçlar Çizelge 7.31’de gösterilmiştir. Çizelgede “Q” test için ayrılmış olan değeri, “Unsur No” belirlenen 10 adet unsurun her birine karşılık gelen unsur numarasını, “Unsur Sıra No” ise her bir unsur türünün alabileceği farklı daha önceden belirlenmiş şekillerden (Bkz. Ek-1, Çizelge 1.1) dolayı kendi içindeki sıra numarasını ifade etmektedir. Örneğin Kanal 1.3 adı ile anılan unsur 1 sıra numaralı 3’ üncü şekle ait kanal unsuru olduğunu ifade eder.

Çizelge 7.31. Test verilerinin değerlendirilmesi

Unsur No	Unsur Sıra No	Unsur Adı	Çıktı1	Çıktı2	Çıktı3	Çıktı4	Çıktı5	Çıktı6	Çıktı7	Çıktı8	Çıktı9	Çıktı10
1	3	Q: Kanal 1.3	0,9777	0	0,0006	0	0	0	0,0001	0,0224	0	0,0001
1	9	Q: Kanal 1.9	0,9848	0	0,0006	0	0	0	0,0001	0,0173	0	0,0001
1	13	Q: Kanal 1.13	0,9889	0	0,0006	0	0	0	0,0002	0,0125	0	0
1	19	Q: Kanal 1.19	0,9874	0	0,0006	0	0	0	0,0002	0,0142	0	0,0001
2	3	Q: Profil Çıkıntı 2.3	0	0,9978	0,0005	0	0,0115	0	0	0	0	0
3	4	Q: Cep 3.4	0	0	0,9973	0	0,0006	0	0	0	0	0,0014
6	3	Q: Basamak 6.3	0	0	0,0004	0,001	0,0036	0,841	0	0	0,0141	0
6	7	Q: Basamak 6.7	0	0	0,0004	0,0029	0,0053	0,9020	0	0	0,0057	0
7	2	Q: Köşe 7.2	0	0,0072	0,0009	0	0	0	0,9996	0	0	0,0024
7	6	Q: Köşe 7.6	0	0,0187	0,0008	0	0	0	0,9999	0	0	0,0011
10	4	Q: Kör Kanal 10.4	0	0	0,0031	0	0,0026	0	0	0,0001	0	0,9819

Çizelge 7.31'deki değerlere bakıldığında test edilen unsurlardan;

- Kanal 1.3 unsurunun 0,9777 değeri ile yaklaşık %97,8
- Kanal 1.9 unsurunun 0,9848 değeri ile yaklaşık %98,5
- Kanal 1.13 unsurunun 0,9889 değeri ile yaklaşık %98,9
- Kanal 1.19 unsurunun 0,9874 değeri ile yaklaşık %98,8
- Profil Çıkıntı 2.3 unsurunun 0,9978 değeri ile yaklaşık %99,8
- Cep 3.4 unsurunun 0,9973 değeri ile yaklaşık %99,7,
- Basamak 6.3 unsurunun 0,841 değeri ile yaklaşık %84,1
- Basamak 6.7 unsurunun 0,9020 değeri ile yaklaşık %90,2
- Köşe 7.2 unsurunun 0,9996 değeri ile yaklaşık %99,9
- Köşe 7.6 unsurunun 0,9999 değeri ile yaklaşık %99,9
- Kör Kanal 10.4. unsurunun 0,9819 değeri ile yaklaşık %98.2'lik

tahmin yüzdesi değerlerine sahip olduğu ve tüm bu değerlerin minimum tanıma güvenilirliği olarak belirlenen %80 taban değerinden daha yüksek, unsurun tanınması için güvenilir sınırlar içerisinde bir değer olduğu tespit edilmiştir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında BDT ve BDİ arasında tam otomasyonun sağlanmasına katkıda bulunulması amaçlanmıştır. Unsurlar parçanın işlem gören kısımları olduğundan işlem görecek bu kısımlarda hangi operasyonların gerçekleşeceği ve bunların sırasının ne olacağı gibi tasarım sonrası imalat işlemleri için önem arz eder. İmalat için bu bilgilerin unsur tanıma sistemi içerisinde karşılanması söz konudur.

Gerçekleştirilen tez çalışmasında STEP veri yapısındaki bir ürüne ait unsurlar otomatik olarak tanınmaktadır. Çalışmada kullanılan unsurlar aşağıda verilmiştir.

- Kanal
- Profil çıkıntı
- Cep
- Silindirik delik
- Silindirik çıkıntı
- Basamak
- Köşe
- Kör delik
- Profil delik
- Kör kanal

Unsur tanımadaki yöntem olarak YSA kullanılmıştır. YSA' nda modellerin elde edilmesi amacıyla girdi olarak, unsurlara ait yüz değer vektörleri kullanılmıştır. YSA ile elde edilen model, DELPHİ 7.0'da geliştirilen bir programa adapte edilmiştir. Bu program STEP formatındaki ürüne ait dosyayı okuyarak hangi unsurlar olduğunu otomatik olarak tespit etmektedir. Bu amaçla geliştirilen programda 10 adet unsur için toplam 59 farklı ürün modeli denenmiş ve hepsinde de doğru unsur bulunmuştur.

Bu çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Unsur tanıma işlemi kullanıcı etkileşimi olmadan tamamen otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Program kullanıcıya hiçbir şekilde soru sormamaktadır.
- Unsur tanıma için YSA kullanılmıştır.
- Bu çalışma ile katı modele ait STEP yapısı geliştirilen bir ara yüz program aracılığıyla incelenerek YSA' na girdi oluşturacak yüzey değer vektörlerine dönüştürülmesi sağlanmış ve bu yolla BDT ile YSA' nın birlikte çalışabileceği bir sistem modeli geliştirilmiştir. Böylece unsur tanımada bütünleşik bir sistem oluşturulmuştur. Bu açıdan geliştirilen bu unsur tanıma sistemi, BDT ve BDİ uygulamalarının entegrasyonu açısından önemli bir ara yüz görevi görmektedir.
- Unsurlar ne kadar karmaşık olursa olsun sistem unsurları tanımaktadır.
- Program sadece 1 unsur tanımaya yönelik olarak hazırlanmıştır. Ancak, ürün üzerinde 1' den fazla unsur olduğunda, hangi unsur seçilirse o unsuru tanıyabilmektedir.
- STEP veri yapısı detaylı bir şekilde analiz edilerek, ürüne ait yüz, köşe ve kenar ilişkileri ve topolojik bağlantıları belirlenmiştir.
- Geliştirilen optimal YSA modelinde yüzde olarak en yüksek tahmin %99,99 ile köşe unsurunda elde edilmiştir.
- Geliştirilen optimal YSA modelinde yüzde olarak en düşük tahmin %84,10 ile basamak unsurunda elde edilmiştir.
- Kanal unsuru için 20 adet şekil ele alınmış, ortalama tahmin yüzdesi % 98,80 olarak belirlenmiştir.
- Profil çıkıntı unsuru için 6 adet şekil ele alınmış, ortalama tahmin yüzdesi % 99,83 olarak belirlenmiştir.
- Cep unsuru için 6 adet şekil ele alınmış, ortalama tahmin yüzdesi % 99,71 olarak belirlenmiştir.
- Silindirik delik unsuru için 1 adet şekil ele alınmış, ortalama tahmin yüzdesi % 88,4 olarak belirlenmiştir.

- Silindirik çıkıntı unsuru için 1 adet şekil ele alınmış, ortalama tahmin yüzdesi % 95,71 olarak belirlenmiştir.
- Basamak unsuru için 8 adet şekil ele alınmış, ortalama tahmin yüzdesi % 94,12 olarak belirlenmiştir.
- Köşe unsuru için 7 adet şekil ele alınmış, ortalama tahmin yüzdesi % 99,98 olarak belirlenmiştir.
- Kör delik unsuru için 1 adet şekil ele alınmış, ortalama tahmin yüzdesi % 93,01 olarak belirlenmiştir.
- Profil delik unsuru için 3 adet şekil ele alınmış, ortalama tahmin yüzdesi % 97,17 olarak belirlenmiştir.
- Kör kanal unsuru için 6 adet şekil ele alınmış, ortalama tahmin yüzdesi % 98,5 olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmanın devamında yapılabilecek çalışmalar aşağıda verilmiştir.

