

**MAKİNA ELEMANLARI KONSTRÜKSİYONUNDA ÇENTİK
FAKTÖRÜNÜN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE HESAPLANMASI**

Erdal KÖKSAL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2011
ANKARA**

**MAKİNA ELEMANLARI KONSTRÜKSİYONUNDA ÇENTİK
FAKTÖRÜNÜN YAPAY SINIR AĞLARI İLE HESAPLANMASI**

Erdal KÖKSAL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2011
ANKARA**

Erdal KÖKSAL tarafından hazırlanan “MAKİNA ELEMANLARI KONSTRÜKSİYONUNDA ÇENTİK FAKTÖRÜNÜN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE HESAPLANMASI” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd.Doç. Dr. Cengiz ELDEM
Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Makine Eğitim Anabilim Dalında Yüksek Lisans olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ulvi ŞEKER
Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Yrd.Doç. Dr. Cengiz ELDEM
Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. Ferhat GÜL
Metal Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tarih: 28/06/2011

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

Prof. Dr. Bilal TOKLU
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.

Erdal KÖKSAL

**MAKİNA ELEMANLARI KONSTRÜKSİYONUNDA ÇENTİK
FAKTÖRÜNÜN YAPAY SINIR AĞLARI İLE HESAPLANMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Erdal KÖKSAL

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Haziran 2011**

ÖZET

Makine elemanları konstrüksiyonunda çeşitli nedenlerle çentik, delik, kademe çeşitli kavisler gibi geometrik düzgünsüzlük veya süreksizlikler bulunabilmektedir. Ani kesit değişikliği ve çeşitli süreksizlikler kuvvet akışı ve özellikle gerilme alanında yığılmalara neden olmaktadır. Gerilme yığılmaları, malzemenin boyut özelliklerinden veya kuvvetlerin uygulama doğrultusu ile oluşabilirler. Bu tür gerilme yığılmaları, malzemede çentik etkisi vardır şeklinde değerlendirilir. Çentik etkisi malzemede kırılmalara ve çeşitli bozulmalara yol açabilir.

Bu çalışmada, çentik faktörü değerini Yapay Sinir Ağları (YSA) ile bulan bir yazılım geliştirilmiştir. MATLAB kullanılarak hazırlanan bu program ile kullanıcı, milin boyut ölçülerini ve üzerine uygulanan kuvvetin cinsini girerek hesaplamalarda kullanacağı çentik faktörünü bulur. Sonuç olarak kullanıcı çentik faktörüne bilgisayardan kolayca ulaşabilir.

Bilim Kodu : 708.3.029

Anahtar Kelimeler : Çentik Faktörü,YSA

Sayfa Adedi : 95

Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Cengiz ELDEM

**CALCULATION OF THE NOTCH FACTOR OF THE DESIGN MACHINE
ELEMENTS WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS
(M.Sc. Thesis)**

Erdal KÖKSAL

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
June 2010**

ABSTRACT

In machine elements design various reasons, like notch, hole or invoice level, such as the geometric irregularity or discontinuities can be found in various rounding. Sudden change in cross section and the various discontinuities of force flow, is caused by accumulation especially of stress area stress concentrations, the material properties of the size or the variety of forces may also occur. This kind of stress concentration is considered as a notch effect in the material. The notch effect can lead to distortions a variety of materials beaks.

In this study the program developed that can find the value of the notch factor with artificial neural networks. With MATLAB, the user, by entering the type of forces exerted on the shaft with size dimensions be able to find the value of notch factor in the calculations used. The notch factor as a result, the user can easily reach with the computer.

Science Code : 708.3.029

Key Words : Notch factor,artificial neural Networks, MATLAB

Page Number : 95

Adviser : Yrd. Doç. Dr. Cengiz ELDEM

TEŞEKKÜR

Bu tezin önerilmesi, yönlendirilmesi ve tamamlanmasında büyük yardımlarını gördüğüm danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Cengiz ELDEM' e, teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Makine Eğitimi Bölümü Yrd. Doç. Dr. Tolga ÖZKAN' a önerilerinden faydalandığım Yrd Doç. Dr. İhsan TOKTAŞ 'a bana karşı her zaman anlayışlı olan ve desteklerini benden hiç esirgemeyen aileme ve değerli eşim Alev KÖKSAL' a teşekkürü bir borç bilirim.

Erdal KÖKSAL

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	xii
SİMGE VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
3. KURAMSAL TEMELLER	6
3.1 Yapay Zeka.....	6
3.1.2. Bulanıklık kavramı.....	6
3.2. Yapay Sinir Ağları	11
3.2.1. YSA'nın tanımı ve tarihçesi	11
3.2.2. Biyolojik sinir sistemi	12
3.2.3. Yapay sinir ağının yapısı	13
3.2.4. Bir yapay sinirin ana öğeleri	14
3.2.5. YSA' da eğitme/öğrenme/test.....	18
3.2.6. YSA' da en çok kullanılan modeller	20
3.3. Mukamet Azaltıcı Etken	26
3.3.1. Çentik etkisi	26

	Sayfa
3.3.2. Gerilme yığılma faktörü	27
3.3.3. Çentik duyarlılık faktörü.....	27
3.4. Matlab.....	30
3.4.1. Matlab'ın kullanım amacı ve yeri	30
3.4.2. Matlab ana ekranı	31
3.4.3. Matlab kod yazma ortamı (.m file editör)	32
3.4.4. Matlab gui ile kullanıcı arayüzü tasarlama.....	33
3.4.5. İf şartlı deyimi	39
4. MAKİNA ELEMANLARI TASARIMINDA ÇENTİK FAKTÖRÜNÜN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE HESAPLANMASI	43
4.1.Yapay Sinir Ağı'nın oluşturulması Guide Yapılması.....	43
4.1.1. Uygun YSA modelinin seçilmesi	43
4.1.2. YSA'nın modellenmesinde kullanılan transfer fonksiyonu .	45
4.1.3. Eğitim ve test verileri.....	45
4.1.4. Test işlemi	46
4.1.5. YSA modelinin performansı	49
4.2. Programı Arayüz ile Yapılandırma	52
4.3. MATLAB Kod Yazma Ortamının Yazılması.....	56
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	59
5.1. Sonuçlar.....	59
5.2. Öneriler	60

	Sayfa
KAYNAKLAR	62
EKLER	65
EK-1 Millerde Çentik Faktörü İle İlgili Çeşitli Çizelgeler.....	66
EK-2 Millerde Çentik Faktörü İle ilgili Çeşitli Şekiller	77
EK-3 YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap sonuçlarının karşılaştırılması.....	79
EK-4 YSA modelinden elde edilen hata miktarları	91
ÖZGEÇMİŞ.....	95

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Sistem diyagramı.....	2
Şekil 1.1. Mil Resmi	2
Şekil 3.1 Geleneksel ve bulanık kümede tanımlanan bir objenin üyelik fonsiyonu	8
Şekil 3.2. Basit bir sinir hücresi	13
Şekil 3.3. Bir yapay sinir ağı örneği.....	14
Şekil 3.4. Yapay bir sinir(Düğüm).....	15
Şekil 3.5 Etkinlik işlevleri	17
Şekil 3.6 İki girdi ve bir çıktıdan oluşan en basit TKA model	21
Şekil 3.7.Ç.K.A model	22
Şekil 3.8. LVQ ağıının topolojik yapısı	23
Şekil 3.9. Elman ağ yapısı.....	25
Şekil 3.10. Çentik etkisi.....	28
Şekil 3.11. Matlab ana penceresi	31
Şekil 3.12. Matlab kod yazma aracı	32
Şekil 3.13. Guide ara yüzü	33
Şekil 3.14. Guide ara yüzü açma	34
Şekil 3.15. Guide quick start	35
Şekil 3.16. Guide arayüzü	36
Şekil 3.17. Guide ara yüzüne obje ekleme.....	37
Şekil 3.18. Guide objelere resim ekleme.....	38
Şekil 4.1. Transfer fonksiyonları.....	43

Şekil	Sayfa
Şekil 4.2 Çekme kuvveti altında Kademeli mil için çentik faktörünün YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap sonuçlarının karşılaştırılması	44
Şekil 4.3. Makine elemanları tasarımında çentik faktörünün yapay sinir ağları ile hesaplanması programı ana arayüzü	52
Şekil 4.4. Makine elemanları tasarımında çentik faktörünün yapay sinir ağları ile hesaplanması programı arayüzü	53
Şekil 4.5. Eğitim arayüzü.....	54
Şekil 4.6. Sapmalar arayüzü	55
Şekil 4.7. Komut yazma ortamına geçiş	56

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Biyolojik sinir ağı ile yapay sinir ağının karşılaştırılması.....	18
Çizelge 4.1. Millerde çentik faktörü için eğitim ve test verileri sayısı	45
Çizelge 4.2. Millerde çentik faktörü için girdi ve çıktı değerleri	45
Çizelge 4.3. Çekme kuvveti altında Kademeli mil için çentik faktörünün YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap sonuçları.....	47
Çizelge 4.11. Çekme kuvveti altında kademeli mil için çentik faktörünün YSA modelindeki hata miktarları	50

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
f	Etkinlik işlevi
Φ	Eşik değeri
W	Ağ bağlantı ağırlığı
σ	Gerilme (daN/mm^2)
Q	Çentik hassasiyet katsayısı
r	Yuvarlatma yarıçapı (mm)
K_{ζ}	Çentik faktörü
K_t	Gerilme yığılma faktörü
y_n	YSA çıktı değerleri
X_n	YSA çıktı değerleri
D	Mil büyük çapı (mm)
d	Mil küçük çapı (mm)
F	Kuvvet (F)
Hz	Birim hız (m/sn)
Kısaltmalar	Açıklama
YSA	Yapay Sinir Ağları
YZ	Yapay Zeka
TKA	Tek Katmanlı Algılayıcılar
ÇKA	Çok Katmanlı Algılayıcılar
LVQ	Vektör Kuantizasyon Modelleri (Linear Vektör Quantization)

Kısaltmalar**Açıklama****ART**

Öğrenmesiz Öğrenmeye dayalı ağlar
(Adaptif Rezonans Teori)

SOM

Kendi Kendini Organize Eden Model
(Self Organize Model)

RMS

İstatistiksel Hata Miktarı

OYH

Ortalama Yüzde Hata

 R^2

Mutlak Değişim Yüzdesi

1. GİRİŞ

Güç ve kuvvet iletimi için kullanılan makine parçalarının hemen hemen hepsinde kırılmalar görülür. Bu kırılmaların görülmesinin tasarımlarda olumsuz etkiler yarattığı bilinir. İşte bu kırılmaların oluşmaması için hesaplamalarda çentik faktörü hesaba katılır ve kırılmaların oluşması engellenir. Hesaplamalarda teorik çentik faktörünü kullanırken, çoğu kez aynı rakamı kullanırız, oysa ölçülerin değişmesine ve malle gelen kuvvetin cinsine göre hesaplamalarda kullanılan çentik faktörleri de değişiklik gösterir.

Bu tür sistemlerde kullanılacak çentik faktörü seçimi ve ardından yapılacak hesaplamalar için oldukça zaman ve iş gücü kaybı oluşacaktır. Günümüz teknolojisinde bu sorunların çözümü için bilgisayar programlarından faydalanmak kaçınılmaz olmuştur.

Matlab programında YSA (Yapay Sinir Ağları) ile hazırlanan yazılıma daha önceden yapılmış deney sonuçları veri olarak girilir. Bu verileri YSA bilgisayara öğretir. Öğrenme sonrasında çeşitli mallerde çentik faktörü belirlenebilmesi için ayrı ayrı arayüzler oluşturulur. Bu arayüzlere veri girişi yapılabilir. Bu çalışma ile kullanıcı milin büyük çap (D), küçük çap (d) ve Yuvarlatma yarıçapı (r) ölçülerini hazırlanılan yazılımda belirterek çentik faktörünü (K_c) bulur.

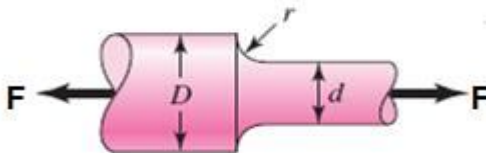
Bu yaklaşımdan hareketle hedeflenen bu çalışmanın amacı; mildeki çentik faktörüne etki eden malzemenin şekil özelliklerini ve malle gelen kuvvetin özelliğini hesaba katarak en iyi çentik faktörü seçiminin bir ileri beslemeli çok katmanlı yapay sinir ağı modeli kullanılarak hesaplamaktır.

Çalışmamız sonucunda bulduğumuz çentik faktörü değerleri daha önceden deneylerle bulunan değerlere istatistiksel olarak yakın çıkıyorsa yaptığımız bu YSA çalışması verimli olmuştur diyebiliriz.



Şekil 1.1. Sistem diyagramı

Şekil 1.1'de gösterilen diyagrama göre kullanıcı bu çalışma sonucunda Şekil 1.2 de gösterilen milin büyük çapı (D), milin küçük çapı (d) ve Yuvarlatma yarıçapı (r) boyut ölçülerini ve üzerine etki eden F çekme kuvvetini seçer. Daha sonra Matlab'da YSA (Yapay Sinir Ağları) ile hazırlanan yazılımda bu değerler girilerek çentik faktörünü (K_c) değeri bulunur.



Şekil 1.2. Mil Resmi

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yorulma sonucu oluşan mekanik hasarlar uzun yıllardır mühendislik çalışmalarının konusu olmuştur. Bu konudaki ilk çalışmalardan biri Almanya'da 1828 yılında maden kaldıraç zincirlerini çevrimsel yüklemeler altında test eden W. A. J. Albert olmuştur. Yorulma terimi ilk olarak 1839 yılında J. V. Poncelet tarafından yazılmış olan bir kitapta kullanılmıştır. Dişliler, miller ve köprü kirişleri gibi parçaların hasara uğraması problemi sonucu, 1800'lü yılların ortalarında bazı araştırmacılar tarafından yorulma konusuyla ilgili çalışmaları yapılmıştır.

August Wöhler, 1850'li yıllarında Almanya'da çalışmalar yapmış; yorulma hasarından kaçınmak için tasarım stratejileri geliştirmeye başlamış ve demir, çelik ve diğer metalleri eğme, burulma ve eksensel yüklemeler altında test etmiştir. Wöhler ayrıca yorulmanın sadece çevrimsel gerilmelerden etkilenmediğini çevrimsel gerilmeler yanında ortalama gerilmeden de etkilendiğini kanıtlamıştır [1].

McClintock boşluk büyümesi olarak gerçekleşen sünek hasarla ilgili ilk teorik araştırmayı yapmıştır [2]. Bu çalışmada boşluk büyüme oranının, hidrostatik eşdeğer gerilme oranı gibi üç eksenli gerilme bölgelerinde kesin olarak bağlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Farklı tipteki çekme testlerinde düz ve silindirik numuneler gibi parçalar sık sık kullanılır. Ancak, çatlak oluşumunda eşdeğer birim şekil değişimi, numunelerin şekilleriyle ilişkili gerilme durumuna bağlıdır. Bir baksa deyişle, eşdeğer birim şekil değişimi, farklı geometrilerdeki çekme numunelerinde aynı değildir. McClintock'un yaptığı deneyler sonucunda vardığı nokta şudur ki; farklı numuneler daima, çatlak oluşumunda aynı birim şekil değişimine sahip değildirler.

Rice ve Tracey, tarafından McClintock 'un çalışmasından daha ileri bir çalışma yapılmıştır [3]. Her iki analizde boşluk büyüme oranının, hidrostatik

eşdeğer gerilim oranı gibi üç eksenli gerilme bölgelerinde kesin olarak bağlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Hancock ve Mackenzie yaptığı deney sonuçları, yapısal malzemeler için, sünekliğin üç eksenli olarak yönlendirilebilirliği fikrini desteklemiş ve malzeme hasarının yüksek derecede hidrostatik gerilmeye yol açmış olduğunu görmüşlerdir [4].

Bridgman, Hancock ve Mackenzie yaptığı deney sonuçlarını kullanarak elde edilen hasar birim şekil değişimi ve üç eksenliliğin gösterim parametrelerini bir kapalı hasar eğrisi olarak belirtmiştir [5].

Hancock ve Brown, çentikli numunede gerilme birim şekil değişimi alanlarını daha fazla ayrıntılı olarak araştırmıştır [6]. Temel olarak, silindirik çentikli numunede üç eksenliliğin en yüksek olduğu minimum kesitin orta noktasındaki hasarı, önceki gözlemlerinde elde ettikleri kanıtlarla destekleyerek ele almışlardır.

Yapılan literatür araştırmaları göstermiştir ki, çentikli çekme deneyleri yaygın olarak uygulanan bir deneydir. Yine bu sonuçlar çentikli çekme deneylerinin çok sayıda çentik çeşitleri ile gerçekleştiğini göstermektedir. Bu nedenle, standart deney sonuçlarından elde edilen veriler ile çentikli çekme deneyi modellenmesi, deneysel çalışmalardaki değişkenlerin sayısında kolay bir artış sağlayacağı açıktır.

Bu çalışmada deney sonuçları bir arada toplayarak çentiğin boyutları, milin boyutları ve milin üzerine gelen kuvvetin çeşitliliğine göre çentik faktörünün benzetimi yapılarak sonlu eleman yöntemiyle çentik faktörü değeri saptanmaya çalışılmaktadır.

Deneylerden elde edilen basma, çekme, burulma ve burkulma kuvvetlerinin milin - birim sekil değişimi verileri kullanılarak çentikli çekme deneylerinin sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmesi araştırılmıştır. Çentikli ekme deneyleri modellemesi ile çentikli çekme deneyi yapmadan, eğrilerinden yararlanarak sonlu eleman yönteminde elde edilen çentikli benzetimine ait sonuçlar ile deneysel sonuçların birbiriyle yaklaşık olarak uygunluk sağladığı görülmüştür.

3. KURAMSAL KAVRAMLAR

3.1. Yapay Zeka

Literatürde “Artificial Intelligence” olarak adlandırılan yapay zeka ilk bakışta herkese farklı bir şeyin çağrışımını yaptırmaktadır. Kimilerine göre, yapay zekâ kavramı, insanoğlunun yerini alan elektromekanik bir robotu çağrıştırmaktadır.

Yapay zekâ (YZ) alanında önemli gelişmeler günümüzde sağlanmış olmakla beraber, araştırma düzeyi halen kuluçka dönemindedir. Her geçen gün, YZ araştırmacıları yapay zekânın yeniden tanımlanmasına yardımcı olacak yeni icat ve yenilikler ortaya koymaktadır.

YZ konusundaki çalışmalar 1960’larda beri gündemde olmasına karşın YZ uygulamalarının muazzam boyutta bilgisayar gücüne ihtiyaç duymasından dolayı araştırmacıların çoğunun bu alanda yeni bir şey ortaya koyma gayreti sonuçsuz kalmıştır.

Ancak günümüzde bilgisayar teknolojisinde yaşanan gelişmelerin sağladığı ucuz ve güçlü bilgisayarlar sayesinde YZ alanında büyük ölçekli araştırma yapabilmek ekonomik açıdan mümkün hale gelebilmiştir [7].

3.1.2. Bulanıklık kavramı

"Atahan uzun bir çocuktur", "Elif güzel bir kızdır", "100, 1’den çok daha büyük bir sayıdır", "Bu yaprak kırmızıdır" gibi cümleler, klasik mantık sistemleriyle doğruluğundan söz edilebilmesi güç cümlelerdir. Çünkü ‘uzun’, ‘güzel’, ‘büyük’, ve hatta ‘çok daha’, açık bir şekilde tanımlanmamış, belirsizlik içeren sözcüklerdir. Fakat, bu şekilde açıkça tanımlanmamış kavramlar insanın düşünmesinde önemli rol oynarlar.

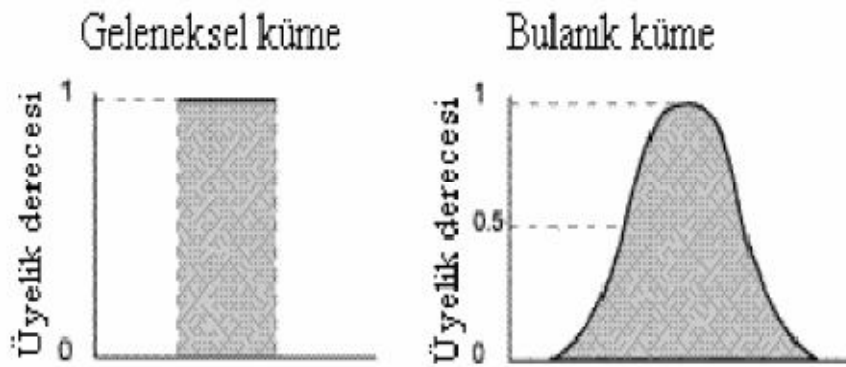
gerektirmiştir [12]. Bu şekilde ortaya çıkan bulanık mantık yaklaşımı, dış dünyadan gelen verilerin daha uygun bir şekilde değerlendirilebilmesini olanaklı duruma getirmiştir [13].

Bulanık küme teorisi

Bulanık kümelerde kullanılan mantıksal işleyiş şekli bulanık mantıktır [14]. Bulanık küme teorisindeki tanımlar, teoremler ve ispatlar bulanık olmayan kümeler için de daima doğrudur. Bir bulanık kümede en az bir eleman 1 üyelik değerine sahipse (ya da yüksekliği 1 ise) bu bulanık kümeye “normal bulanık küme” denir [15].

Bulanık kümede üyelik fonksiyonları

Şekil 3.1’in incelenmesinden de anlaşılacağı üzere geleneksel bir küme sadece bir üyelik fonksiyonu ile nitelenebilirken, bulanık bir küme teorik olarak sonsuz sayıda üyelik fonksiyonu ile nitelenebilir [16].



Şekil 3.1. Geleneksel ve bulanık kümede tanımlanan bir objenin üyelik fonksiyonu [16]

Bulanık bir kümenin üyelik fonksiyonunu belirleme süreci, kavramların uygulamadaki anlamına dayanarak sezgisel olarak da yapılabilir [17].

Genelde klasik bir X kümesinin elemanları $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots\}$ şeklinde gösterilirken, bunun bulanık hali aşağıdaki şekilde gösterilir.

$$X = \left\{ \frac{\ddot{u}(x_1)}{x_1} + \frac{\ddot{u}(x_2)}{x_2} + \dots \right\} = \left\{ \sum_i \frac{\ddot{u}(x_i)}{x_i} \right\} \quad (3.1)$$

Bulanık kümenin sürekli olması durumunda ise formül aşağıdaki şekilde olur.

$$x = \int \frac{\ddot{u}(x)}{x} \quad (3.2)$$

Her iki notasyonda da bölüm işareti asla bölmeyi göstermez, sadece alttaki gerçek sayıya yani küme öğelerine üstteki üyelik derecesinin karşılık geldiğini belirtir. Yukarıda yazılan 3.1 denklemindeki toplam işareti de alışageldiğimiz toplamı değil, küme öğelerinin topluluğunu ifade etmek içindir. İkinci notasyonda integral işareti de asla bildiğimiz integral anlamına gelmez, yine topluluğu gösteren bir işaret olarak algılanmalıdır [18]. Olasılığa dayananlar başta olmak üzere kelime bilgisiyle ilişkili ifadelerin birçoğu algılama temellidir. Algılama organlarının yeteneği sınırlıdır ve beyin detayları çözmede, bilgi toplamada, algılamada doğası gereği sınırlı bir kapasiteye sahiptir [19]. Bulanık bir kümede, belirli bir niceliği niteleyen semantik yaklaşımlar ya da sözel ifadeler (düşük, orta, yüksek gibi), kümedeki üyeliğin derecesine bağlı olarak (örneğin erozyonun derecesini tanımlarken) kullanılırlar [20]. Bulanık mantığın sözel değişkenlerin kullanımına izin vermesi diğer mantık sistemlerinden önemli bir farklılığıdır.

Bulanık kümelerde sözel ifadeleri oluştururken sıklıkla kullanılan kurallardan birisi de EĞER-O HALDE kurallarıdır (Eğer bitki örtüsü zayıf ise o halde erozyon riski yüksektir... gibi). Bulanık EĞER-O HALDE kuralları veya bulanık algoritmalar, matematiksel olarak bulanık bağıntılara denktir. Bulanık EĞER-O HALDE kuralına dayanarak bulanık akıl yürütme süreci (bulanık ortamda çıkarım yapma) ise matematiksel olarak bir bileşke işlemidir [17].

Sistemin tanımı

Genel sınırları ile sistem bir veya daha çok amaca veya sonuca ulaşmak üzere aralarında ilişkiler olan fiziksel veya kavramsal birden çok bileşenin oluşturduğu bütündür. Bu tanımlamanın içerdiği dört unsur aşağıdaki şekilde sıralanabilir [13].

- i. Birden çok bileşenin gerekliliği,
- ii. Bileşenler arası ilişkiler,
- iii. Bileşenlerin oluşturduğu bir bütün,
- iv. Bütünün amacı

Sistemi oluşturan alt bölümlere ise alt sistemler denir.

Sistem ile ilgili şu çıkarımlar yapılabilir;

- a) Aralarında ilişkiler bulunmayan eleman kümesinin sistem olmadığı,
- b) Birkaç elemanı arasında ilişki bulunan bir kümenin sistem tanımlamasına uymadığı,
- c) Sistemin, elemanları arasında pek çok ilişki olan ve sınırları, girdi ve çıktıları olan bir yapı olduğu,
- d) Bir sistemin birden fazla alt sistemlerinin olabileceği söylenebilir.

Ele alınan sistemlerin tamamen dışında kalan her şey sistemin çevresini oluşturur. Dış etki veya girdilerin etkisi ile sistemin durumunda meydana gelen değişikliklere veya sistemi tanımlayan parametrelerdeki değişimler ise sistemin çıktıları şeklinde isimlendirilir.

3.2. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları kavramı beynin çalışma ilkelerinin sayısal bilgisayarlar üzerinde taklit edilmesi fikri ile ortaya çıkmıştır. İlk çalışmalar beyni oluşturan biyolojik hücrelerin, ya da literatürlerdeki ismiyle nöronların matematiksel olarak modellenmesi üzerinde yapılmıştır. Bu çalışmaların ortaya çıkardığı sonuçlara göre her bir nöron komşu nöronlardan bazı bilgiler alır ve bu bilgiler biyolojik nöron dinamiğinin öngördüğü biçimde bir çıktıya dönüştürülür. Bugün yapay sinir ağları olarak isimlendirilen alan, birçok nöronun belirli biçimlerde bir araya getirilip bir işlevin gerçekleşmesi üzerindeki yapısal olduğu kadar matematiksel ve felsefi sorunlara yanıt arayan bir bilim dalı olmuştur. Bu sistemler insan beyninin çalışma mekanizmasını taklit etmeye çalışır. Yapay sinir ağları, karar hızı açısından insan beyni ile yarışabilecek aşamayı henüz ulaşamamıştır. Buna rağmen, karmaşık eşleştirmelerin hassas bir biçimde gerçekleştirilebilmesi nedeniyle ki gün geçtikçe uygulama alanları genişlemektedir [21].

3.2.1. YSA'nın tanımı ve tarihçesi

Yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile elimizdeki bilgileri kullanarak yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri dışarıdan herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Bu yetenekleri geleneksel programlama yöntemleri ile gerçekleştirmek oldukça zor bazen mümkün değildir. İşte bu nedenle, yapay sinir ağlarının, programlanması çok zor veya mümkün olmayan olaylar için geliştirilmiş bilgi işleme ile ilgilenen bir bilgisayar bilim dalı olduğu söylenebilir [22].

İnsan beyni hakkındaki çalışmalar binlerce yıl öncesine dayanır, modern elektroniğin gelişmesi ile birlikte, bu düşünce işlemini kullanmaya çalışmak

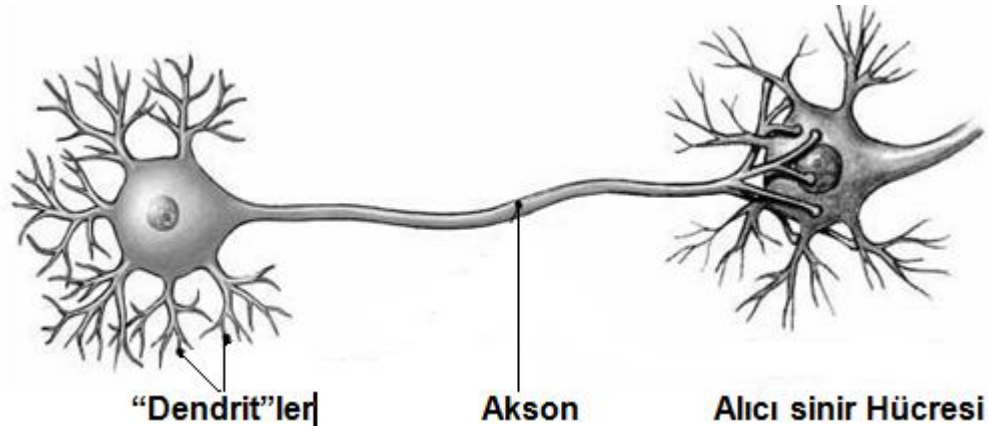
doğal bir hale gelmiştir. İlk yapay sinir ağ modeli 1943 yılında, bir sinir hekimi olan Warren McCulloch ile bir matematikçi olan Walter Pitts tarafından gerçekleştirilmiştir. McCulloch ve Pitts insan beyninin hesaplama yeteneğinden esinlenerek, elektrik devreleriyle basit bir sinir ağını modellemişlerdir [23].

1960 yılı ise ilk neural bilgisayarın ortaya çıkış yılıdır. 1963 yılında basit modellerin ilk eksiklikleri fark edilmiş, ancak başarılı sonuçların alınması 1970 ve 1980'lerde termodinamikteki teorik yapıların doğrusal olmayan ağların geliştirilmesinde kullanılmasına kadar gelinmiştir. 1985 yapay sinir ağlarının oldukça tanındığı, yoğun araştırmaların başladığı yıl olmuştur [24].

3.2.2. Biyolojik sinir sistemi

Yapay sinir ağlarının daha iyi anlaşılması için örnek teşkil eden doğal sinir ağı olan biyolojik sinir ağlarının yapısının ve çalışma ilkelerinin iyi bilinmesi gerekmektedir.

İnsan beyinde her harekette daha önceki deneyimlere başvurma yeteneğini sağlayan kendine özgü sinir hücreleri vardır. İnsan beyinde yaklaşık 10^{11} sinir hücresi vardır. Her bir biyolojik sinir hücresinin yaklaşık 10.000 kadar bir başka sinir hücresine bağlantısı vardır. Bu bağlantılardan uyarı alır. İnsan beynin çalışma frekansı 100 Hz'dir. Şekil 3.2' de basitleştirilmiş biyolojik bir beyin sinir hücresini görebiliriz [23].