- Çalışılan unsurlar, eğimli olmayan, düz, düzlemsel ve dairesel yüzeylere sahip unsurlarla sınırlıdır. 3 boyutlu unsurların da tanınabileceği bir çalışma gerçekleştirilebilir.
- Sistem, üzerinde sadece 1 tane unsur bulunan bir model üzerine çalışmaktadır. Sistem, ürün üzerinde birden çok imalat unsurunu barındıran ve birbirleri ile etkileşen unsurları da içine alan daha kompleks yapıları da tanıyabilen bir unsur tanıma sistem modeli haline getirilebilir.
- Sistem, işlem planlamayı destekleyecek bir ön işlem görevi üstlendiğinden geliştirilen programa eklenecek bir “İşlem planlama” modülü ile tasarım ve imalat arasındaki entegrasyon sağlanabilir.
- Bu çalışma imalat unsurlarını tanımaktadır. Devamında bu unsurların imalatı için gerekli CNC kodlarının üretilebileceği bir çalışma gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

1. Lee, H.C., Jhee, W.C. And Park, H.S., “Generative CAPP through projective feature recognition”, *Computer & Industrial Engineering*, 53: 241-246 (2007).
2. Pal, P., Tigga, A.M. And Kummar, A., “Feature extraction from large CAD databases using genetic algorithm”, *Computer Aided-Design*, 37: 545-558 (2005).
3. Ferreira, J.C.E. And Vivian, D., “Feature recognition in axisymmetrical parts modeled by solids in an Internet-oriented CAD-CAM system”, *Journal of Materials Processing Technolog*, 179: 260-267 (2006).
4. Nasr, E.S.A. And Kmarani, A.K., “A new methodology for extracting manufacturing features from CAD system”, *Computer & Industrial Engineering*, 51: 389-415 (2006).
5. Ding, L. And Yue, Y., “Novel ANN-based feature recognition incorporating design by features”, *Computers in Industry*, 55: 197-222 (2004).
6. Nezis, K. And Vosniakos, G., “Recognizing 2½D shape features using a neural network and heuristics”, *Computer Aided-Design*, 29(7): 523-539 (1997).
7. Lockett, H.L. And Guenov, M.D., “Graph-based feature recognition for injection moulding based on a mid-surface approach”, *Computer Aided-Design*, 37: 251-262 (2004).
8. Lankalapalli, K., Chatterjee And S., Chang, T.C., “Feature recognition using ART2: a self-organizing neural network”, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 8: 203-214 (1997).
9. Godfrey, C.O., “Manufacturing features recognition using backpropagation neural networks”, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 10: 289-299 (1999).
10. Marquez, M., Gill, R. And White, A., “Application of Neural Networks in Feature Recognition of Mould Reinforced Plastic Parts”, *Concurrent Engineering*, 7(2): 115-122 (1999).
11. Gao, S. And Shah, J.J., “Automatic recognition of interaction machining features based on minimal condition graph”, *Computer Aided-Design*, 30(6): 727-739 (1998).
12. Sunil, V.B., Agarwal, R. And Pande, S.S., “An approach to recognize interacting features from B-Rep CAD models of prismatic machined parts using a hybrid (graph and rule based) technique”, *Computers in Industry*, 61: 686-701 (2010).

13. Rahmani, K. And Arezoo, B., “Boundary analysis and geometric completion for recognition of interacting machining features”, *Computer Aided-Design*, 38: 845-856 (2006).
14. Öztürk, N. And Öztürk, F., “Neural network based non-standard feature recognition to integrate CAD and CAM”, *Computers in Industry*, 45: 123-135 (2001).
15. Brousseau, E.B., Dimov, S.S. And Setchi, R.M., “Learning and Reasoning Techniques for Automatic Feature Recognition from CAD Models”, *Innovative Production Machines and Systems (I*PROMS) and Multi-Material Micro Manufacture: Technologies and Applications (4M)*, Cardiff, U.K., 77-82 (2006).
16. Li, Y., Liu, X., Gao, J.X. And Maropoulos, P.G., “A dynamic feature information model for integrated manufacturing planning and optimization”, *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 61: 167-170 (2012).
17. Babic, B., Nestic, N. And Miljkovic, Z., “A review of automated feature recognition with rule-based pattern recognition”, *Computers in Industry*, 59: 321-337 (2008).
18. Marchetta, M.G. And Forradellas, R.Q., “An artificial intelligence planning approach to manufacturing feature recognition”, *Computer-Aided Design*, 42: 248-256 (2010).
19. Dipper, T., Xu, X. And Klemm, P., “Defining, recognizing and representing feature interactions in a feature-based data model”, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 27: 101-114 (2011).
20. Rameshbabu, V. And Shunmugam, M.S., “Hybrid feature recognition method for setup planning from STEP AP-203”, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 25: 393-408 (2009).
21. Chu, C-H., Cheng, H-C., Wang, E. And Kim, Y.S., “ANN-based 3D part search with different levels of detail (LOD) in negative feature decomposition”, *Expert Systems with Applications*, 36: 10905-10913 (2009).
22. Başak, H., Gülesin, M. ve Eldem, C., “Unsur Tabanlı Tasarımda, Üretim için Unsur Bilgilerinin Çıkarılması”, *10.Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi*, Kapadokya, 65-78 (2002).
23. Çiçek, A. ve Gülesin, M., “BDT-BDİ Uygulamaları için Bilgisayar Destekli Parça Tanıma Yaklaşımının Geliştirilmesi”, *Gazi Üniv.Müh.Mim.Fak.Der.*, 22(2): 237-246 (2007).

24. Eşme, U., Aydın, H., Külekci, M.K. ve Özbek, A., “Tel Erozyonda Kesme Parametrelerinin Yapay Sinir Ağları (YSA) Metodu ile Modellenmesi”, **2.Mühendislik ve Teknoloji Sempozyumu**, Ankara, 25-31 (2009).
25. Yüksek, A.G., Bircan, H., Zontul, M. ve Kaynar, O., “Sivas İlinde Yapay Sinir Ağları ile Hava Kalitesi Modelinin Oluşturulması Üzerine Bir Araştırma”, **C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, 8 (1): 97-112 (2007).
26. Kaynar, O., Taştan, S. ve Demirkoparan, F., “Ham Petrol Fiyatlarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmini”, **Ege Akademik Bakış**, 10(2): 559-573 (2010).
27. Karaatlı, M. ve Albeni, M., “Gül Çiçeği Dikim Alanlarının Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Tahmini”, **Akdeniz Üniversitesi Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi**, 3(2): 137-149 (2011).
28. Erilli, N.A., Eğrioğlu, E., Yolcu, U., Aladağ, Ç.H. ve Uslu, V.R., “Türkiye’de Enflasyonun İleri ve Geri Yapay Sinir Ağlarının Melez Yaklaşımı ile Öngörüsü”, **Doğuş Üniversitesi Dergisi**, 11(1): 42-55 (2010).
29. Güven, E.N., Onur, H. ve Sağiroğlu, Ş., “Yapay Sinir Ağları ile Web İçeriklerini Sınıflandırma”, **Bilim Dünyası**, 9(1): 158-178 (2008).
30. Akkaya, G. ve Gökçen, T., “Yapay Sinir Ağları ile Atölye Çizelgeleme Tasarımı”, **Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi**, 2006/4: 121-130 (2006).
31. Börklü, H.R., “Unsur Tabanlı Modellemede Kullanılan Çeşitli Unsur Tanıma Teknikleri”, **Mühendis ve Makine**, 39(462): 35-47 (1998).
32. Salomons, O.W., Houton, F.J.A.M.V. And Kals, H.J.J., “Review of Research in Feature-Based Design”, **Journal of Manufacturing Systems**, 12(2): 113-132 (1993).
33. Shah, J.J., “Assesment of Features Technology”, **Computer Aided Design**, 23(5): 331-343 (1991).
34. Perng, D.B., Chen, Z. And Li, R.K., “Automatic 3D Machining Feature Extraxtion from 3D CSG Solid Input”, **Computer Aided Design**, 22(5): 285-295 (1990).
35. Case, K., Gao, J.X. And Gindy, N.N.Z., “The Implementation of feature based component representation for CAD/CAM integration”, **Proc. Instn. Of Mechanical Engineers**, 208: 71-80 (1994).



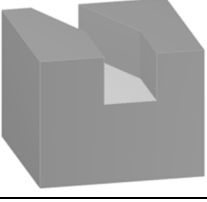
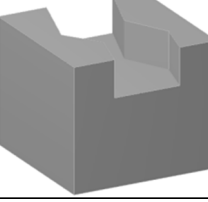
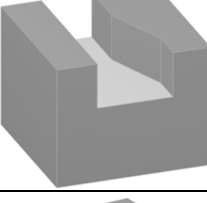
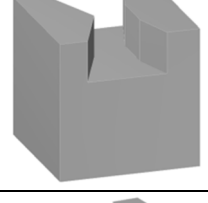
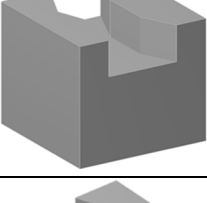
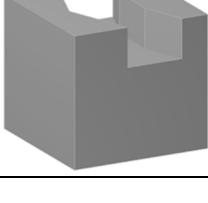
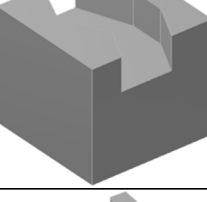
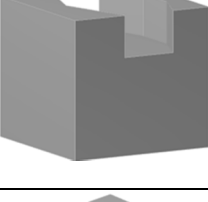
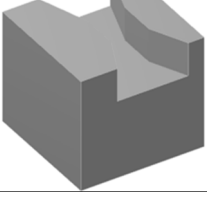
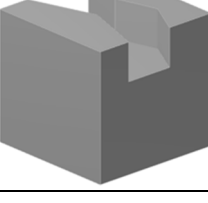
36. Gu, P.A., "Feature Representation Scheme for Supporting Integrated Manufacturing", *Computers Ind. Engineering*, 26(1): 55-71 (1994).
37. Unger, M.B. And Ray, S.R., "Feature-Based Process Planning in the AMRF", *ASME Computers in Engineering Conference*, America Society of Mechanical Engineers, 1-12 (1988).
38. Gupta, S.K. "Using Manufacturing Planning to Generate Manufacturability Feedback", *ASME Journal of Mechanical Design*, 119: 73-80 (1997).
39. Joshi, S., Vissa, N.N. And Chang, T.C., "Expert Process Planning System with Solid Model Interface", *International Journal of Production Research*, 26(5): 863-885 (1988).
40. Sulak, A.İ., "Grup Teknolojisi Esaslı İmalat Sistemlerinin Modellenmesi ve Analizi ", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 55-58 (2003).
41. Ahmad, N. And Haque, A.F.M.A., "Manufacturing Feature Recognition of Parts Using DXF Files", *International Conference on Mechanical Engineering*, Dhaka, Bangladesh, 111-115 (2011).
42. Kim, Y.S. And Waco, D.L., "Geometric Reasoning For Machinig Features Using Convex Decomposition", *Computer Aided Design*, 26(6): 477-489 (1994).
43. Nee, A.Y.C. And Kumar, S., "A Framework for an Object/Rule Based Automated Fixture Design System", *Annals of the CIRP*, 40(1): 147-151 (1991).
44. Çiçek, A. ve Gülesin, M., "Üç Boyutlu Parça Bilgileri ve Unsur Tanıma Yaklaşımları Üzerine Bir Araştırma ", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(3): 439-448 (2006).
45. Elmas, Çetin, "Yapay Sinir Ağları, Birinci Baskı", *Seçkin Yayıncılık*, Ankara, 23, 36, 72 (2003).
46. Caner, M. ve Üstün, S.V., "Yapay Sinir Ağları ile Konuşmacı Kimliğini Tanıma Uygulaması", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(2): 279-284 (2006).
47. İnternet: T.C. Kalkınma Bakanlığı "Yapay Sinir Ağları Metodolojisi ile Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler için Türkiye Örneği " <http://www.kalkinma.gov.tr/DocObjects/Download/3222/ysa.pdf>

48. İnternet: Yıldız Teknik Üniversitesi “Yapay Sinir Ağları”
<http://www.yildiz.edu.tr/~gulez/3k1n.pdf>
49. Duman, N., “Yapay Sinir Ağları ve Bir Uygulama”, *Yüksek lisans tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, 4,17 (2006).
50. Saraç, T., “Yapay Sinir Ağları”, *Seminer Projesi*, Ankara, 13-14, 20-23, 29-31 (2004).
51. Özşahin, Metin, “Türkiye Otomotiv Sektörünün Kendini Örgütleyen Haritalar ile Finansal Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 29-20 (2009).
52. Keleşoğlu, Ö. ve Fırat, A., “Tuğla Duvardaki ve Tesisattaki Isı Kaybının Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi”, *Fırat Üniv. Fen ve Müh.Bil.Der.*, 18(1): 133-141 (2006).
53. Demetgül, M., “Pnömatik Sistemde Gerçek Zamanlı LVQ Yapay Sinir ağı Algoritması ile Arıza Tespiti”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14(1): 83-90 (2008).
54. Akpolat, V., “Osteoporoz Riskinin Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Saptanması”, *Dicle tıp Dergisi*, 36(2): 91-97 (2009).
55. Uğur, L.O., “Yapı Maliyetinin Yapay Sinir Ağı ile Analizi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 109 (2007).
56. Çiçek, A., “Step Veri Dönüşüm Formatında 3 Boyutlu Parça Temsili”, *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2): 31-38 (2006).
57. Macit, Sibel, “Bilgisayar Destekli Mimari Tasarım Sistemlerinden Bir Hacim Akustiği Analiz Yazılımına ifcXML ile Veri Aktarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir, 14-20 (2007).

EKLER

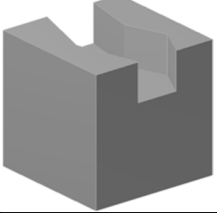
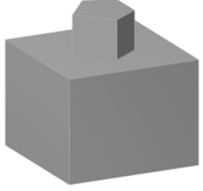
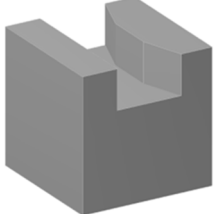
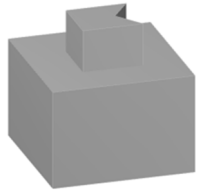
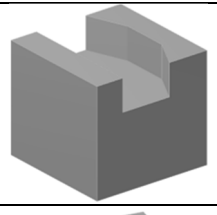
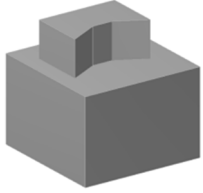
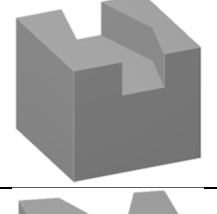
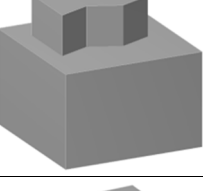
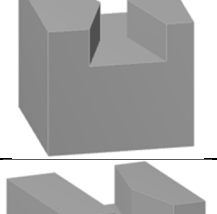
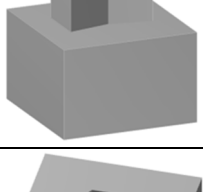
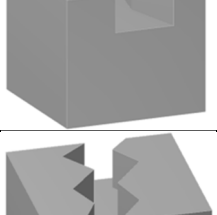
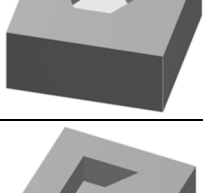
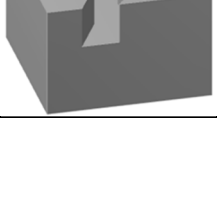
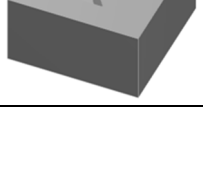
EK-1. Standard dışı unsur örnekleri

Çizelge 1.1. Standard dışı unsurlar

Unsur No	Unsur Sıra No	Unsur Adı	Unsurun Remi	Unsur No	Unsur Sıra No	Unsur Adı	Unsurun Remi
1	1	Kanal		1	7	Kanal	
1	2	Kanal		1	8	Kanal	
1	3	Kanal		1	9	Kanal	
1	4	Kanal		1	10	Kanal	
1	5	Kanal		1	11	Kanal	
1	6	Kanal		1	12	Kanal	


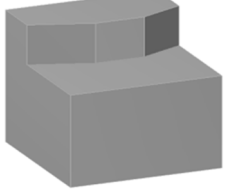

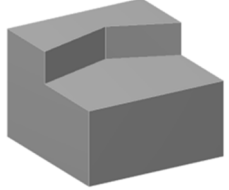
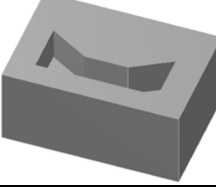
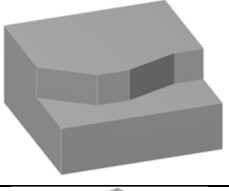
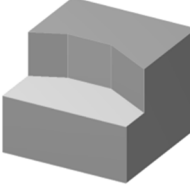

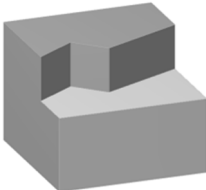
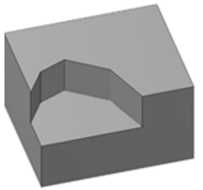
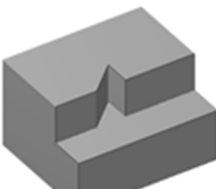