Şekil 3.2. Basit bir sinir hücresi [22]

3.2.3. Yapay sinir ağının yapısı

Yapay sinir hücreleri bir araya gelerek yapay sinir ağını oluştururlar sinir hücrelerinin bir araya gelmesi rastgele olmaz. Hücreler 3 katman halinde ve her katman içinde paralel olarak bir araya gelerek ağı oluştururlar. Bu katmanlar:

Girdi katmanı

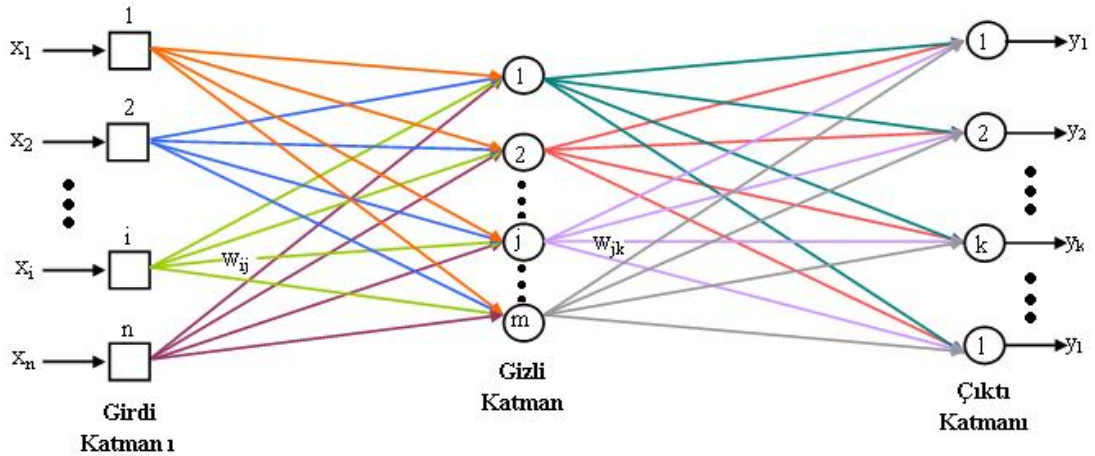
Bu katmandaki proses elemanları dış dünyadan bilgileri alarak ara katmanlara gönderirler. Bazı ağlarda girdi katmanında herhangi bir bilgi işleme olmaz (Şekil 3.3.).

Ara katman [Gizli katman]

Girdi katmanından gelen bilgiler işlenerek çıktı katmanına gönderilirler. Bu bilgilerin işlenmesi ara katmanlarda gerçekleşir. Bir ağ içinde birden fazla ara katman olabilir (Şekil 3.3.).

Çıktı katmanı

Bu katmandaki proses elemanları ara katmandan gelen bilgileri işler. Ağa girdi katmanından sunulan girdi seti için üretilen çıktıyı dış dünyaya gönderir [22] (Şekil 3.3.).

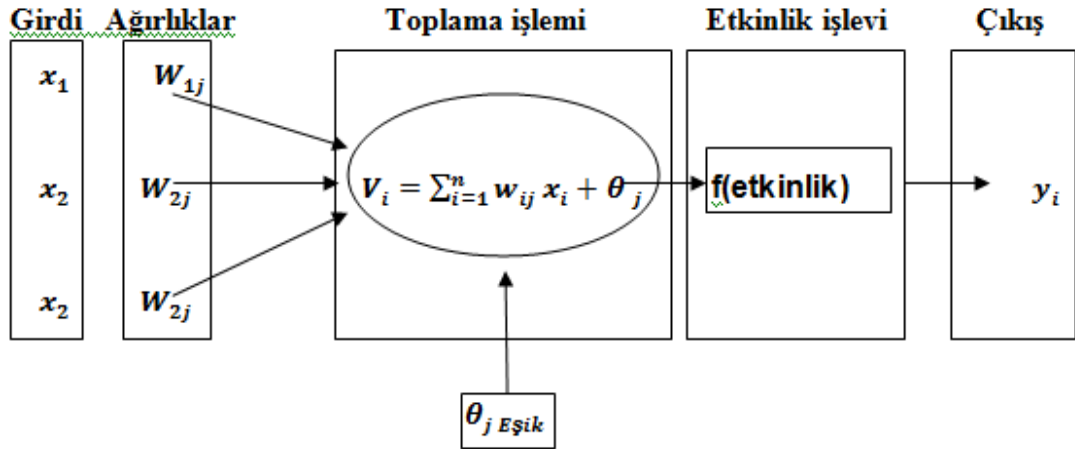


Şekil 3.3. Bir Yapay sinir ağı örneği [22]

3.2.4. Bir yapay sinirin ana öğeleri

Yapay sinir ağları, birbirine bağlı çok sayıda işlem elemanlarından oluşur. Yapay sinir ağlarındaki işlem elemanları (düğümler) basit sinirler olarak adlandırılır. Bir yapay sinir ağı, birbirleri ile bağlantılı çok sayıda düğümlerden oluşur.

Yapay sinir ağlarının temel birimi yapay bir sinirdir. Bir yapay sinir, biyolojik sinirlere göre oldukça basittir. Şekil 3.4. yapay bir siniri görebiliriz.



Şekil 3.4. Yapay bir sinir (Düğüm) [23]

Tüm yapay sinir ağırları bu temel yapıdan türetilmiştir, bu yapıdaki farklılıklar yapay sinir ağlarının farklı sınıflandırılmalarını sağlar.

Girişler

Girişler $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ dış dünyadan veya kendinden önceki sinirlerden aldıkları bilgiyi bir sonraki sinire ulaştırır. Bir sinir genellikle gelişmiş bir çok girdi alır.

Ağırlıklar

Ağırlıklar $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ sinir tarafından alınan girişlerin sinir üzerindeki etkisini belirleyen katsayıdır. Her bir girişin kendine ait bir ağırlığı vardır.

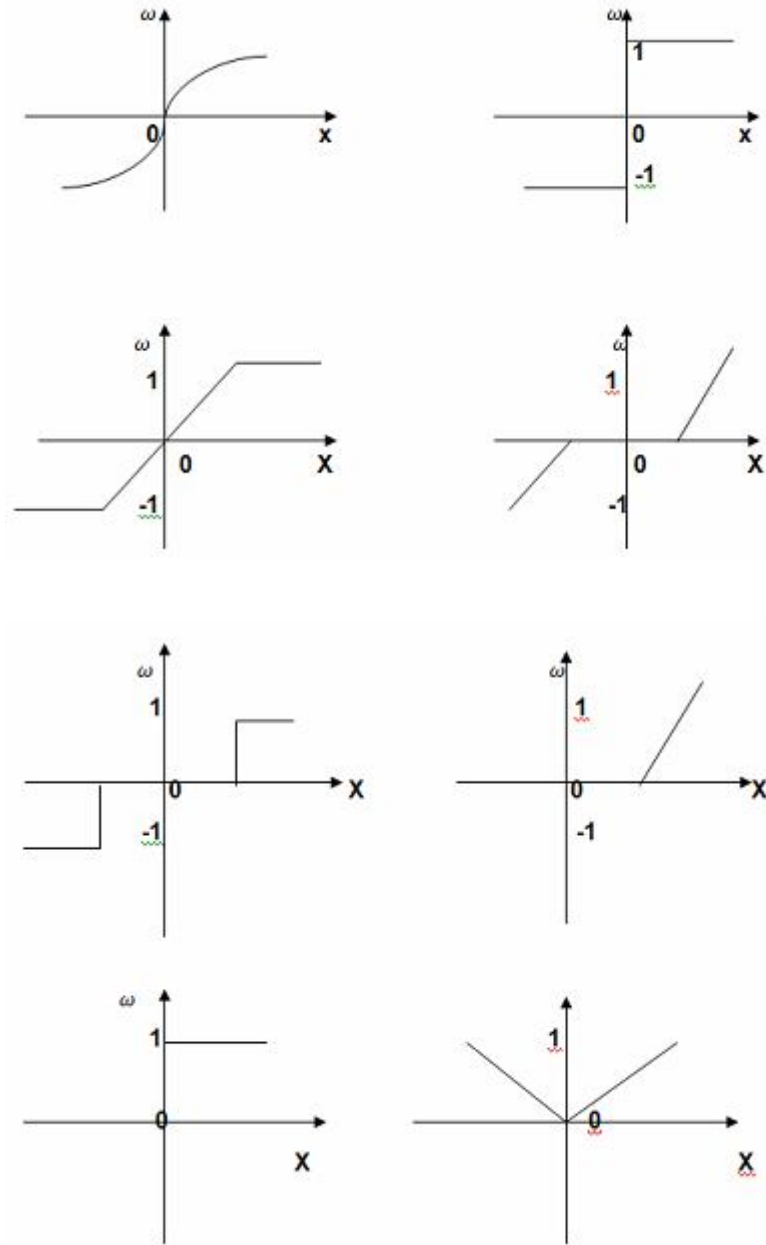
Bir ağırlığın değerinin büyük olması, o girişin yapay sinire güçlü bağlanması ya da önemli olması, küçük olması zayıf bağlanması ya da önemli olmaması anlamına gelmektedir.

Toplama işlevi

Toplama işlevi v_i , sinirde her bir ağırlığın ait olduğu girişlerle çarpılarak bu çarpımların toplamalarının eşik θ_j değeri ile toplanarak etkinlik işlevine gönderilmesidir

Etkinlik işlevi

Toplama işlevinin sonucu, etkinlik işlevinden f (etkinlik) geçirilip çıkışa iletilir. Bir etkinlik işlevinin kullanım amacı, toplama işlevinin çıkışının değişmesine izin vermektir. Etkinlik işlevi, Şekil 3.5’de gösterilen eğrilerin biri veya birkaçı seçilerek yapılır. Bu eğrilerden eşik veya basamak işlevleri etkinlik işlevinin nasıl çalıştığını açıklamaktadır.



Şekil 3.5. Etkinlik işlevleri [22]

Etkinlik işlevinin çıkışı y_i Giriş vektörü x_i tarafından uygulandığında denklem (4.1) gibi tanımlanır.

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{eğer, } w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n \geq T \\ 0 & \text{eğer, } w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n < T \end{cases} \quad (4.1)$$

Çıkış işlevi

Çıkış $y_i = f(s)$, etkinlik işlevi sonucunun dış dünyaya veya diğer sinirlere gönderildiği yerdir. Bir sinirin bir tek çıkışı vardır. Sinirin bu çıkışı, kendinden sonra gelen diğer sinirlere giriş olabilir. Bu durum biyolojik sinirde olduğu gibidir. Biyolojik sinirde de birçok giriş varken sadece bir çıkış etkinliği vardır. Bütün bu anlatılanların ışığında yapay sinir ile biyolojik sinirler arasındaki benzerlik Çizelge 3.1' deki gibi gösterilebilir [23].

Çizelge 3.1. Biyolojik sinir ağı ile yapay sinir ağının karşılaştırılması[23]

Biyolojik Sinir Ağı	Yapay Sinir Ağı
Sinir Sistemi	Sinirsel Hesaplama Sistemi
Sinir	Düğüm (Sinir, İşlem Elemanı)
Sinap	Sinirler Arası Bağlantı Ağırlıkları
Dendrit	Toplama İşlevi
Hücre Gövdesi	Etkinlik İşlevi
Akson	Sinir Çıkışı

3.2.5. YSA'da eğitime / öğrenme / test

Yapay sinir ağlarında öğrenmenin anlamı, sinir ağının sunulan probleme ait giriş ve çıkış verileri arasında doğru bağlantıları kurarak doğru çıktıları üretmesini sağlamaktır. Bu işlem öngörülen çıkış ile istenilen çıkış arasındaki

hata belli bir değerin altına düşene ya da eğitime işlemi belli bir tekrar sayısına ulaşana kadar devam eder.

Yapay sinir ağları aynen insanlar gibi örnekler ile öğrenirler. Ağlar ne kadar çok örnek ile eğitilirse problem üzerindeki teşhisi o kadar doğru olur [25]. Öğrenme sırasında bir takım kabul edilebilir hatalar olur. Örneklerin artırılması hatayı azaltır.

Öğrenme sırasında ağa belli bir girdi girildiği zaman, ağ benzer cevaplar verebilmek için kendi üzerinde değişiklikler yapar. Öğrenme işlemi bağlantılara ait ağırlıkların güncellenmesi ile olur. YSA'nın eğitilmesi döngüsel bir işlemle gerçekleşmektedir. Ağırlık değerleri, oluşan hatayı en aza indirmek için güncellenirler. Burada söz konusu olan hata, beklenen çıktı ile oluşan çıktı arasındaki farktır. Eğitimden sonra, YSA'nın verileri ezberlemek yerine gerçekten öğrendiğini anlamak için ağ test edilir. Test bölümünde, eğitim sırasında kullanılmayan veriler kullanılır [26]. Önemli öğrenme kurallarından bir kaçı aşağıda örnek olarak verilmiştir.

Hebb kuralı

En eski ve en iyi bilinen öğrenme kuralı Donald Hebb tarafından tanıtılmıştır. Tanımlama 1949'da yazdığı "the organization of Behaviour" adlı kitabında yer alır. Temel kural: Eğer bir sinir başka bir sinirden bir giriş alırsa ve her ikisi de matematiksel olarak aynı işaretli ise, sinirler arasındaki boyut kuvvetlendirilir.

Hopfield kuralı

Bu kural, Hebb kuralına benzerdir. Buna göre eğer istenilen çıkış ve girişin her ikisi de aktif veya her ikisi de durgun ise, bağlantı boyutlarını öğrenme oranı kadar kuvvetlendirir, aksi halde boyutu öğrenme oranı kadar zayıflatır.

Delta kuralı

Hebb kuralının biraz daha geliştirilmiştir. Bu kural bir sinirin gerçek çıkışı ile istenilen çıkış değeri arasındaki farkı azaltmak için giriş bağlantı ağırlıklarını sürekli olarak güçlendirmek üzerine kurulmuştur. Bu kural ağ hatasının en aza indirmek için bağlantı boyutlarını değiştirir. Hata bir önceki katmana geri gönderilir, bu geri gönderme işlemi ilk katmana kadar devam eder. Bu tip ağlara İleri beslemeli ağ denilir.

Kohonen öğrenme kuralı

Kohonen tarafından geliştirilen bu yöntem biyolojik sistemlerdeki öğrenmeden esinlenilerek ortaya çıkarılmıştır. Bu yöntemde sinirler öğrenmek için elverişli durum veya ölçülerini güncellemek için yarışır. Gerçek sonuca en yaklaşık sonucu bulan sinir, kazanır ve komşu sinirlere bağlantı boyutlarını güncellemeleri için izin verilir [23].

3.2.6. Yapay sinir ağlarından en çok kullanılan modeller

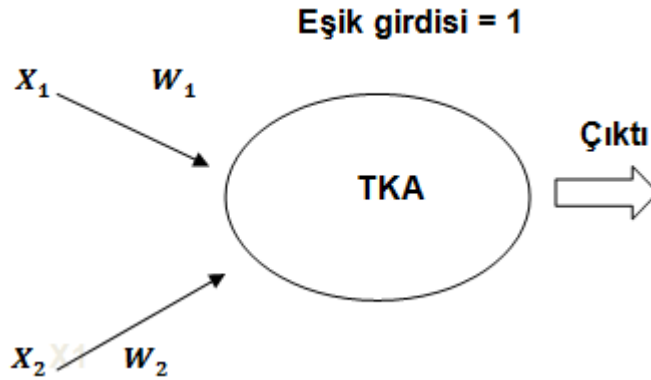
Bir yapay sinir ağında elemanlarının bağlanması sonucu şekillenen oluşum, elemanların sahip oldukları toplama ve aktivasyon fonksiyonları, öğrenme stratejisi ve kullanılan öğrenme kuralı ağın modelini belirlemektedir. Geçmişten bu güne kadar birçok model geliştirilmiştir. Bunların en sıklıkla kullanılanları şunlardır:

- i. Algılayıcılar
- ii. Çok katmanlı algılayıcılar (hatayı geriye yayma modeli)
- iii. Vektör Kuantizasyon modelleri (LVQ)
- iv. Kendi kendini organize eden model (SOM)
- v. Adaptif Rezonans Teorisi modelleri (ART)
- vi. Geri dönüşümlü (Recurrent) ağlar

- vii. Tam geri dönüşümlü ağlar
- viii. Kısmi geri dönüşümlü ağlar
- ix. Elman ağı

Tek katmanlı algılayıcılar (TKA)

Tek katmanlı yapay sinir ağları girdi ve çıktı katmanlarından oluşur. Her bağlantının bir ağırlığı vardır (W). En basit şekliyle tek katmanlı bir ağa örnek vermek gerekirse Şekil 3.6' deki ağ iki girdi ve bir çıktıdan oluşmaktadır. Bu ağlarda elemanların ve ağın çıktısının değerinin sıfır olmasını önleyen eşik değeri (Φ) vardır. Eşik değerinin girdisi daima 1'dir.