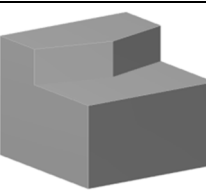
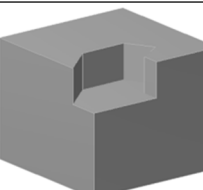
EK-1. Standard dışı unsur örnekleri

Çizelge 1.1. (Devam) Standard dışı unsurlar

1	13	Kanal		2	1	Profil Çıkıntı	
1	14	Kanal		2	2	Profil Çıkıntı	
1	15	Kanal		2	3	Profil Çıkıntı	
1	16	Kanal		2	4	Profil Çıkıntı	
1	17	Kanal		2	5	Profil Çıkıntı	
1	18	Kanal		3	1	Cep	
1	19	Kanal		3	2	Cep	



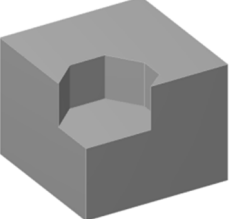






EK-1. Standard dışı unsur örnekleri

Çizelge 1.1. (Devam) Standard dışı unsurlar

3	3	Cep		6	5	Basamak	
3	4	Cep		6	6	Basamak	
3	5	Cep		6	7	Basamak	
6	1	Basamak		7	1	Köşe	
6	2	Basamak		7	2	Köşe	
6	3	Basamak		7	3	Köşe	
6	4	Basamak		7	4	Köşe	

EK-1. Standard dışı unsur örnekleri

Çizelge 1.1. (Devam) Standard dışı unsurlar

7	5	Köşe		10	2	Kör Kanal	
7	6	Köşe		10	3	Kör Kanal	
9	1	Profil Delik		10	4	Kör Kanal	
9	2	Profil Delik		10	5	Kör Kanal	
10	1	Kör Kanal					

EK-2. Standard dışı unsurlara ait yüz değer vektörleri

Çizelge 2.1. Standard dışı unsurlara ait yüz değer vektörü

Unsur No	Unsur Sıra No	Unsur Adı	Vektör Sıra No								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	Kanal	1,5	0,25	1	1,25	0,1	1,25	0,25	0,25	1,5
1	2	Kanal	1,5	0,25	0,75	1,25	0	1,25	0,75	0,25	1,5
1	3	Kanal	1,5	0,25	1	1,25	0	1,25	0,75	0	1,5
1	4	Kanal	0,25	0,75	0,75	1,25	-0,13	1,25	0,75	0,5	0
1	5	Kanal	0	0,25	0,75	1,25	-0,38	1,25	0,25	0,25	-0,5
1	6	Kanal	0,5	0,75	0,75	1,25	0	1,25	0,75	0,75	0,5
1	7	Kanal	0,25	0,5	0,75	1,25	-0,25	1,25	0,75	0,25	-0,5
1	8	Kanal	0	0,25	0,75	1,25	-0,25	1,25	0,75	0,25	0
1	9	Kanal	0,5	0,75	0,75	1,25	0,07	1,25	0,75	0,75	0,5
1	10	Kanal	0,25	0,5	0,75	1,25	-0,07	1,25	0,75	0,25	0,25
1	11	Kanal	-0,5	0,25	0,25	1,25	-0,36	1,25	0,25	0,25	-0,5
1	12	Kanal	0	0,75	0,75	1,25	-0,07	1,25	0,75	0,25	0
1	13	Kanal	0	0,25	0,75	1,25	-0,21	1,25	0,25	0,25	0
1	14	Kanal	1,5	0,75	1	1,25	0,17	1,25	0,75	0,5	1,5
1	15	Kanal	1,5	0,25	1	1,25	-0,17	1,25	0,25	-0,5	1,5
1	16	Kanal	1,5	0,25	0,25	1,25	-0,17	1,25	0,25	0,25	1,5
1	17	Kanal	1,5	0,75	0,75	1,25	0,17	1,25	0,75	0,75	1,5
1	18	Kanal	1,5	0,75	1	1,25	0,3	1,25	0,75	0,75	1,5
1	19	Kanal	0	0,25	0,75	1,25	-0,5	1,25	0,75	0,25	0
2	1	Profil Çıkıntı	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5
2	2	Profil Çıkıntı	0,5	0	0,5	0,5	1,3	0,5	0	0	0,5

EK-2. Standard dışı unsurlara ait yüz değer vektörleri

Çizelge 2.1. (Devam) Standard dışı unsurlara ait yüz değer vektörü

2	3	Profil Çıkıntı	0,5	0	0,5	0,5	1,17	0,5	0	-0,5	0,5
2	4	Profil Çıkıntı	0,5	0	0,5	0,5	1,33	0,5	0,5	0	0,5
2	5	Profil Çıkıntı	0,5	0	0	0,5	1,17	0,5	0	0	0,5
3	1	Cep	2,5	-0,5	-0,5	-0,5	-1,5	-0,5	-0,5	-0,5	2,5
3	2	Cep	2,5	-0,5	-0,5	0	-1,3	0	-0,5	-0,5	2,5
3	3	Cep	2,5	-0,5	0	0	-1,17	0	0	-0,5	2,5
3	4	Cep	2,5	-0,5	-0,5	0	-1,33	0	-0,5	-0,5	2,5
3	5	Cep	2,5	-0,5	0	0,5	-1,17	0	-0,5	-0,5	2,5
6	1	Basamak	1,5	0,25	1,33	1,5	0,17	1,33	0,25	-0,5	1,5
6	2	Basamak	1,5	0,25	1,33	1,5	0,33	1,33	0,75	0	1,5
6	3	Basamak	0	0,75	1,33	1,5	0,21	1,33	0,75	0	0
6	4	Basamak	1,5	0,75	1,33	1,5	0,7	1,33	0,75	0,75	1,5
6	5	Basamak	1,5	0,75	1,33	1,5	0,5	1,33	0,75	0,5	1,5
6	6	Basamak	1,5	0,25	1,33	1,5	0,5	1,33	0,25	0,25	1,5
6	7	Basamak	0	0,5	1,33	1,5	0,21	1,33	0,75	0,25	0
7	1	Köşe	1,5	-0,5	0,25	1,33	-0,1	1,33	0,25	-0,5	1,5
7	2	Köşe	1,5	-0,5	0,25	1,33	-0,33	1,33	0,25	-0,5	1,5
7	3	Köşe	-0,5	0	0,75	1,33	-0,5	1,33	0,75	0	-0,5
7	4	Köşe	-0,5	0	0,75	1,33	-0,36	1,33	0,25	-0,5	-0,5
7	5	Köşe	-0,5	0	0,25	1,33	-0,5	1,33	0,25	0	-0,5
7	6	Köşe	-0,5	-0,5	0,25	1,33	-0,5	1,33	0,25	-0,5	-0,5
9	1	Profil Delik	1,5	1,5	1	2,5	1	2,5	0,5	1,5	1,5
9	2	Profil Delik	1,5	1,5	1	2,5	1,5	2,5	1	1,5	1,5
10	1	Kör Kanal	1,5	-0,5	0,25	1,25	-0,67	0,75	0	-0,5	1,5

EK-2. Standard dışı unsurlara ait yüz değer vektörleri

Çizelge 2.1. (Devam) Standard dışı unsurlara ait yüz değer vektörü

10	2	Kör Kanal	1,5	-0,5	0,25	1,25	-0,5	0,75	0	-0,5	1,5
10	3	Kör Kanal	1,5	-0,5	0,25	1,25	-0,7	0,25	-0,5	-0,5	1,5
10	4	Kör Kanal	1,5	0	0,5	1,25	-0,5	0,75	0,25	-0,5	1,5
10	5	Kör Kanal	1,5	-0,5	0,25	1,25	-0,83	0,25	-0,5	-0,5	1,5

EK-3. Girdi vektörleri

Çizelge 3.1. Standard ve standard dışı unsurlara ait girdi vektörleri

Unsur No	Unsur Sıra No	Unsur Adı	Girdi Adı								
			Girdi1	Girdi2	Girdi3	Girdi4	Girdi5	Girdi6	Girdi7	Girdi8	Girdi9
1	-	Kanal	1,5	1,5	1	1,25	0,5	1,25	1	1,5	1,5
2	-	Profil Çıkıntı	1,5	0,5	0,5	0,5	1,5	0,5	0,5	0,5	1,5
3	-	Cep	1,5	2,5	-0,5	-0,5	-1,5	-0,5	-0,5	2,5	1,5
4	-	Silindirik Delik	1,5	1,5	1,5	2,5	-2	2,5	1,5	1,5	1,5
5	-	Silindirik Çıkıntı	1,5	1,5	1,5	0,5	2	0	1,5	1,5	1,5
6	-	Basamak	1,5	1,5	1,33	1,5	1	1,33	1	1,5	1,5
7	-	Köşe	1,5	1,5	0,25	1,33	0,25	1,33	0,25	1,5	1,33
8	-	Kör Delik	1,5	1,5	1,5	2,5	-2	0	1,5	1,5	1,5
9	-	Profil Delik	1,5	1,5	0,5	2,5	0,5	2,5	0,5	1,5	1,5
10	-	Kör Kanal	1,5	1,5	0,25	1,25	-0,5	0,25	-0,5	1,5	1,25
1	1	Kanal	1,5	0,25	1	1,25	0,1	1,25	0,25	0,25	1,5
1	2	Kanal	1,5	0,25	0,75	1,25	0	1,25	0,75	0,25	1,5
1	3	Kanal	1,5	0,25	1	1,25	0	1,25	0,75	0	1,5
1	4	Kanal	0,25	0,75	0,75	1,25	-0,13	1,25	0,75	0,5	0
1	5	Kanal	0	0,25	0,75	1,25	-0,38	1,25	0,25	0,25	-0,5
1	6	Kanal	0,5	0,75	0,75	1,25	0	1,25	0,75	0,75	0,5
1	7	Kanal	0,25	0,5	0,75	1,25	-0,25	1,25	0,75	0,25	-0,5
1	8	Kanal	0	0,25	0,75	1,25	-0,25	1,25	0,75	0,25	0
1	9	Kanal	0,5	0,75	0,75	1,25	0,07	1,25	0,75	0,75	0,5
1	10	Kanal	0,25	0,5	0,75	1,25	-0,07	1,25	0,75	0,25	0,25
1	11	Kanal	-0,5	0,25	0,25	1,25	-0,36	1,25	0,25	0,25	-0,5
1	12	Kanal	0	0,75	0,75	1,25	-0,07	1,25	0,75	0,25	0
1	13	Kanal	0	0,25	0,75	1,25	-0,21	1,25	0,25	0,25	0

EK-3. Girdi vektörleri

Çizelge 3.1. (Devam) Standard ve standard dışı unsurlara ait girdi vektörleri

1	14	Kanal	1,5	0,75	1	1,25	0,17	1,25	0,75	0,5	1,5
1	15	Kanal	1,5	0,25	1	1,25	-0,17	1,25	0,25	-0,5	1,5
1	16	Kanal	1,5	0,25	0,25	1,25	-0,17	1,25	0,25	0,25	1,5
1	17	Kanal	1,5	0,75	0,75	1,25	0,17	1,25	0,75	0,75	1,5
1	18	Kanal	1,5	0,75	1	1,25	0,3	1,25	0,75	0,75	1,5
1	19	Kanal	0	0,25	0,75	1,25	-0,5	1,25	0,75	0,25	0
2	1	Profil Çıkıntı	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5
2	2	Profil Çıkıntı	0,5	0	0,5	0,5	1,3	0,5	0	0	0,5
2	3	Profil Çıkıntı	0,5	0	0,5	0,5	1,17	0,5	0	-0,5	0,5
2	4	Profil Çıkıntı	0,5	0	0,5	0,5	1,33	0,5	0,5	0	0,5
2	5	Profil Çıkıntı	0,5	0	0	0,5	1,17	0,5	0	0	0,5
3	1	Cep	2,5	-0,5	-0,5	-0,5	-1,5	-0,5	-0,5	-0,5	2,5
3	2	Cep	2,5	-0,5	-0,5	0	-1,3	0	-0,5	-0,5	2,5
3	3	Cep	2,5	-0,5	0	0	-1,17	0	0	-0,5	2,5
3	4	Cep	2,5	-0,5	-0,5	0	-1,33	0	-0,5	-0,5	2,5
3	5	Cep	2,5	-0,5	0	0,5	-1,17	0	-0,5	-0,5	2,5
6	1	Basamak	1,5	0,25	1,33	1,5	0,17	1,33	0,25	-0,5	1,5
6	2	Basamak	1,5	0,25	1,33	1,5	0,33	1,33	0,75	0	1,5
6	3	Basamak	0	0,75	1,33	1,5	0,21	1,33	0,75	0	0
6	4	Basamak	1,5	0,75	1,33	1,5	0,7	1,33	0,75	0,75	1,5
6	5	Basamak	1,5	0,75	1,33	1,5	0,5	1,33	0,75	0,5	1,5
6	6	Basamak	1,5	0,25	1,33	1,5	0,5	1,33	0,25	0,25	1,5
6	7	Basamak	0	0,5	1,33	1,5	0,21	1,33	0,75	0,25	0
7	1	Köşe	1,5	-0,5	0,25	1,33	-0,1	1,33	0,25	-0,5	1,5
7	2	Köşe	1,5	-0,5	0,25	1,33	-0,33	1,33	0,25	-0,5	1,5

EK-3. Girdi vektörleri

Çizelge 3.1. (Devam) Standard ve standard dışı unsurlara ait girdi vektörleri

7	3	Köşe	-0,5	0	0,75	1,33	-0,5	1,33	0,75	0	-0,5
7	4	Köşe	-0,5	0	0,75	1,33	-0,36	1,33	0,25	-0,5	-0,5
7	5	Köşe	-0,5	0	0,25	1,33	-0,5	1,33	0,25	0	-0,5
7	6	Köşe	-0,5	-0,5	0,25	1,33	-0,5	1,33	0,25	-0,5	-0,5
9	1	Profil Delik	1,5	1,5	1	2,5	1	2,5	0,5	1,5	1,5
9	2	Profil Delik	1,5	1,5	1	2,5	1,5	2,5	1	1,5	1,5
10	1	Kör Kanal	1,5	-0,5	0,25	1,25	-0,67	0,75	0	-0,5	1,5
10	2	Kör Kanal	1,5	-0,5	0,25	1,25	-0,5	0,75	0	-0,5	1,5
10	3	Kör Kanal	1,5	-0,5	0,25	1,25	-0,7	0,25	-0,5	-0,5	1,5
10	4	Kör Kanal	1,5	0	0,5	1,25	-0,5	0,75	0,25	-0,5	1,5
10	5	Kör Kanal	1,5	-0,5	0,25	1,25	-0,83	0,25	-0,5	-0,5	1,5

EK-4. Girdi ve çıktı vektörleri normalize değerler

Çizelge 4.1. Standard ve standard dışı unsurlara ait girdi ve çıktı vektörleri normalize değerleri

1	18	Kanal	0,667	0,417	0,750	0,583	0,575	0,583	0,625	0,417	0,667	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	19	Kanal	0,1667	0,25	0,625	0,5833	0,375	0,5833	0,625	0,25	0,1667	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	Profil Çıkıntı	0,333	0,333	0,500	0,333	0,875	0,333	0,500	0,333	0,333	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	2	Profil Çıkıntı	0,333	0,167	0,500	0,333	0,825	0,333	0,250	0,167	0,333	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	3	Profil Çıkıntı	0,333	0,167	0,500	0,333	0,793	0,333	0,250	0	0,333	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	4	Profil Çıkıntı	0,333	0,167	0,500	0,333	0,833	0,333	0,500	0,167	0,333	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	5	Profil Çıkıntı	0,333	0,167	0,250	0,333	0,793	0,333	0,250	0,167	0,333	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3	1	Cep	1	0	0	0	0,125	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3	2	Cep	1	0	0	0,167	0,175	0,167	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3	3	Cep	1	0	0,250	0,167	0,208	0,167	0,250	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3	4	Cep	1	0	0	0,167	0,168	0,167	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3	5	Cep	1	0	0,250	0,333	0,208	0,167	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
6	1	Basamak	0,667	0,250	0,915	0,667	0,543	0,610	0,375	0	0,667	0	0	0	0	0	1	0	0	0
6	2	Basamak	0,667	0,250	0,915	0,667	0,583	0,610	0,625	0,167	0,667	0	0	0	0	0	1	0	0	0