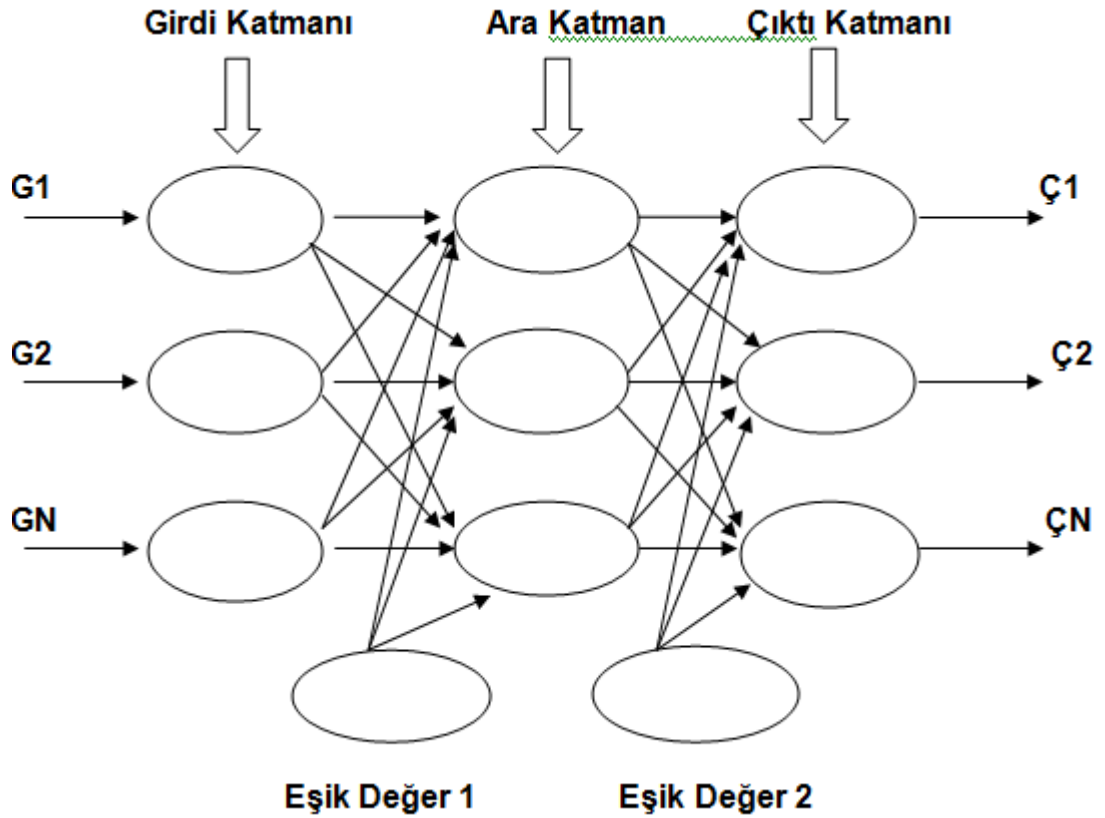
Şekil 3.6. İki girdi ve bir çıktıdan oluşan en basit TKA model [22]

Ağın çıktısı ağırlıklandırılmış girdi değerlerinin eşik değeri ile toplanması sonucu bulunur. Bu girdi değeri bir aktivasyon fonksiyondan geçirilerek ağın çıktısı hesaplanır. Bu, şu şekilde formülize edilmektedir.

$$\text{Ç} = f(\sum_{i=1}^m w_i x_i + \Phi) \quad (4.2)$$

Çok katmanlı algılayıcılar (ÇKA)

Bir yapay sinir ağının öğrenmesi istenen olayların girdi ve çıktıları arasındaki ilişkiler doğrusal olmayan ilişkiler olabilir. O zaman TKA ile öğrenme gerçekleştirilmez. Buna benzer olayların öğrenilmesi için daha gelişmiş modeller kullanılır. ÇKA modeli bunlardan biridir. ÇKA ağlarının yapısı Şekil 3. 7' de görebiliriz. Şekil den ÇKA' nın 3 katmandan oluşan bir ağ olduğunu görebiliriz.

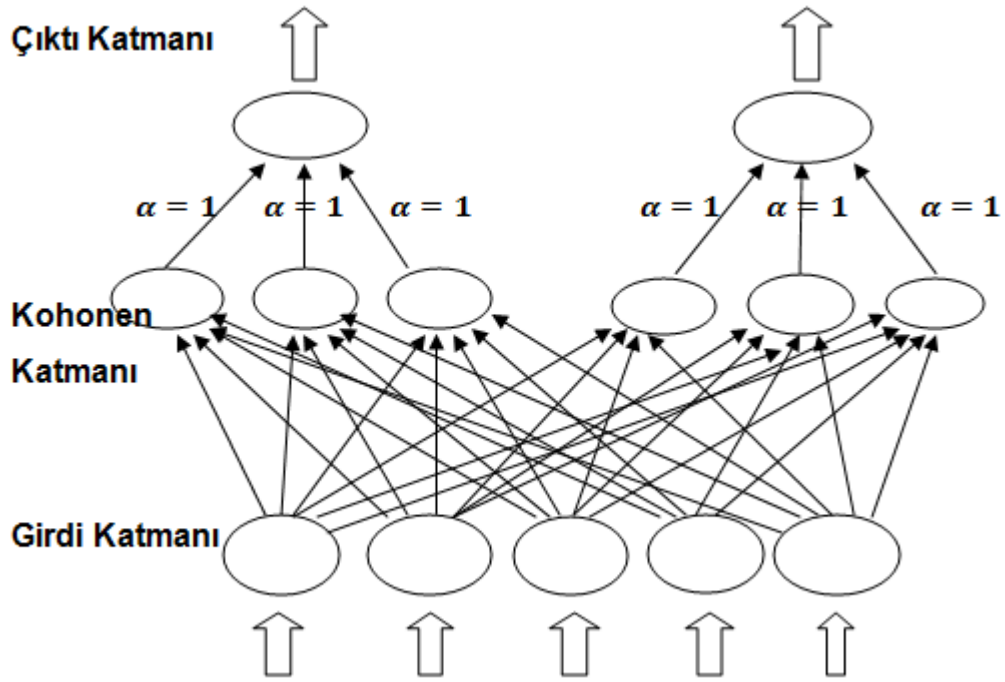


Şekil 3. 7. ÇKA modeli [22]

Vektör kuantizasyon modelleri (LVQ)

Bazı durumlarda ağa çıktının ne olduğunu vermek mümkün olmayabilir. Buna karşılık ağın üretmiş olduğu çıktının doğru veya yanlış olduğu

belirtilebilir. Destekleyici öğrenme olarak belirlenen bu yöntemi kullanan modellerin bir tanesi de doğrusal vektör parçalama modeli diyebileceğimiz LVQ (Linear Vektör Quantization) modelidir. LVQ ağı Kohonen tarafından 1984 yılında geliştirilmiştir [27]. ÇKA' larda olduğu gibi LVQ ağları da 3 katmandan oluşmaktadır. Şekil 3.8 bu katmanları görebiliriz.



Şekil 3. 8. LVQ ağının topolojik yapısı [22]

Adaptif rezonans teori (ART)

Burada ağ dışarıdan herhangi bir destek almaksızın örneklerle bakarak bilgileri kendisi keşfeder ve hafızasında saklar. ART ağları Grosberg' in 1976 yılında biyolojik beynin fonksiyonları kapsamında yaptığı çalışmalar neticesinde ortaya çıkmıştır [28].

ART ağları oldukça hızlı ve kararlı bir şekilde öğrenme yeteneklerine sahiptirler. Gerçek zamanda ortam genel olarak durağan değildir, olayların oluşumu her an beklenmedik olaylar ile değişebilmektedir. ART ağları bu

durağan olmayan dünyada sınırsız karmaşıklık altında çalışabilme yeteneği gösterir.

Geri dönüşümlü (Recurrent) ağlar

Geri dönüşümlü ağlarda, ağın elemanlarının çıktıları yine ağa belirli bir şekilde geri gönderilerek girdi olarak kullanılmaktadır. Geri dönüşümlü ağlar iki çeşittir:

Tam geri dönüşümlü ağlar

Bu ağlar gelişigüzel ileri ve geri bağlantıları olan ağlardır. Bu bağlantıların hepsi eğitilebilir.

Kısmi geri dönüşümlü ağlar

Bu ağlarda ağın proses elemanlarına ek olarak içerik elemanları vardır. Bu ağlar, temelde ileri beslemeli bir ağıdır. İleri bağlantıları eğitilebilir. Geri dönüşüm sadece içerik elemanları üzerinde yapılır ve bu bağlantılar eğitilemezler.

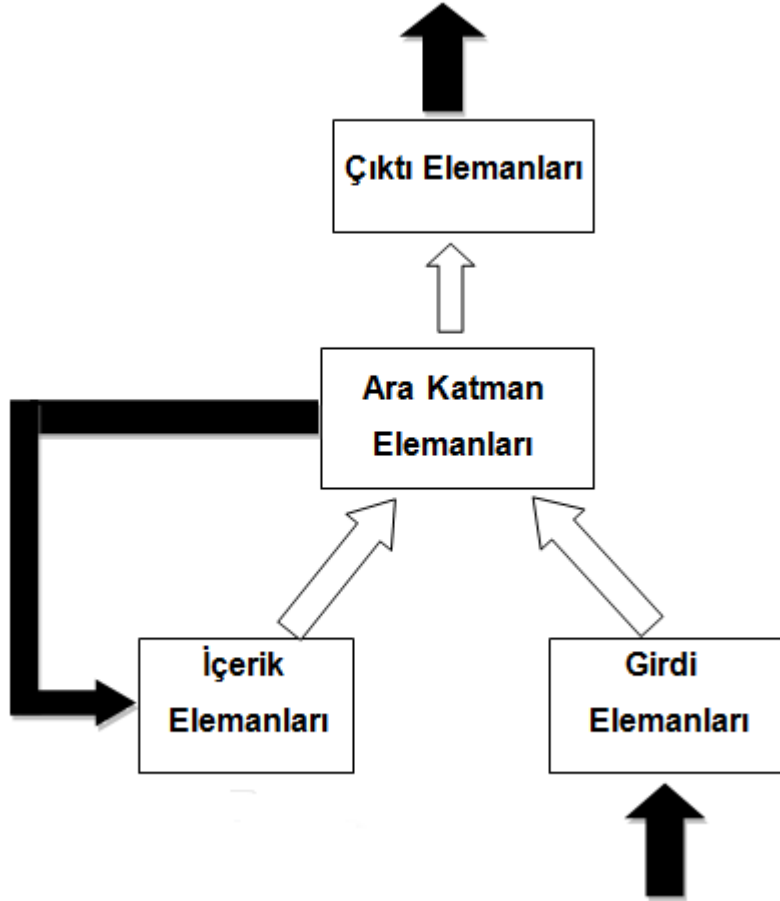
Geri dönüşümlü ağların arasında en basit yapıya sahip olan ve kullanılması en kolay ağ Elman ağıdır.

Elman ağı ve yapısı

Elman ağının yapısı Şekil 3.9.'de gösterilmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi elman ağının 4 çeşit elemanı vardır:

- Girdi elemanı
- Ara katman elemanları

- Çıktı elemanları
- İçerik elemanları



Şekil 3.9. Elman ağ yapısı [22]

Girdi elemanları çevreden bilgileri alır ara katmanlara iletirler. Çok katmanlı algılayıcılarda olduğu gibi, elman ağında da girdiler işlenmeden olduğu gibi ara katman elemanlarına gönderilir. Çıktı elemanları ise ağın çıktısını dış dünyaya iletirler. Çıktı katmanının bilgi işleme fonksiyonları doğrusaldır. Sadece kendilerine gelen bilgileri toplarlar. Ara katman elemanları ise hem doğrusal hem de doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonlarına sahip olabilirler. İçerik elemanları ara katman elemanlarının önceki aktivite değerlerini hatırlatmak için kullanılmaktadır. Bu elemanlar bir önceki

iterasyonda ki aktivasyon değerlerini bir sonraki iterasyona girdi olarak taşırlar [22]

3.3. MUKAVEMET AZALTICI ETKENLER

Mukavemet diyagramları yüzeylei parlatılmış standart deney çubukları kullanarak elde edilirler. Gerçek makine elemanlarının boyut ve yüzey özellikleri deney çubuklarından farklıdır. Bu yüzden sürekli mukavemet diyagramından alınan değerler, mukavemet azaltıcı faktörler göz önüne alınmadan kullanılamazlar [29]. Malzemelerin mukavemet sınırları ; çentik, yüzey pürüzlülüğü, boyut, imalat, ısıı işlem, kaplama, çevre etkisi gibi faktörler tarafından etkilenmektedir [30].

Makine elemanlarında deneylerle elde edilen sonuçlar, yer yer normal gerilmelerden çok daha büyük gerilmelerin varlığını gösterir. Bunun nedeni parçalardaki geometrik düzgünsüzlüklerdir. Çentik genel adıyla tanımlanan bu düzgünsüzlükler [31].

3.3.1. Çentik etkisi

Makine elemanları konstrüksiyonda çeşitli nedenlerle çentik, delik, kademe veya fatura, çeşitli yuvarlatma ve kama yuvası gibi geometrik düzgünsüzlük veya süreksizlikler bulunabilmektedir. Bu süreksizlikler çoğunlukla yataklama ve bağlama kolaylıklarından dolayı zorunlu olarak elemanlarda bulunmaktadır. Ani kesit değişikliği ve çeşitli süreksizlikler kuvvet akışı ve özellikle gerilme alanında yığılmalara neden olmaktadır. Gerilme yığılımları, malzeme içyapısında veya kuvvetlerin uygulama alanlarının küçük olması gibi nedenlerden de oluşabilirler. Bu tür gerilme yığılımları, malzemede çentik etkisi oluşturmaktadır [32].

3.3.2. Gerilme yığılma faktörü

Çentik dibinde oluşan en büyük gerilmenin nominal gerilmeye oranı olarak tanımlanır.

$$K_t = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_n} \quad (5.1)$$

Örneğin, çekme zorlamasında;

$$\sigma_n = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} \quad (5.2)$$

$$\sigma_n = K_t \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} \quad (5.3)$$

Makine elemanlarındaki, yukarıda bahsedilen geometrik şekillerin çentik diplerinde, hesaplanan nominal gerilmenin K_t katı kadar fazla gerilme, (zorlama) meydana gelir. Malzeme gevrek ise, çentikli malzeme, K_t kadar daha az bir gerilme ile statik gerilme ile kırılır. Örneğin, sertleştirilmiş çelikten yapılmış bir makine elemanında gerilme yığılma faktörü $K_t = 3$ olan çentik var ise, bu eleman çentiksiz olana göre üç kat daha kolay kırılır [32].

3.3.3. Çentik duyarlılık faktörü

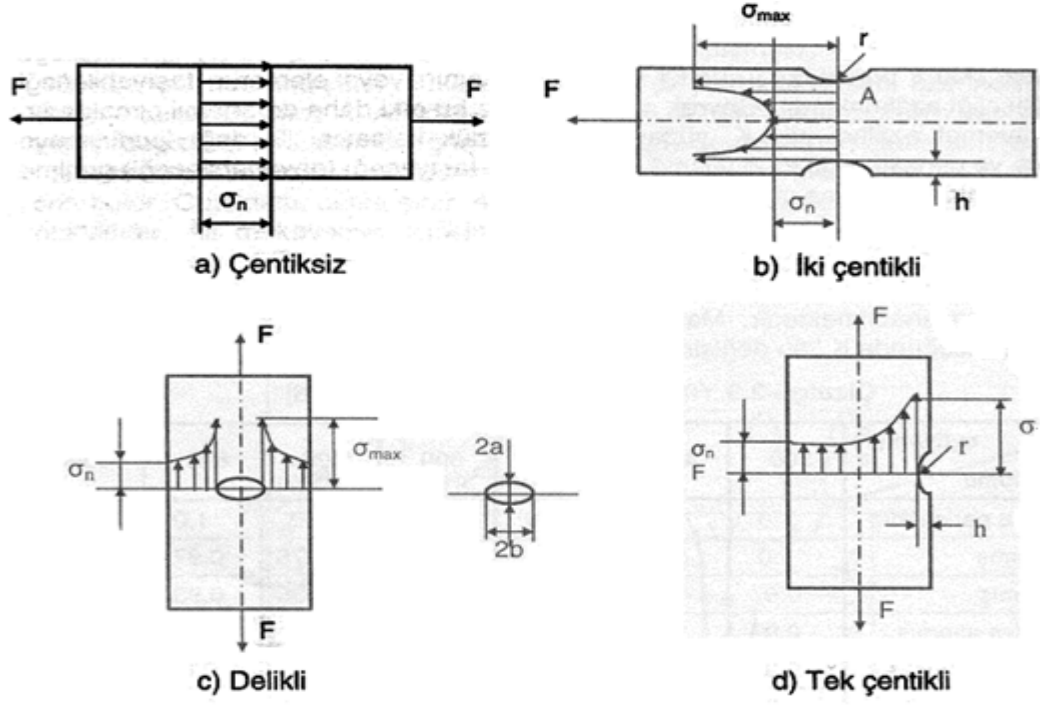
Gerilme yığılma faktörü (K_t) geometriye bağlı bir değerdir. Malzeme dayanımındaki etkin düşüşü gösteren yorulma dayanımı düşüş faktörü K_σ dir.

Çentik faktörü K_ζ , çentiğin geometrik şekline ve malzemenin çentiğe karşı hassasiyetine bağlıdır. Çentiğin geometrik şeklinin etkisi, teorik çentik faktörü K_t ; malzemenin çentiğe karşı hassasiyeti, çentik hassasiyet faktörü q ile ifade edilirse çentik faktörü;

$$K_\zeta = 1 + q(K_t - 1) \quad (5.4)$$

Bağlantısı ile hesaplanır. Çentik malzemenin sürekli mukavemet sınırını azaltan bir etkidir. Çentik olayı, çentiğin yuvarlatma yarıçapı r ve kesit değişikliğini gösteren çentiğin derinliği t tarafından etkilenmektedir. Çentiğin derinliği yuvarlak çubuklarda, çap oranı D/d ile temsil edilebilir. Bu değerler arasında $t = (D-d)/2$ bağlantıları vardır. Yuvarlatma çapı küçüldükçe gerilme yığılması artar; şöyle ki en büyük yığılma $r = 0$ 'da meydana gelir (şekil 3.10). Çentiğin derinliğine bağlı olarak D/d oranlarının büyümesi ile gerilme yığılmaları artar. Dolayısı ile fazla gerilme yığılmalarına meydan vermemek için çentikler yuvarlatılmalı ve büyük bir kesitten çok küçük bir kesite geçilmemelidir.

Teorik çentik faktörü, analitik veya deneysel (fotoelastisite) yöntemleri ile tayin edilmektedir. Şekil 3.10' de çentik şekillerine bağlı olarak çeşitli zorlamalar verilmiştir.



Şekil 3.10. Çentik etkisi [30]

Gevrek malzemeler, çentiğe karşı daha hassas; sünek malzemeler ise, daha az hassasiyet gösterirler. Çentik hassasiyeti faktörü q ; 0 ila 1 arasında değişmektedir. Çentiğe karşı tam hassasiyet gösteren malzemelerde $q=1$ yani $K_{\text{ç}} = K_t$ dir. Pratikte kullanılan malzemelerde genellikle $0 < q < 1$ ve dolayısıyla $1 < K_{\text{ç}} < K_t$ dir.

Çok kaba hesaplarda çelikler için $q \cong 0,6$ alınırsa 1 bağlantısı

$$K_{\text{ç}} = 1 + 0,6 (K_t - 1) \quad (5.5)$$

Şeklinde yazılabilir. Çentik etki malzemelerin yorulma mukavemet sınırlarının tayininde dikkate alınır.

Statik zorlamalarda çentik olayı, kırılğan malzemelerin mukavemet sınırını etkiler; sünek malzemelerde etkileme çok azdır ve hesaplamalarda pratik bakımdan dikkate alınmayabilir [30].

3.4. MATLAB

MATLAB, Teknik hesaplamalar için geliştirilmiş yüksek performanslı bir dildir [33]. MATLAB MATrix LABoratory kelimelerinin kısaltılmasıdır. MATLAB kod yazılarak programlama yapılabilen uygulama geliştirilebilen bir platformdur [34]. Anlaşılacağı gibi bir matris laboratuvarı olan MATLAB'ın temelindeki yapı, boyutlandırma gerektirmeyen matrislerdir. Yapılan tüm girdiler ve çıktılar, diğer programlama dillerindeki ön tanımlamaları gerektirmeksizin bir matris tanımlanır.

MATLAB; sayısal analiz, matris ve dizi işlemleri, sinyal işleme, algoritma geliştirme, C, C++, Java ve internet ile ilişik programlama ve grafiksel kullanıcı arayüzü formu program yazma gibi sayısal işlemleri, kullanımı kolay bir grafik arayüzü üzerinden, diğer programlama dillerindeki geleneksel kodlamaya karşın matematiksel denklem yazma kolaylığında sağlamaktadır.

MATLAB olduğu sürece, C bilmeden kullanıcıların program yazabilmesi, bunları C ve C++ dillerine çevirebilmesi ve paket dağıtımını yapabilmesi sağlanır [35].

3.4.1. Matlab'ın kullanım amacı ve yeri

MATLAB tüm mühendislik alanında, sayısal hesaplamalar, veri çözümlenmesi ve grafik işlemlerinde kolaylıkla kullanılabilen bir programlama dilidir. FORTRAN ve C dili gibi yüksek seviyeden programlama dilleri ile yapılabilen hesaplamaların pek çoğunu MATLAB ile yapmak mümkündür.

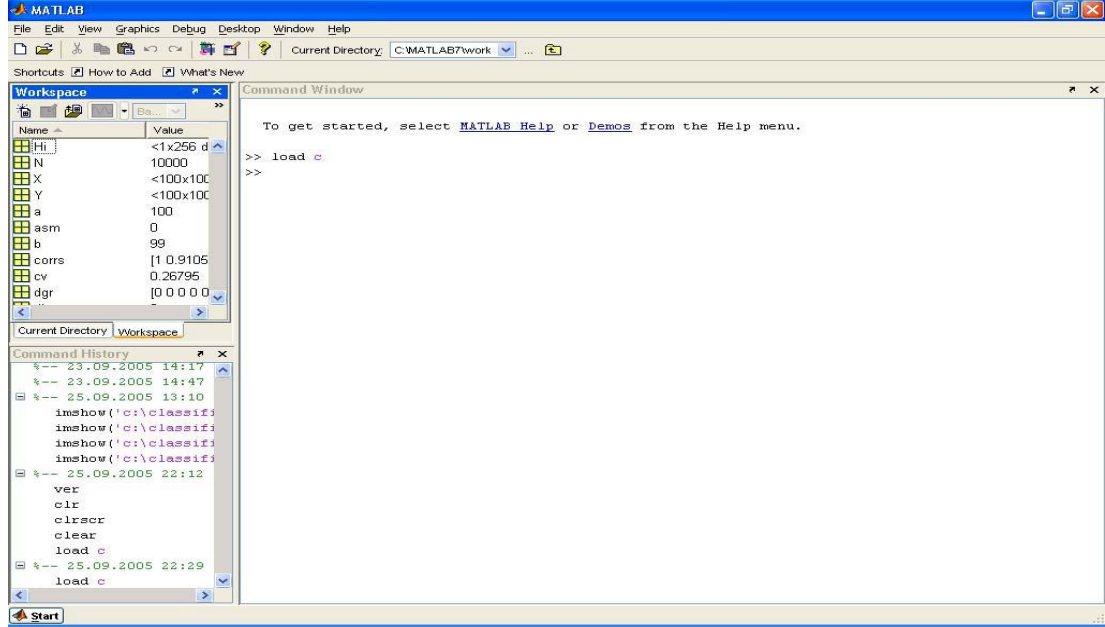
MATLAB'ın kullanım yerleri;

- Matematik ve hesaplama işlemleri, (Denklemlerin çözümü, doğrusal ve doğrusal olmayan diferansiyel denklemlerin çözümü, integral hesabı gibi sayısal hesaplamalar)
- Algoritma geliştirme,
- Modelleme, simülasyon (benzetim) ve optimizeleme,
- Veri analizi ve görsel efektlerle destekli gösterim
- Bilimsel ve mühendislik grafik çizimi ve çözümler,
- Bilgisayar destekli denetim sistemi tasarımı [36].

MATLAB görüntü işleme gereçlerinin yanı sıra kontrol sistemleri, haberleşme, yapay sinir ağları, istatistik gibi birçok alanda kullanılabilir. MATLAB ile kod yazılarak işlemler gerçekleştirilebildiği gibi simülasyonlar hazırlanarak birçok uygulama test edilebilir. MATLAB'ın önemli özelliklerinden biride üstün Grafik yeteneğidir. İşlem sonuçları 2 ve 3 boyutlu grafik türleri ile görüntülenebilir [37].

3.4.2. MATLAB ana ekranı

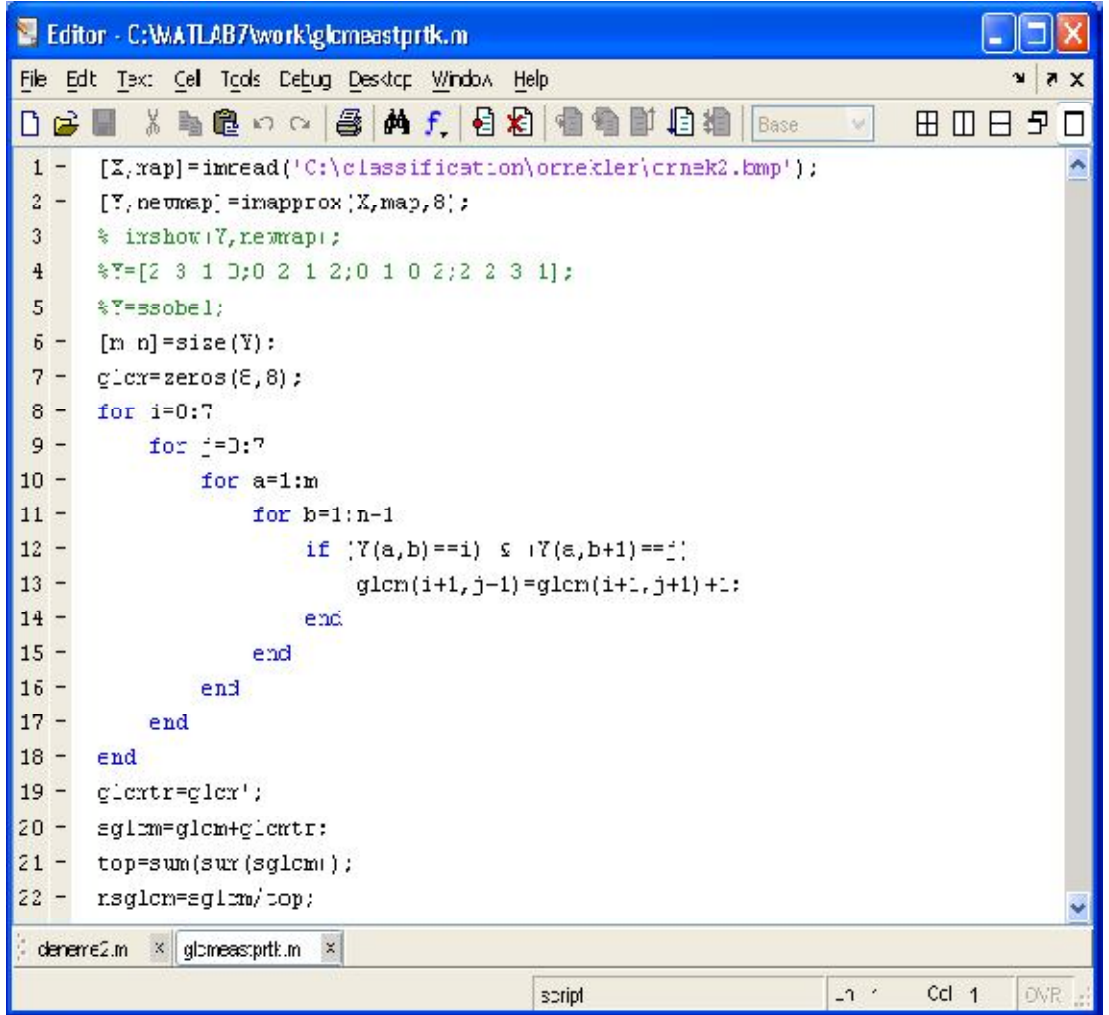
MATLAB ana ekranında bulunan kısımların en önemlisi. Command Window denilen komut ekranıdır. Bu ekrana tek satırlı fonksiyonlar ve komutlar yazılarak işlemler yapılabilir. Ayrıca döngü ve karar yapıları ile çok sayıda fonksiyon ve komut bir arada kullanılabilir. Workspace alanında ise o anda işlem yapılan, yüklenmiş olan tüm değişkenler ve matrisler yer almaktadır. Command History denilen bölüm ise MATLAB'in son kullanımlarından gerçekleştirilen işlemler ve komutlar tarihleri ile birlikte tutulmaktadır. MATLAB'ın menüleri kullanılarak dosya, düzenleme, grafik, program işlemleri, pencere ve yardım işlemleri yapılabilir. MATLAB'ı başlatmak için masaüstünde bulunan MATLAB ikonunu tıklanır. Şekil 3.11 de gösterilen pencereler çıkacaktır [38].



Şekil 3.11 MATLAB ana pencere

3.4.3. MATLAB kod yazma ortamı

MATLAB ortamında kod ile uygulama gerçekleştirme “m” dosyası denilen metin dosyaları yazılarak gerçekleştirilir. Bu uygulamalar Matlab kod yazma ortamı denilen araç kullanılarak yazılır. Matlab kod yazma ortamı ile MATLAB’ın standart fonksiyonları ve ilgili gerecin fonksiyonları kullanılarak programlar yazılabilir. Matlab editörü gelişmiş birçok programlama editörü gibi kod düzenleme, derleme, test etme araçlarına sahiptir.