EK-5. Eğitim ve test seti verileri

Çizelge 5.1. (Devam) YSA eğitim seti verileri

1	5	Kanal	0,167	0,250	0,625	0,583	0,405	0,583	0,375	0,250	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	6	Kanal	0,333	0,417	0,625	0,583	0,500	0,583	0,625	0,417	0,333	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	7	Kanal	0,250	0,333	0,625	0,583	0,438	0,583	0,625	0,250	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	8	Kanal	0,167	0,25	0,625	0,583	0,438	0,583	0,625	0,25	0,167	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	10	Kanal	0,250	0,333	0,625	0,583	0,483	0,583	0,625	0,250	0,250	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	11	Kanal	0	0,250	0,375	0,583	0,410	0,583	0,375	0,250	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	12	Kanal	0,167	0,417	0,625	0,583	0,483	0,583	0,625	0,250	0,167	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	14	Kanal	0,667	0,417	0,750	0,583	0,543	0,583	0,625	0,333	0,667	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	15	Kanal	0,667	0,250	0,750	0,583	0,458	0,583	0,375	0	0,667	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	16	Kanal	0,667	0,250	0,375	0,583	0,458	0,583	0,375	0,250	0,667	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	17	Kanal	0,667	0,417	0,625	0,583	0,543	0,583	0,625	0,417	0,667	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	18	Kanal	0,667	0,417	0,750	0,583	0,575	0,583	0,625	0,417	0,667	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	Profil Çıkıntı	0,333	0,333	0,500	0,333	0,875	0,333	0,500	0,333	0,333	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	2	Profil Çıkıntı	0,333	0,167	0,500	0,333	0,825	0,333	0,250	0,167	0,333	0	1	0	0	0	0	0	0	0

EK-5. Eğitim ve test seti verileri

Çizelge 5.1. (Devam) YSA eğitim seti verileri

2	4	Profil Çıkıntı	0,333	0,167	0,500	0,333	0,833	0,333	0,500	0,167	0,333	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	Profil Çıkıntı	0,333	0,167	0,250	0,333	0,793	0,333	0,250	0,167	0,333	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	Cep	1	0	0	0	0,125	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
3	2	Cep	1	0	0	0,167	0,175	0,167	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
3	3	Cep	1	0	0,250	0,167	0,208	0,167	0,250	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
3	5	Cep	1	0	0,250	0,333	0,208	0,167	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
6	1	Basamak	0,667	0,250	0,915	0,667	0,543	0,610	0,375	0	0,667	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
6	2	Basamak	0,667	0,250	0,915	0,667	0,583	0,610	0,625	0,167	0,667	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
6	4	Basamak	0,667	0,417	0,915	0,667	0,675	0,610	0,625	0,417	0,667	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
6	5	Basamak	0,667	0,417	0,915	0,667	0,625	0,610	0,625	0,333	0,667	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
6	6	Basamak	0,667	0,250	0,915	0,667	0,625	0,610	0,375	0,250	0,667	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
7	1	Köşe	0,667	0	0,375	0,610	0,475	0,610	0,375	0	0,667	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
7	3	Köşe	0	0,167	0,625	0,610	0,375	0,610	0,625	0,167	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
7	4	Köşe	0	0,167	0,625	0,610	0,410	0,610	0,375	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

EK-6. YSA gerçek ve tahmin değerleri

Çizelge 6.1. YSA eğitim seti verileri gerçek ve tahmin değerleri

Unsur No	Unsur Sıra No	Unsur Adı	Girdi1	Girdi2	Girdi3	Girdi4	Girdi5	Girdi6	Girdi7	Girdi8	Girdi9	Çıktı1	Çıktı2	Çıktı3	Çıktı4	Çıktı5	Çıktı6	Çıktı7	Çıktı8	Çıktı9	Çıktı10	
1	-	T: Kanal	0,6667	0,6667	0,75	0,5833	0,625	0,5833	0,75	0,6667	0,6667	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Kanal	0,6667	0,6667	0,75	0,5833	0,625	0,5833	0,75	0,6667	0,6667	0,9813	0	0,0006	0	0	0	0	0,0001	0,021	0	0,0001
2	-	T: Profil Çıkıntı	0,6667	0,3333	0,5	0,3333	0,875	0,3333	0,5	0,3333	0,6667	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Profil Çıkıntı	0,6667	0,3333	0,5	0,3333	0,875	0,3333	0,5	0,3333	0,6667	0	0,9982	0,0005	0	0,0147	0	0	0	0	0	0
3	-	T: Cep	0,6667	1	0	0	0,125	0	0	1	0,6667	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Cep	0,6667	1	0	0	0,125	0	0	1	0,6667	0	0	0,9970	0	0,0017	0	0	0	0	0	0,0005
4	-	T: Silindirik Delik	0,6667	0,6667	1	1	0	1	1	0,6667	0,6667	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
		P: Silindirik Delik	0,6667	0,6667	1	1	0	1	1	0,6667	0,6667	0	0	0,0009	0,8840	0,016	0,0406	0	0,0137	0	0,0001	
5	-	T: Silindirik Çıkıntı	0,6667	0,6667	1	0,3333	1	0,1667	1	0,6667	0,6667	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
		P: Silindirik Çıkıntı	0,6667	0,6667	1	0,3333	1	0,1667	1	0,6667	0,6667	0	0,0069	0,0018	0,0018	0,9571	0,0355	0	0	0	0,0241	
6	-	T: Basamak	0,6667	0,6667	0,915	0,6667	0,75	0,61	0,75	0,6667	0,6667	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
		P: Basamak	0,6667	0,6667	0,915	0,6667	0,75	0,61	0,75	0,6667	0,6667	0	0	0,0005	0,0254	0,0123	0,9684	0	0	0,0008	0	
7	-	T: Köşe	0,6667	0,6667	0,375	0,61	0,5625	0,61	0,375	0,6667	0,61	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
		P: Köşe	0,6667	0,6667	0,375	0,61	0,5625	0,61	0,375	0,6667	0,61	0	0,0004	0,0008	0	0	0	0,9998	0	0	0,0006	
8	-	T: Kör Delik	0,6667	0,6667	1	1	0	0,1667	1	0,6667	0,6667	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
		P: Kör Delik	0,6667	0,6667	1	1	0	0,1667	1	0,6667	0,6667	0,0527	0	0,0013	0,0883	0	0	0	0,9301	0	0,0267	

EK-6. YSA gerçek ve tahmin değerleri

Çizelge 6.1. (Devam) YSA eğitim seti verileri gerçek ve tahmin değerleri

9	-	T: Profil Delik	0,6667	0,6667	0,5	1	0,625	1	0,5	0,6667	0,6667	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
		P: Profil Delik	0,6667	0,6667	0,5	1	0,625	1	0,5	0,6667	0,6667	0,0003	0	0,0002	0	0,0001	0,0492	0	0	0,9718	0
10	-	T: Kör Kanal	0,6667	0,6667	0,375	0,5833	0,375	0,25	0	0,6667	0,5833	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		P: Kör Kanal	0,6667	0,6667	0,375	0,5833	0,375	0,25	0	0,6667	0,5833	0	0	0,0034	0	0,0031	0	0	0,0001	0	0,9846
1	1	T: Kanal 1.1	0,6667	0,25	0,75	0,5833	0,525	0,5833	0,375	0,25	0,6667	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Kanal 1.1	0,6667	0,25	0,75	0,5833	0,525	0,5833	0,375	0,25	0,6667	0,9983	0	0,0005	0	0	0	0,0148	0,0016	0	0
1	2	T: Kanal 1.2	0,6667	0,25	0,625	0,5833	0,5	0,5833	0,625	0,25	0,6667	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Kanal 1.2	0,6667	0,25	0,625	0,5833	0,5	0,5833	0,625	0,25	0,6667	0,9977	0	0,0005	0	0	0	0,011	0,0019	0	0
1	4	T: Kanal 1.4	0,25	0,4167	0,625	0,5833	0,4675	0,5833	0,625	0,3333	0,1667	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Kanal 1.4	0,25	0,4167	0,625	0,5833	0,4675	0,5833	0,625	0,3333	0,1667	0,9851	0	0,0006	0	0	0	0,0001	0,0170	0	0,0001
1	5	T: Kanal 1.5	0,1667	0,25	0,625	0,5833	0,405	0,5833	0,375	0,25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Kanal 1.5	0,1667	0,25	0,625	0,5833	0,405	0,5833	0,375	0,25	0	0,9923	0	0,0006	0	0	0	0,0005	0,0088	0	0
1	6	T: Kanal 1.6	0,3333	0,4167	0,625	0,5833	0,5	0,5833	0,625	0,4167	0,3333	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Kanal 1.6	0,3333	0,4167	0,625	0,5833	0,5	0,5833	0,625	0,4167	0,3333	0,9848	0	0,0006	0	0	0	0,0001	0,0173	0	0,0001
1	7	T: Kanal 1.7	0,25	0,3333	0,625	0,5833	0,4375	0,5833	0,625	0,25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Kanal 1.7	0,25	0,3333	0,625	0,5833	0,4375	0,5833	0,625	0,25	0	0,9902	0	0,0006	0	0	0	0,0003	0,0112	0	0
1	8	T: Kanal 1.8	0,1667	0,25	0,625	0,5833	0,4375	0,5833	0,625	0,25	0,1667	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Kanal 1.8	0,1667	0,25	0,625	0,5833	0,4375	0,5833	0,625	0,25	0,1667	0,9900	0	0,0006	0	0	0	0,0003	0,0109	0	0

EK-6. YSA gerçek ve tahmin değerleri

Çizelge 6.1. (Devam) YSA eğitim seti verileri gerçek ve tahmin değerleri

1	10	T: Kanal 1.10	0,25	0,3333	0,625	0,5833	0,4825	0,5833	0,625	0,25	0,25	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Kanal 1.10	0,25	0,3333	0,625	0,5833	0,4825	0,5833	0,625	0,25	0,25	0,9860	0	0,0006	0	0	0	0,0001	0,0158	0	0,0001
1	11	T: Kanal 1.11	0	0,25	0,375	0,5833	0,41	0,5833	0,375	0,25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Kanal 1.11	0	0,25	0,375	0,5833	0,41	0,5833	0,375	0,25	0	0,9976	0	0,0005	0	0	0	0,0387	0,0009	0	0
1	12	T: Kanal 1.12	0,1667	0,4167	0,625	0,5833	0,4825	0,5833	0,625	0,25	0,1667	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Kanal 1.12	0,1667	0,4167	0,625	0,5833	0,4825	0,5833	0,625	0,25	0,1667	0,9872	0	0,0006	0	0	0	0,0002	0,0146	0	0,0001
1	14	T: Kanal 1.14	0,6667	0,4167	0,75	0,5833	0,5425	0,5833	0,625	0,3333	0,6667	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Kanal 1.14	0,6667	0,4167	0,75	0,5833	0,5425	0,5833	0,625	0,3333	0,6667	0,9779	0	0,0006	0	0	0	0	0,0240	0	0,0001
1	15	T: Kanal 1.15	0,6667	0,25	0,75	0,5833	0,4575	0,5833	0,375	0	0,6667	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Kanal 1.15	0,6667	0,25	0,75	0,5833	0,4575	0,5833	0,375	0	0,6667	0,9982	0	0,0005	0	0	0	0,0315	0,001	0	0
1	16	T: Kanal 1.16	0,6667	0,25	0,375	0,5833	0,4575	0,5833	0,375	0,25	0,6667	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Kanal 1.16	0,6667	0,25	0,375	0,5833	0,4575	0,5833	0,375	0,25	0,6667	0,9819	0	0,0005	0	0	0	0,0035	0,0021	0	0
1	17	T: Kanal 1.17	0,6667	0,4167	0,625	0,5833	0,5425	0,5833	0,625	0,4167	0,6667	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Kanal 1.17	0,6667	0,4167	0,625	0,5833	0,5425	0,5833	0,625	0,4167	0,6667	0,9921	0	0,0006	0	0	0	0,0005	0,0087	0	0
1	18	T: Kanal 1.18	0,6667	0,4167	0,75	0,5833	0,5750	0,5833	0,625	0,4167	0,6667	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Kanal 1.18	0,6667	0,4167	0,75	0,5833	0,5750	0,5833	0,625	0,4167	0,6667	0,9797	0	0,0006	0	0	0	0,0001	0,0222	0	0,0001
2	1	T: Profil Çıkıntı 2.1	0,3333	0,3333	0,5	0,3333	0,875	0,3333	0,5	0,3333	0,3333	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Profil Çıkıntı 2.1	0,3333	0,3333	0,5	0,3333	0,875	0,3333	0,5	0,3333	0,3333	0	0,9987	0,0005	0	0,0252	0	0	0	0	0

EK-6. YSA gerçek ve tahmin değerleri

Çizelge 6.1. (Devam) YSA eğitim seti verileri gerçek ve tahmin değerleri

2	2	T: Profil Çıkıntı 2.2	0,3333	0,1667	0,5	0,3333	0,8250	0,3333	0,25	0,1667	0,3333	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
		P: Profil Çıkıntı 2.2	0,3333	0,1667	0,5	0,3333	0,8250	0,3333	0,25	0,1667	0,3333	0	0,9983	0,0005	0	0,0145	0	0	0	0	0	0
2	4	T: Profil Çıkıntı 2.4	0,3333	0,1667	0,5	0,3333	0,8325	0,3333	0,5	0,1667	0,3333	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Profil Çıkıntı 2.4	0,3333	0,1667	0,5	0,3333	0,8325	0,3333	0,5	0,1667	0,3333	0	0,9983	0,0005	0	0,0154	0	0	0	0	0	0
2	5	T: Profil Çıkıntı 2.5	0,3333	0,1667	0,25	0,3333	0,7925	0,3333	0,25	0,1667	0,3333	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Profil Çıkıntı 2.5	0,3333	0,1667	0,25	0,3333	0,7925	0,3333	0,25	0,1667	0,3333	0	0,9984	0,0005	0	0,0153	0	0	0	0	0	0
3	1	T: Cep 3.1	1	0	0	0	0,125	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Cep 3.1	1	0	0	0	0,125	0	0	0	1	0	0	0,9973	0	0,0006	0	0	0	0	0	0,0013
3	2	T: Cep 3.2	1	0	0	0,1667	0,175	0,1667	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Cep 3.2	1	0	0	0,1667	0,175	0,1667	0	0	1	0	0	0,9971	0	0,0006	0	0	0	0	0	0,0014
3	3	T: Cep 3.3	1	0	0,25	0,1667	0,2075	0,1667	0,25	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Cep 3.3	1	0	0,25	0,1667	0,2075	0,1667	0,25	0	1	0	0	0,9958	0	0,0006	0	0	0	0	0	0,0020
3	5	T: Cep 3.5	1	0	0,25	0,3333	0,2075	0,1667	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		P: Cep 3.5	1	0	0,25	0,3333	0,2075	0,1667	0	0	1	0	0	0,9982	0	0,0006	0	0	0	0	0	0,0009
6	1	T: Basamak 6.1	0,6667	0,25	0,915	0,6667	0,5425	0,61	0,375	0	0,6667	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		P: Basamak 6.1	0,6667	0,25	0,915	0,6667	0,5425	0,61	0,375	0	0,6667	0	0	0,0004	0,0094	0,0085	0,9465	0	0	0,0019	0	
6	2	T: Basamak 6.2	0,6667	0,25	0,915	0,6667	0,5825	0,61	0,625	0,1667	0,6667	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		P: Basamak 6.2	0,6667	0,25	0,915	0,6667	0,5825	0,61	0,625	0,1667	0,6667	0	0	0,0005	0,025	0,0123	0,9683	0	0	0,0008	0	

EK-6. YSA gerçek ve tahmin değerleri

Çizelge 6.1. (Devam) YSA eğitim seti verileri gerçek ve tahmin değerleri

6	4	T: Basamak 6.4	0,6667	0,4167	0,915	0,6667	0,6750	0,61	0,625	0,4167	0,6667	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		P: Basamak 6.4	0,6667	0,4167	0,915	0,6667	0,6750	0,61	0,625	0,4167	0,6667	0	0	0,0005	0,0280	0,0128	0,9701	0	0	0,0007	0
6	5	T: Basamak 6.5	0,6667	0,4167	0,915	0,6667	0,625	0,61	0,625	0,3333	0,6667	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		P: Basamak 6.5	0,6667	0,4167	0,915	0,6667	0,625	0,61	0,625	0,3333	0,6667	0	0	0,0005	0,0285	0,0129	0,9704	0	0	0,0007	0
6	6	T: Basamak 6.6	0,6667	0,25	0,915	0,6667	0,625	0,61	0,375	0,25	0,6667	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		P: Basamak 6.6	0,6667	0,25	0,915	0,6667	0,625	0,61	0,375	0,25	0,6667	0	0	0,0005	0,0187	0,011	0,9629	0	0	0,0011	0
7	1	T: Köşe 7.1	0,6667	0	0,375	0,61	0,4750	0,61	0,375	0	0,6667	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
		P: Köşe 7.1	0,6667	0	0,375	0,61	0,4750	0,61	0,375	0	0,6667	0	0,0181	0,0008	0	0	0	0,9999	0	0	0,0011
7	3	T: Köşe 7.3	0	0,1667	0,625	0,61	0,375	0,61	0,625	0,1667	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
		P: Köşe 7.3	0	0,1667	0,625	0,61	0,375	0,61	0,625	0,1667	0	0	0,0001	0,0007	0	0	0	0,9997	0	0	0,0005
7	4	T: Köşe 7.4	0	0,1667	0,625	0,61	0,41	0,61	0,375	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
		P: Köşe 7.4	0	0,1667	0,625	0,61	0,41	0,61	0,375	0	0	0	0,0186	0,0008	0	0	0	0,9999	0	0	0,0011
7	5	T: Köşe 7.5	0	0,1667	0,375	0,61	0,375	0,61	0,375	0,1667	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
		P: Köşe 7.5	0	0,1667	0,375	0,61	0,375	0,61	0,375	0,1667	0	0	0,0133	0,0008	0	0	0	0,9999	0	0	0,0014
9	1	T: Profil Delik 9.1	0,6667	0,6667	0,75	1	0,75	1	0,5	0,6667	0,6667	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
		P: Profil Delik 9.1	0,6667	0,6667	0,75	1	0,75	1	0,5	0,6667	0,6667	0,0002	0	0,0002	0	0,0001	0,0495	0	0	0,9716	0
9	2	T: Profil Delik 9.2	0,6667	0,6667	0,75	1	0,875	1	0,75	0,6667	0,6667	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
		P: Profil Delik 9.2	0,6667	0,6667	0,75	1	0,875	1	0,75	0,6667	0,6667	0,0002	0	0,0002	0	0,0001	0,0494	0	0	0,9716	0