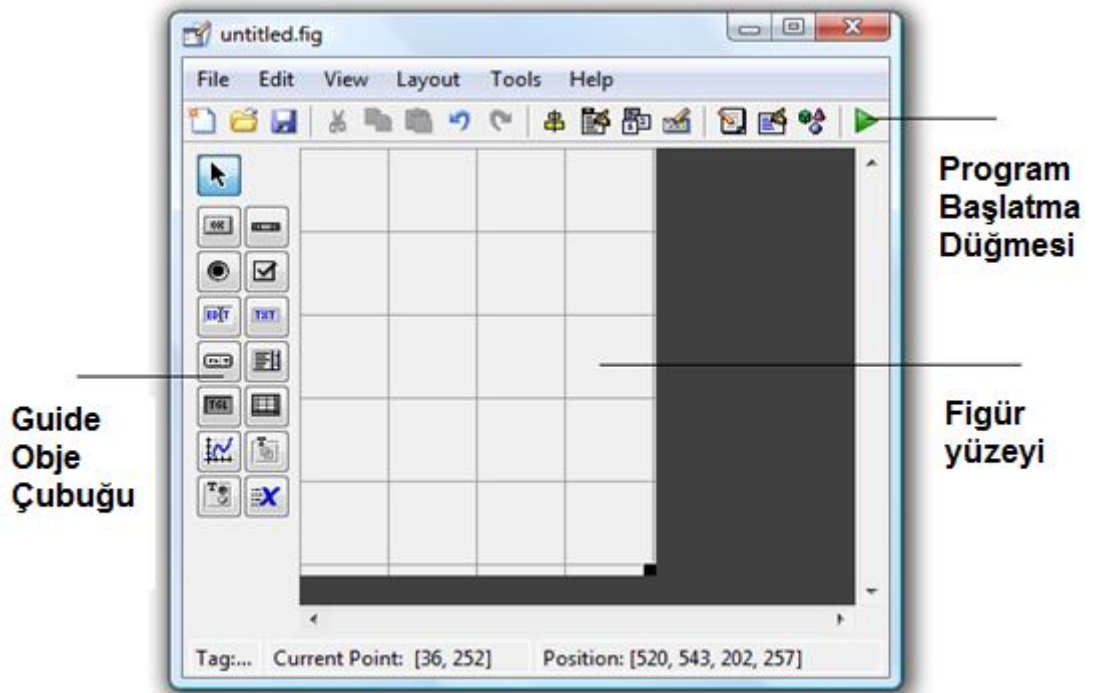
Şekil 3.12 MATLAB kod yazma aracı

3.4.4. Matlab gui ile kullanıcı arayüzü tasarlama

Gui editörü

Matlab programı ile Gui tasarlamının en pratik yolu Guide editörünü kullanmaktır. Guide editörü, görünüm tasarımı ve tasarlanan komponentlerin özelliklerinin belirlenmesini sağlayan bir editördür. Guide editörü Gui 'yi kaydetmek ve çalıştırmak için iki dosya kullanır:

- Grafik dosyası (Dosya adı .fig) : Gui' nin genel görünümü ile ilgili kod ve açıklamaları, komponentleri ve komponentlerin özellik değerlerini içeren grafik dosyasıdır.
- M dosyası (Dosya adı .m) : Gui' yi çalıştırmak için kullanılan ve komponentlerin işlevlerinin alt fonksiyonlar halinde kaydedildiği bir fonksiyon dosyasıdır.

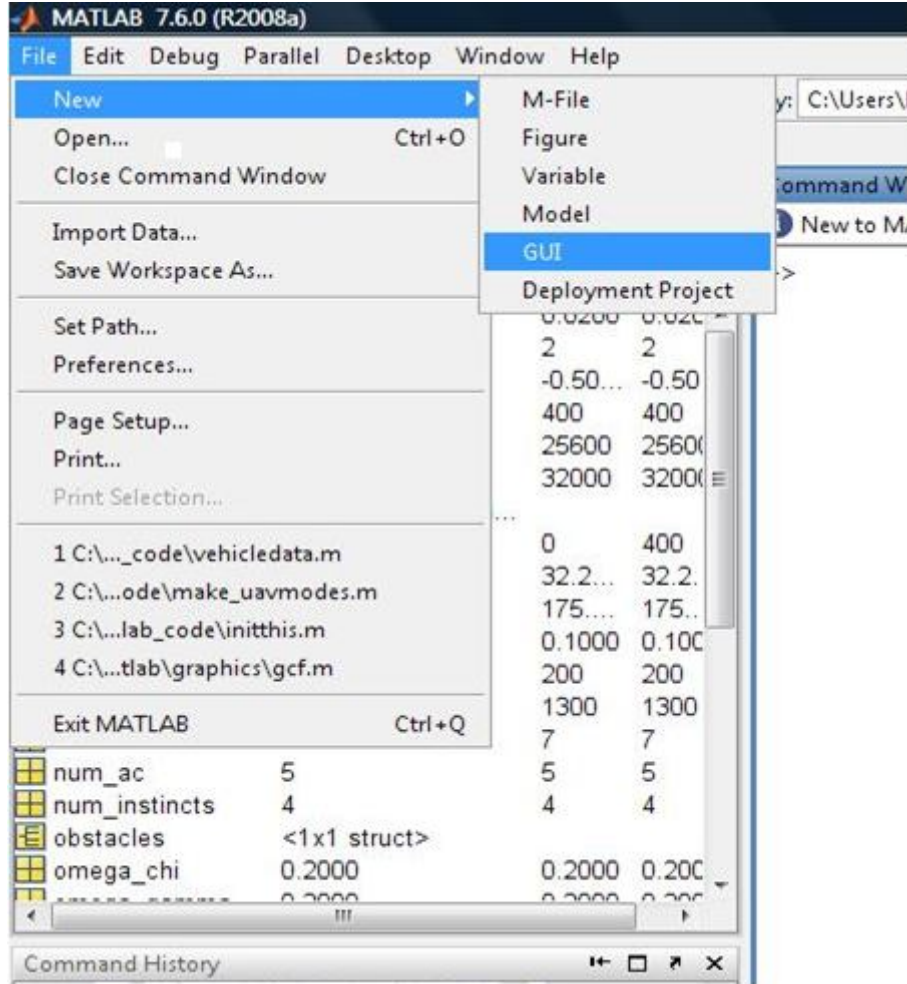


Şekil 3.13. Guide arayüzü

MATLAB da kullanıcı arayüzü nasıl çalışır?

Kullanıcı ara yüzü kullanıcısına üzerinde pushbutton, textbox, menu, listbox gibi kontrol birimlerinin bulunduğu bir ortam sağlar. Örneğin bir pushbuttona basıldığında daha önceden yazılmış bir fonksiyonun çalışması sağlanabilir, ya da veri tabanında sakladığınız verilerin ara yüzü açtığınızda listboxda görüntülenmesini sağlayabilirsiniz. Anlatmaya başlarken, kullanıcı arayüzü tasarımını yapacağınız MATLAB GUI programını, Guide editörü, komut

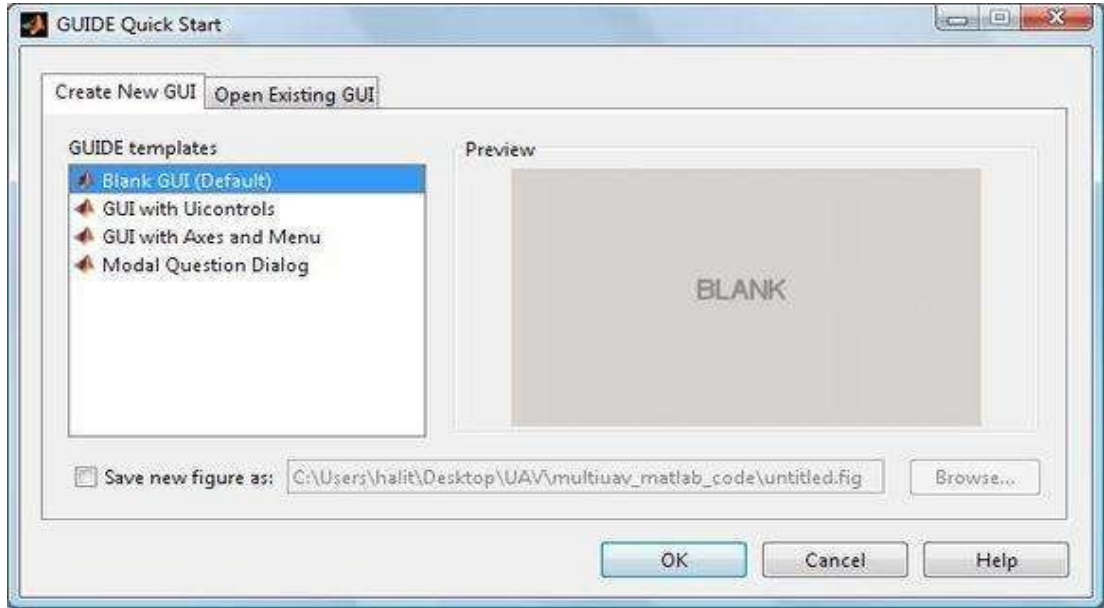
penceresinde 'guide' yazılarak ya da MATLAB penceresinde 'File' menüsünden 'New' ve daha sonra 'Gui' seçilerek açılır.



Şekil 3.14. Guide arayüzü açma

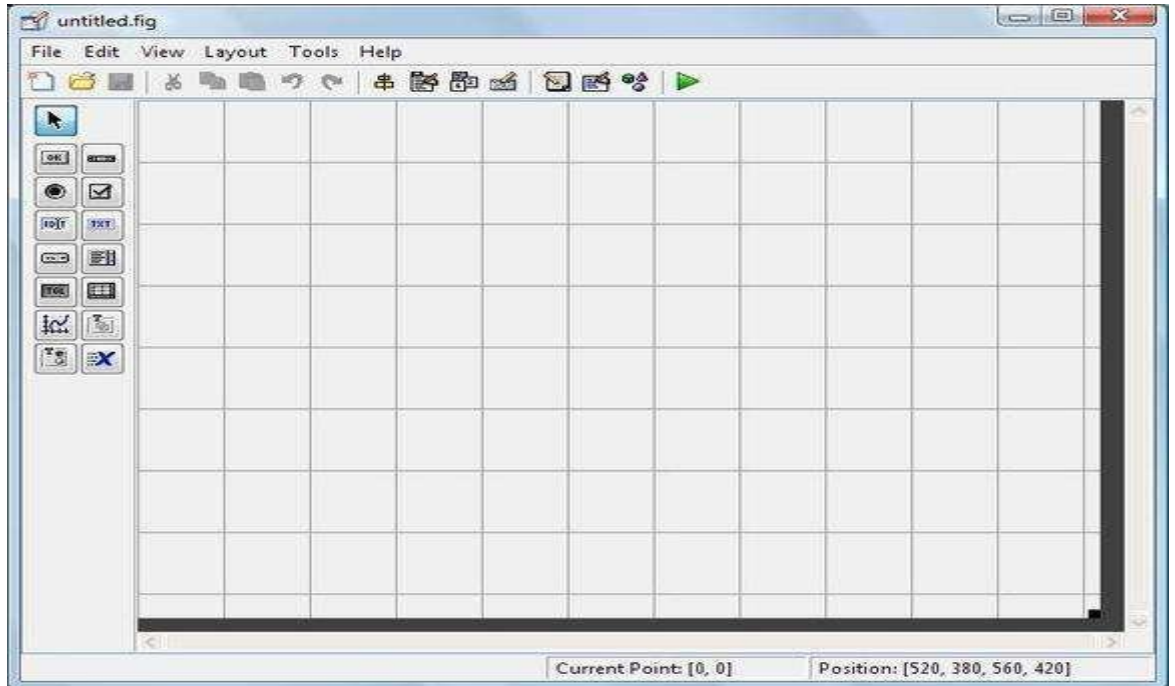
GUI Standart çubuğu

GUI çalıştığında Şekil 3.15. görülür. Bu figürde iki tab vardır bunlardan biri MATLAB ın size sunduğu şablonlar ve boş GUI açılabilcek "Create New GUI" tabı, diğeri ise "Open existing GUI" tabıdır. Open Existing GUI tabını seçildiğinde daha önceden hazırlanan tüm GUI'ler görüntülenir.



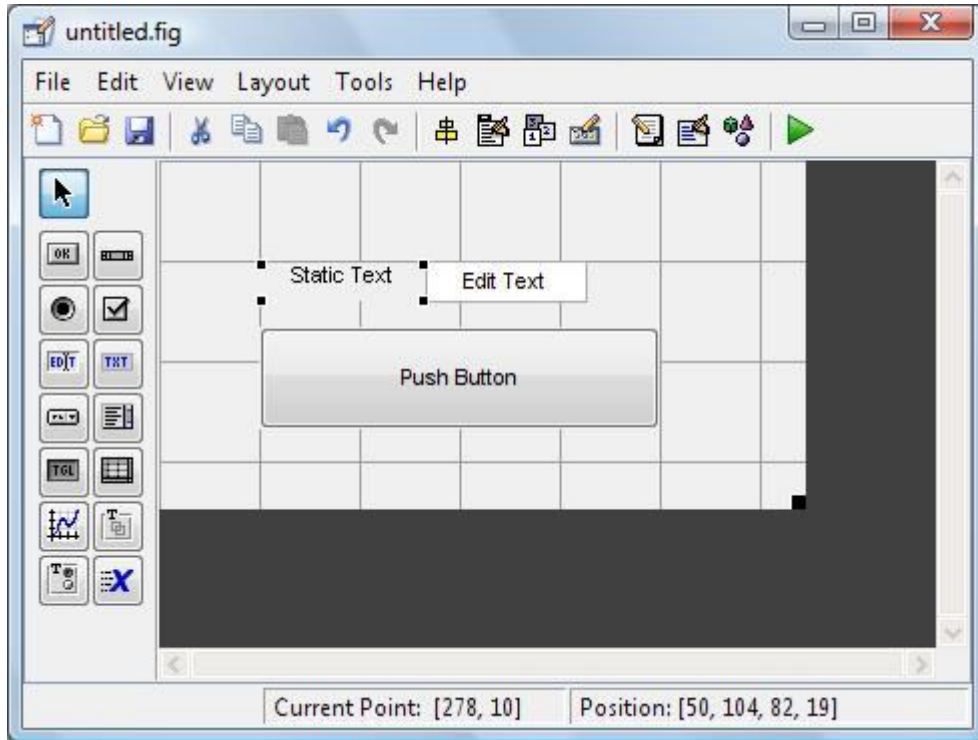
Şekil 3.15. GUIDE quick start

Ekranda Şekil 3.16'daki gibi bir kullanıcı ara yüzü tasarlama penceresi gelir. Bu pencerenin sağ tarafında kullanıcı ara yüzünde olması istenen bileşenler bulunur.



Şekil 3.16. Guide arayüzü

MATLAB GUI de temelde 3 prensip vardır. Bunlar, arayüzü oluşturulan figür, figür üzerine yerleştirilen bileşenler (pushbutton, label, textbox vb.) ve en önemlisi "callbacks" denilen kullanıcıdan gelen girdilere göre hangi işlevlerin yerine getirileceğinin belirlendiği fonksiyonlardır. Guide'de Arayüze konulan bileşen sayısı arttıkça karmaşıklık artacağından bunlara önceden karar vererek isimlendirmeye dikkat etmek gerekir. Böylelikle programın güncellenebilirliği kolay olur hem de kullanıcı arayüzü çok daha çabuk hazırlanabilir. Herhangi bir bileşeni figür üzerine koyabilmek için, fareyle o bileşenin simgesi üzerine tıkladıktan sonra figür üzerinde bileşeni yerleştirilen yere tıklanır. Yerleştirilen bileşenlerin yerleri istenilen zaman yine fareyi kullanarak değiştirilebilir. Şekil 3.17'deki figüre pushbutton, textbox ve static text yerleştirilir.