EK-6. YSA gerçek ve tahmin değerleri

Çizelge 6.1. (Devam) YSA eğitim seti verileri gerçek ve tahmin değerleri

10	1	T: Kr Kanal 10.1	0,6667	0	0,375	0,5833	0,3325	0,4167	0,25	0	0,6667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		P: Kr Kanal 10.1	0,6667	0	0,375	0,5833	0,3325	0,4167	0,25	0	0,6667	0	0	0,0032	0	0,0030	0	0	0,0001	0	0,9858
10	2	T: Kr Kanal 10.2	0,6667	0	0,375	0,5833	0,375	0,4167	0,25	0	0,6667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		P: Kr Kanal 10.2	0,6667	0	0,375	0,5833	0,375	0,4167	0,25	0	0,6667	0	0	0,0032	0	0,0030	0	0	0,0001	0	0,9858
10	3	T: Kr Kanal 10.3	0,6667	0	0,375	0,5833	0,3250	0,25	0	0	0,6667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		P: Kr Kanal 10.3	0,6667	0	0,375	0,5833	0,3250	0,25	0	0	0,6667	0	0	0,0032	0	0,0030	0	0	0,0001	0	0,9858
10	5	T: Kr Kanal 10.5	0,6667	0	0,375	0,5833	0,2925	0,25	0	0	0,6667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		P: Kr Kanal 10.5	0,6667	0	0,375	0,5833	0,2925	0,25	0	0	0,6667	0	0	0,0032	0	0,003	0	0	0,0001	0	0,9858

EK-6. YSA gerçek ve tahmin değerleri

Çizelge 6.2. YSA test seti verileri gerçek ve tahmin değerleri

Unsur No	Unsur Sıra No	Unsur Adı	Girdi1	Girdi2	Girdi3	Girdi4	Girdi5	Girdi6	Girdi7	Girdi8	Girdi9	ıktı1	ıktı2	ıktı3	ıktı4	ıktı5	ıktı6	ıktı7	ıktı8	ıktı9	ıktı10
1	3	Q: Kanal 1.3	0,6667	0,25	0,75	0,5833	0,5	0,5833	0,625	0,1667	0,6667	0,9777	0	0,0006	0	0	0	0,0001	0,0224	0	0,0001
		P: Kanal 1.3	0,6667	0,25	0,75	0,5833	0,5	0,5833	0,625	0,1667	0,6667	0,9777	0	0,0006	0	0	0	0,0001	0,0224	0	0,0001
1	9	Q: Kanal 1.9	0,3333	0,4167	0,625	0,5833	0,5175	0,5833	0,625	0,4167	0,3333	0,9848	0	0,0006	0	0	0	0,0001	0,0173	0	0,0001
		P: Kanal 1.9	0,3333	0,4167	0,625	0,5833	0,5175	0,5833	0,625	0,4167	0,3333	0,9848	0	0,0006	0	0	0	0,0001	0,0173	0	0,0001
1	13	Q: Kanal 1.13	0,1667	0,25	0,625	0,5833	0,4475	0,5833	0,375	0,25	0,1667	0,9889	0	0,0006	0	0	0	0,0002	0,0125	0	0
		P: Kanal 1.13	0,1667	0,25	0,625	0,5833	0,4475	0,5833	0,375	0,25	0,1667	0,9889	0	0,0006	0	0	0	0,0002	0,0125	0	0
1	19	Q: Kanal 1.19	0,1667	0,25	0,625	0,5833	0,375	0,5833	0,625	0,25	0,1667	0,9874	0	0,0006	0	0	0	0,0002	0,0142	0	0,0001
		P: Kanal 1.19	0,1667	0,25	0,625	0,5833	0,375	0,5833	0,625	0,25	0,1667	0,9874	0	0,0006	0	0	0	0,0002	0,0142	0	0,0001
2	3	Q: Profil çıkıntı 2.3	0,3333	0,1667	0,5	0,3333	0,7925	0,3333	0,25	0	0,3333	0	0,9978	0,0005	0	0,0115	0	0	0	0	0
		P: Profil çıkıntı 2.3	0,3333	0,1667	0,5	0,3333	0,7925	0,3333	0,25	0	0,3333	0	0,9978	0,0005	0	0,0115	0	0	0	0	0
3	4	Q: Cep 3.4	1	0	0	0,1667	0,1675	0,1667	0	0	1	0	0	0,9973	0	0,0006	0	0	0	0	0,0014
		P: Cep 3.4	1	0	0	0,1667	0,1675	0,1667	0	0	1	0	0	0,9973	0	0,0006	0	0	0	0	0,0014
6	3	Q: Basamak 6.3	0,1667	0,4167	0,915	0,6667	0,5525	0,61	0,625	0,1667	0,1667	0	0	0,0004	0,001	0,0036	0,841	0	0	0,0141	0
		P: Basamak 6.3	0,1667	0,4167	0,915	0,6667	0,5525	0,61	0,625	0,1667	0,1667	0	0	0,0004	0,001	0,0036	0,841	0	0	0,0141	0
6	7	Q: Basamak 6.7	0,1667	0,3333	0,915	0,6667	0,5525	0,61	0,625	0,25	0,1667	0	0	0,0004	0,0029	0,0053	0,9020	0	0	0,0057	0
		P: Basamak 6.7	0,1667	0,3333	0,915	0,6667	0,5525	0,61	0,625	0,25	0,1667	0	0	0,0004	0,0029	0,0053	0,9020	0	0	0,0057	0

EK-6. YSA gerçek ve tahmin değerleri

Çizelge 6.2. (Devam) YSA test seti verileri gerçek ve tahmin değerleri

7	2	Q: Ke 7.2	0,6667	0	0,375	0,61	0,4175	0,61	0,375	0	0,6667	0	0,0072	0,0009	0	0	0	0,9996	0	0	0,0024
		P: Ke 7.2	0,6667	0	0,375	0,61	0,4175	0,61	0,375	0	0,6667	0	0,0072	0,0009	0	0	0	0,9996	0	0	0,0024
7	6	Q: Ke 7.6	0	0	0,375	0,61	0,375	0,61	0,375	0	0	0	0,0187	0,0008	0	0	0	0,9999	0	0	0,0011
		P: Ke 7.6	0	0	0,375	0,61	0,375	0,61	0,375	0	0	0	0,0187	0,0008	0	0	0	0,9999	0	0	0,0011
10	4	Q: Kr Kanal 10.4	0,6667	0,1667	0,5	0,5833	0,375	0,4167	0,375	0	0,6667	0	0	0,0031	0	0,0026	0	0	0,0001	0	0,9819
		P: Kr Kanal 10.4	0,6667	0,1667	0,5	0,5833	0,375	0,4167	0,375	0	0,6667	0	0	0,0031	0	0,0026	0	0	0,0001	0	0,9819

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GÜNGÖR, Özgür
 Uyuşu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 13.01.1980, Ankara
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 536 749 13 47
 e-mail : ozgurgun19@yahoo.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü	2001
Lise	Ankara Gazi Lisesi	1997

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2002 - 2003	Kromlüks End. Mutfak Ekipmanları A.Ş.	Kalite Kontrol Müh.
2003 - 2003	ICC Uluslararası Dan. Org. Ltd. Şti.	Danışman
2004 - 2004	Nurdil Teknik Soğutma A.Ş.	Üretim Planlama Müh.
2004 -	Milli Savunma Bakanlığı. Ankara Tedarik Bölge Başkanlığı	İhale Uzmanı (Mühendis)

Yabancı Dil

İngilizce