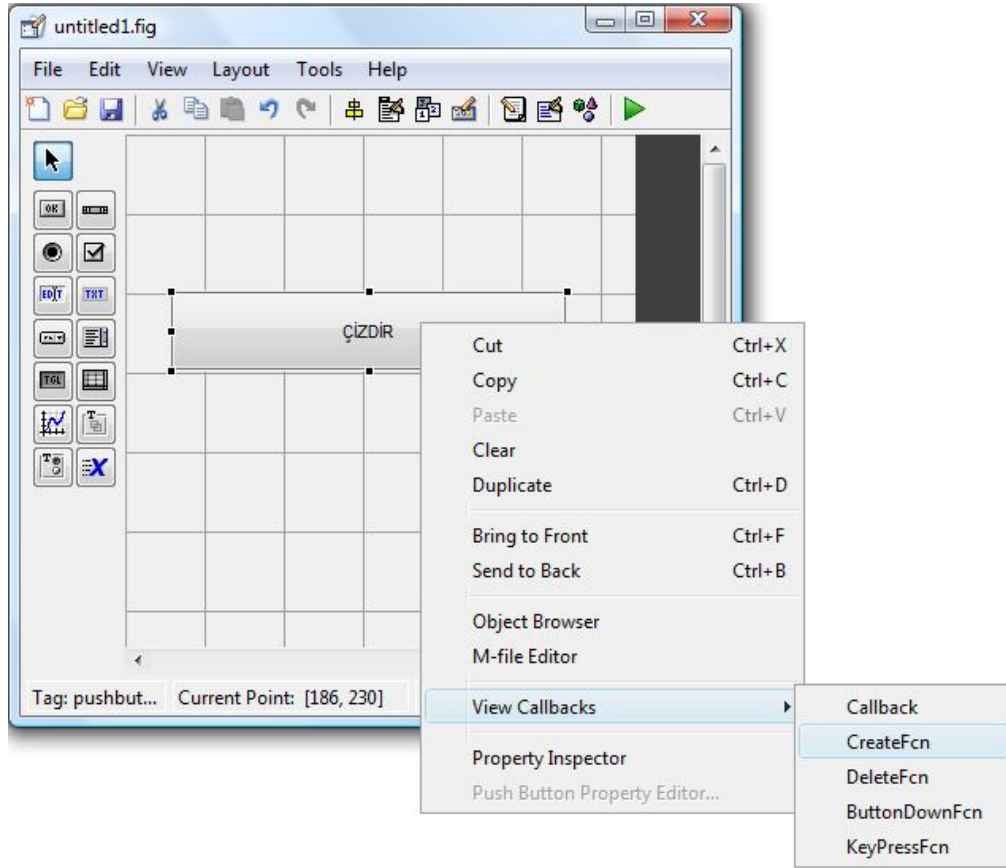


Şekil 3.17. GUIDE arayüze obje eklemek

Objeler üzerinde istenilen ya da amaca uygun yazılı değildir. Bunları değiştirebilmek için; özelliğın değiştirilmesi istenen bileşenin üzerine

gelinerek farenin sağ tuşu kullanılır. Açılan menuden "Property Inspector" seçilir. Pushbutton için bu işlem yapıldığında pushbutton etiketi "Çizdir" olarak değiştirilir. Yazı fontunu da istenildiği gibi değiştirilir ve bu pushbuttona anlamlı bir isim verilir.

Aynı şekilde diğer bileşenlerin özelliklerini değiştirdikten sonra Objelere resim atanır. Şekil 3.18'de görüldüğü gibi, çizdir pushbuttonu sağ tıklanır ve create FCN aktif hale getirilir. Bu şekilde, obje resim atamaya hazır olur.



Şekil 3.18 GUIDE objelere resim ekleme

3.4.5. If şartlı deyimi

Bütün programlama dillerinin en önemli özelliklerinden biri, deyimlerin belirli şartlara tabi tutulup yapıldığı dallanmalardır. MATLAB, aşağıda verilen genel şekillerde “*if*” deyimlerini kullanmaktadır: [39]

```
if durum1
ifade_1
ifade_2
.....      1. İfadeler bloğu
ifade_n

elseif durum2

ifade_1
ifade_2
.....      2. İfadeler bloğu
ifade_n

else

ifade_1
ifade_2
.....      3. İfadeler bloğu
ifade_n

end
```

Durum 1’in değerlendirilmesi sonucu üretilen cevap 0’dan farklı bir değere sahipse (*if* şartlı deyimi ile önerilen durum doğru ise) program, 1. Bloкта bulunan ifadeleri işletir. Bunun dışındaki durumlar için program, Durum 2’yi

denetler. Durum 2 eğer 1 cevabını üretirse; MATLAB, 1. Bloktaki ifadeleri işletmeden atlar ve 2. Bloktaki ifadeleri yürütür. Eğer durum 1 ve durum 2'nin denetlenmesi sonucu üretilen cevaplar 0 ise, program “**else**” deyimini takip eden bloktaki ifadeleri işletir. Çünkü “**else**” deyimi ne, ancak **if** ve **else if** deyimlerinin tamamının 0 cevabını üretmeleri sonucunda başvurulabilir. Bir **if** yapısı içinde çok sayıda **else if** deyimine yer verebilmek mümkündür. Eğer gerek duyulmazsa, **else if** ve else deyimlerinin biri veya her ikisi de kullanılmayabilir. Aşağıda, bir **if** şartlı deyimi örneği verilmiştir.

```
x=10
Toplam =50
a=5
if a<=5
    x=x+1
toplam =toplam+a
end
```

Yukarıdaki program segmentinde, a değişkenine başlangıçta 5 değeri atandığı için if ile kontrol edilen $a \leq 5$ durumu doğrudur ve program aşağıdaki çıktıları üretecektir.

```
x= 10
Toplam =50
a=5
x= 11
toplam =55
```

if yapısını değişik şekillerde de kullanabilmek mümkündür. Genel olarak, bir **if** ifadesi ile bir **end** ifadesi kullanılır ve bu iki ifade arasına, istenilen sayıda **else if** deyimi ve bir tane de else deyimi yerleştirilebilir. Bu oluşumlar ile programa istenilen dal yapısı yerleştirilmiş olur.

Aynı zamanda, **if** yapısını iç içe geçmiş deyimler halinde de kullanabilmek mümkündür. Dıştaki **if** deyiminin içtekini kontrol ettiği bu oluşuma, “iç içe geçmiş **if** yapısı” adı verilir. Bu yapı aşağıdaki şekliyle kullanılır.

```
if    x>0
.....
if  y<0
.....
end
.....
end
```

MATLAB’da, tüm **if** şartlı deyimleri, bir end ifadesi ile görevlerini bitirirler. Verilen örnekte de, ilk **end** ifadesi, **y<0** halinde işletilecek ifadeleri bitirici görevdedir. İkinci end ifadesi ise **x>0** durumunun ifadelerini bitirici durumdadır. Aşağıdaki örnekte, iç içe geçmiş **if** yapılarıyla ilgili bir örnek verilmiştir.

```
say=6;
a=50;
if say>5
        say=say+1
    if a==50
        say=say+2
    end
    if      a> 50
        say=say+3
    end
end
```

Bu program çalıştırılması aşağıdaki çıkışları üretecektir.

Say =

7

Say =

9

Bu örnekte birinci **if** deyimi ile kontrol edilen şart doğru olduğu için, **say=say+1** ifadesi işletilmiştir ve bu **if** deyimi ile sağlanan şartın doğru olması, içteki if deyimi ile ifade edilen durumda denetlenmesini sağlamıştır. Eğer ilk **if** deyimi ile kontrol edilen durum yanlış olsaydı içteki **if** deyimi asla denetlenmeyecekti. İçteki ikinci **if** deyiminin denetlenmesi de ilk **if** deyiminin kontrol ettiği duruma bağlıdır ve içteki birinci **if** deyiminin kontrol ettiği durumdan bağımsızdır.

4. MAKİNA ELEMANLARI TASARIMINDA ÇENTİK FAKTÖRÜNÜN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE HESAPLANMASI

4.1. Yapay Sinir Ağının Oluşturulması

Bu bölümde YSA ile millerde boyut ölçüleri ve üzerine düşen kuvvetleri göz önüne alarak oluşturulan modelin ağ yapısı, eğitilmesi için gerekli girdi ve çıktı verilerinin kaynak verilere göre kıyaslanması ve hata oranlarına göre kullanılabilirliği üzerinde durulacaktır.

4.1.1. Uygun YSA modelinin seçilmesi

Matlab'da 3 çeşit YSA modeli bulunur. Bunlar newlin, newp, newff modelleridir. Bu çalışmada newff YSA modeli kullanılmıştır. Newff YSA modelinin kullanılmasının amaçları aşağıda açıklanmıştır;

- i. Bir ileri beslemeli geri yayılım ağı oluşturması

Newlin YSA modelinde doğrusal katman oluşturulur. Bu model bilinen basit eğri uydurma yöntemidir. Newp YSA modelinde ise algılayıcı oluşturulur. Newff YSA modeli ise bir ileri beslemeli geri yayılım ağı oluşturur. Böylelikle doğru sonuçlara yakın en uygun tahmini yapabilecek ağ yapısını bize sunabilecek YSA modelinin Newff olduğu görülür.

- ii. En uygun öğrenmenin newff YSA modelinde olması

Newlin YSA modelinde öğrenme oranı sabittir. Bu YSA modelinde öğrenme oranı 0.01 olarak belirlenmiştir. Oysaki newp ve newff YSA modellerinde bağ yapısındaki katman sayısı ve katmanlardaki neronların sayısı uygun olarak kullanıldığında öğrenme daha üst değerlere çıkartılabilir. Bu açıklamalarda

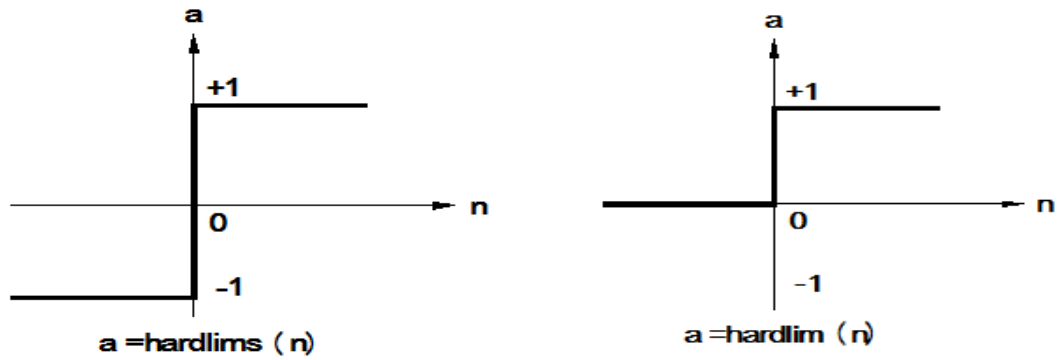
görüldüğü gibi en uygun öğrenme aslında newp ve newff ysa modellerinde bulunur.

iii. En uygun transfer fonksiyonlarının newff YSA modelinde olması

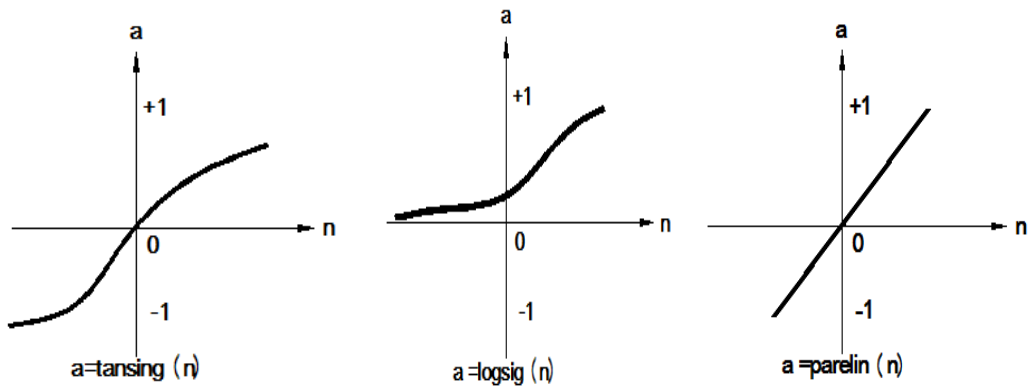
Newlin YSA modelinde transfer fonksiyonu bulunur. Newp YSA modelinde ise harlim ve hardlims transfer fonksiyonu kullanılır. Newff YSA modelinde ise purelin, logsig ve tansig transfer fonksiyonları kullanılır. Transfer fonksiyonlarını Şekil 4.1'de görebiliriz.

Transfer fonksiyonları:

Newp YSA Modeli için transfer foksionları



Newff YSA Modeli için transfer fonsiyonları



Şekil 4.1. Transfer fonksiyonları

iv. Geri dönüşümlü ağ eğitimi olması

Newlin ve newp YSA modellerinde geri dönüşümlü ağ yapısı yoktur. Newff YSA modelinde ise geri dönüşümlü ağ yapısı vardır. Böylelikle sistemde sonucu öğrenmek için girilen değerlerin verdiği çentik faktörü sonuçları bir sonraki veriler için bir girdi verisi olur. Sonuç olarak her defa girilen değere daha yakın bir değer elde edilir.

4.1.2. YSA' nın modellenmesinde kullanılan transfer fonksiyonu

YSA modellerinden newff modelini seçildiği için bu modellerde kullanılan transfer fonksiyonları seçilir. Newff YSA modelinde sigmoid transfer fonksiyonları kullanılır.

Sigmoid transfer fonksiyonu, türevi alınabilen doğrusal olmayan ve sürekli bir fonksiyondur. Bu sebeplerden dolayı en çok tercih edilen transfer fonksiyonudur.

Sigmoid fonksiyonunun eşitliği;

$$f(NE\text{T}) = \frac{1}{1+e^{-NE\text{T}}} \quad (7.1)$$

4.1.3. Eğitim ve test verileri

Bu çalışmadaki veriler SHIGLEY's Mechanical Engineering Design kitabındaki çentik faktörü ile ilgili grafikler ve İ. Hüseyin FİLİZİN 'in kitabından alınan tablolaştırılmış deney sonuçları karşılaştırılıp bu çalışmaya yön veren sonuçlar olarak alınır. Çizelge 4.1 de eğitim ve test verileri sayıları görülebilir.

Çizelge 4.1. Milleden çentik faktörü için eğitim ve test verileri sayısı

MİLLERDE ÇENTİK FAKTÖRÜ	
Veri Cinsi	Veri Sayısı
Eğitim Verileri	419
Test Verileri	125

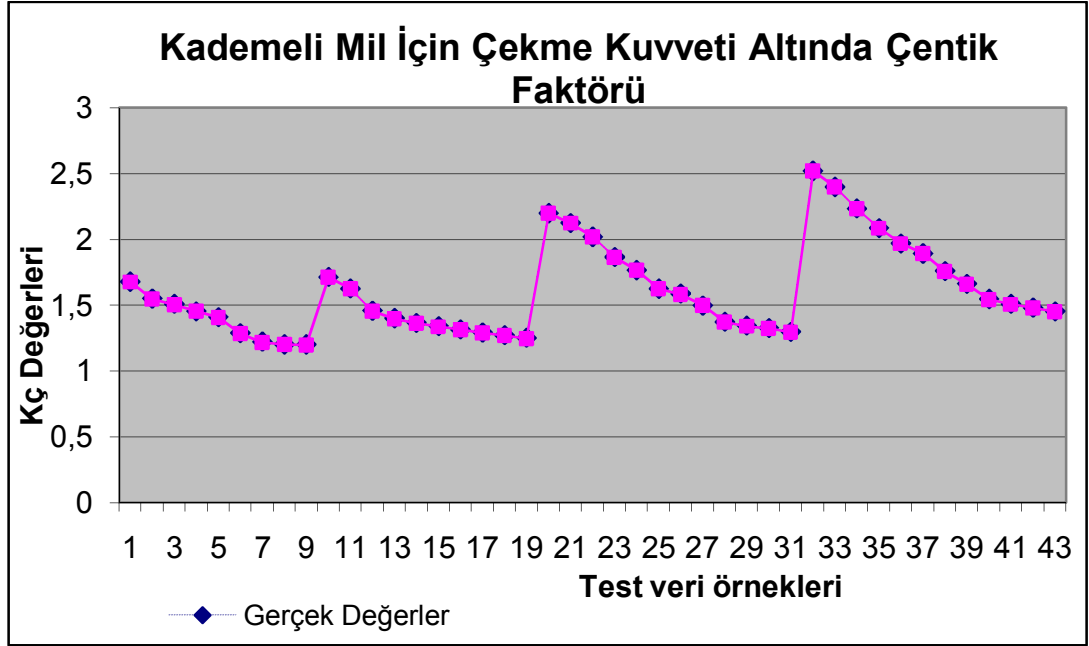
Çizelge 4.2 de milleden çentik faktörünü belirlerken kullanılan girdi ve çıktı değerleri görülmektedir.

Çizelge 4.2. Milleden çentik faktörü için girdi ve çıktı değerleri

Milleden çentik faktörü girdi ve çıktıları		
sembolü	Adı	Girdi veya çıktı
D	Büyük mil çapı	girdi
d	Küçük mil çapı	girdi
r	Pah yarı çapı	girdi
$K_{\text{ç}}$	Çentik faktörü değeri	çıkı

4.1.4. Test işlemi

Eğitme işlemlerinden sonra YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap sonuçları istatistiksel hata miktarına göre Microsoft Excel'de karşılaştırılır. İstatistiksel hata analizlerinde eğitim ve test verilerinin performansı birlikte değerlendirilir. Şekil 4.2 incelendiğimizde teorik hesap sonuçları ile YSA modelinden elde ettiğimiz sonuçların birbirine çok yakın olduğu görülebilir. Şekil 4.3 yapılan YSA çalışmasının çentik faktörünün belirlenmesinde çok yakın sonuçlar aldığını gösterir.



Şekil 4.2 Çekme kuvveti altında Kademeli mil için çentik faktörünün YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap sonuçlarının karşılaştırılması

Çizelge 4.3. Çekme kuvveti altında Kademeli mil için çentik faktörünün YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap sonuçları

Gerçek Değerler	YSA Değerleri
1,678	1,67797233
1,55	1,550944387
1,508	1,505348104
1,452	1,454706047
1,408	1,407166056
1,286	1,285677696
1,22	1,220269964
1,2	1,201728959
1,2	1,19849597
1,714	1,714154913
1,626	1,625693833
1,457	1,45756372
1,4	1,399543083
1,364	1,363736948
1,34	1,337516299
1,314	1,317014872
1,292	1,289423839
1,27	1,273441945
1,25	1,248192613
2,2	2,199725649
2,125	2,125418948
2,02	2,020168139
1,866	1,864450844
1,766	1,767757101
1,624	1,626907828
1,588	1,582243434
1,496	1,498846998
1,372	1,371941787
1,342	1,342007616
1,325	1,325015085
1,296	1,296006585
2,522	2,521993005
2,4	2,400006643
2,235	2,234995347
2,086	2,086005739
1,97	1,970010685
1,893	1,893000537

7.1.5. YSA modelinin performansı

Bir YSA modelinin performansı, gerçek çıktı değerleri ile YSA modelinin oluşturduğu çıktı değerleri arasındaki sapma miktarının (hata) azlığına bağlıdır. Bu hata miktarlarının analizi için üç istatistiksel değer kullanılmıştır. Bunlar RMS istatistiksel hata miktarı (root-mean-squared), R^2 (mutlak değişim yüzdesi), OYH (ortalama yüzde hata) değerleridir.

Çentik faktörü çıktı değerine göre bu hata miktarları hesaplanacak olursa;

$$\text{İstatistiksel Hata Miktarı,} \quad \text{RMS} = \left[\frac{1}{p} \sum_j |t_j - o_j|^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7.2)$$

$$\text{RMS} = \left[|1,8 - 1,792192|^2 \right]^{\frac{1}{2}} = 0,007808$$

$$\text{Mutlak Değişim Yüzdesi,} \quad R^2 = 1 - \left[\frac{\sum_j (t_j - o_j)^2}{\sum_j (o_j)^2} \right] \quad (7.3)$$

$$R^2 = 1 - \left(\frac{(1,8 - 1,792192)^2}{(1,792192)^2} \right) = 0,995643$$

$$\text{Ortalama yüzde Hata,} \quad \text{OYH \%} = \frac{\sum_j \left(\frac{t_j - o_j}{t_j} \times 100 \right)}{p} \quad (7.4)$$

$$\text{OYH\%} = \frac{1,8 - 1,792192}{1,8} \times 100 = \%0,433780 \text{ değerleri elde edilir.}$$

Bir YSA modelinin performansı, RMS değerinin düşük olmasına, R^2 değerinin 1'e yakın olmasına ve OYH değerinin düşük olmasına bağlıdır. Buna göre

yukarıdaki veri örneği, çok düşük bir sapma ile YSA modeli tarafından çözülür. Çizelge 4.11 incelendiğinde yapılan YSA modelinin performansının oldukça iyi olduğu görülebilir. Çizelge 4.11 de RMS değerleri çok düşük, R^2 değeri 1'e oldukça yakın ve OYH değerinin düşük olduğu görülebilir.

Çizelge 4.11. Çekme kuvveti altında kademeli mil için çentik faktörünün YSA modelindeki hata miktarları

Gerçek Değerler	YSA Değerleri	RMS	R^2	OYH
1,678	1,677972	0,000028	0,999984	0,001649
1,550	1,550944	0,000944	0,999391	0,060891
1,508	1,505348	0,002652	0,998238	0,175855
1,452	1,454706	0,002706	0,998136	0,186020
1,408	1,407166	0,000834	0,999407	0,059229
1,286	1,285678	0,000322	0,999749	0,025063
1,220	1,220270	0,000270	0,999779	0,022123
1,200	1,201729	0,001729	0,998559	0,143873
1,200	1,198496	0,001504	0,998745	0,125336
1,714	1,714155	0,000155	0,999910	0,009037
1,626	1,625694	0,000306	0,999812	0,018829
1,457	1,457564	0,000564	0,999613	0,038675
1,400	1,399543	0,000457	0,999674	0,032637
1,364	1,363737	0,000263	0,999807	0,019285
1,340	1,337516	0,002484	0,998143	0,185351
1,314	1,317015	0,003015	0,997706	0,228917
1,292	1,289424	0,002576	0,998002	0,199393
1,270	1,273442	0,003442	0,997290	0,270287
1,250	1,248193	0,001807	0,998552	0,144591
2,200	2,199726	0,000274	0,999875	0,012471
2,125	2,125419	0,000419	0,999803	0,019711
2,020	2,020168	0,000168	0,999917	0,008323
1,866	1,864451	0,001549	0,999169	0,083020
1,766	1,767757	0,001757	0,999005	0,099397
1,624	1,626908	0,002908	0,998209	0,178733
1,588	1,582243	0,005757	0,996362	0,362504
1,496	1,498847	0,002847	0,998097	0,189946
1,372	1,371942	0,000058	0,999958	0,004243
1,342	1,342008	0,000008	0,999994	0,000568
1,325	1,325015	0,000015	0,999989	0,001138
1,296	1,296007	0,000007	0,999995	0,000508
2,522	2,521993	0,000007	0,999997	0,000277
2,400	2,400007	0,000007	0,999997	0,000277
2,235	2,234995	0,000005	0,999998	0,000208
2,086	2,086006	0,000006	0,999997	0,000275
1,970	1,970011	0,000011	0,999995	0,000542
1,893	1,893001	0,000001	1,000000	0,000028

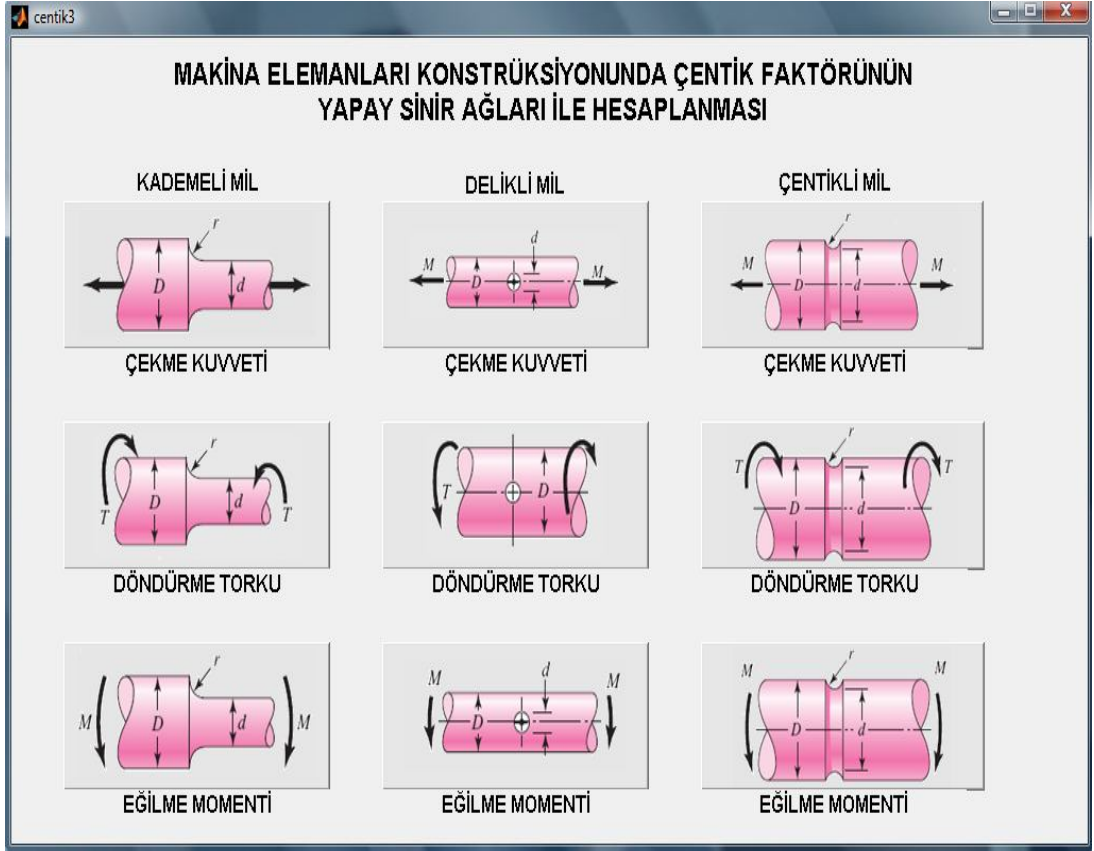
4.2. Programı Arayüz ile Yapılandırma

Şekil 7.10'de görüldüğü gibi yapılmaya çalışılan YSA hesaplama programında kullanması düşünülen Push Buttonlar, Radio Buttonlar, Edit Textler, static Textler ekrana çizilir.

Bu bileşenlerin isimleri değiştirilir. Matlab programının otomatik olarak verdiği isimlere kullanmak istediğimiz isimler atanır. (Radio Button yerine 'BASMA KUVVETİ' gibi) Bu isimler istenilen yazı tipi boyutuna, istenilen yazı tipine ve rengine getirmek için bileşenin üzerine iki defa tıklanır. Bu işlem yapıldığında bileşenin karakter özellikleri ekrana gelir ve istenilen değişiklikler yapılır.

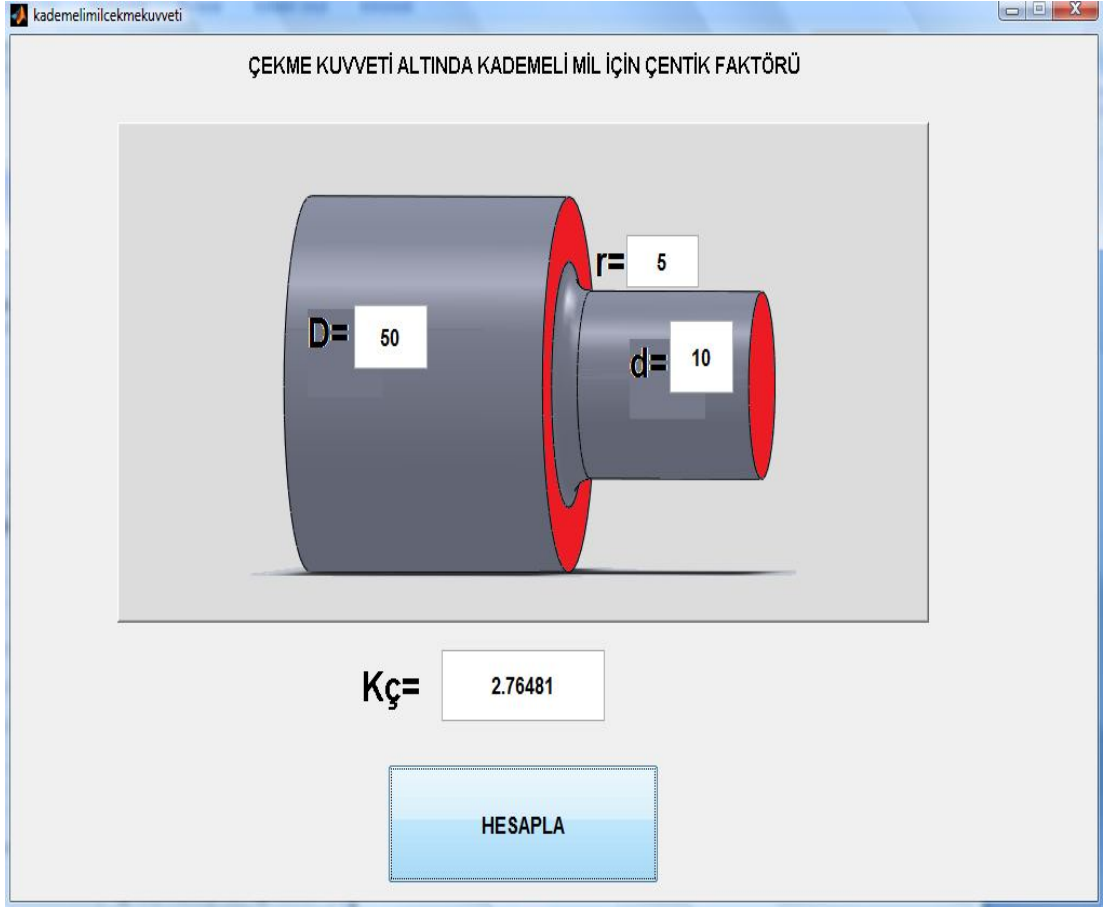
Üzerinde Resim yada çizim olmasını istediğimiz Bileşenin üzerine mouse yardımı ile sağ tıklandığında View Callbacks komutundan CreateFcn komutuna tıklanır. Böylece komut satırına geçildiğinde resim atamak için komut yazacağımız satır aktif hale gelir. Bu komutu aktif hale getirmeden bu ekrandan çıkıldığı zaman bu bileşene resim ya da şekil atanamaz. Bileşenlerin boyutlarına istediğimiz ölçülerde mouse yardımı ile ayarlanır.

GUIDE untitled.fig arayüzünde istenilen tüm işlemler yapıldığından emin oluduktan sonra bu arayüz bilgisayara kaydedilir.



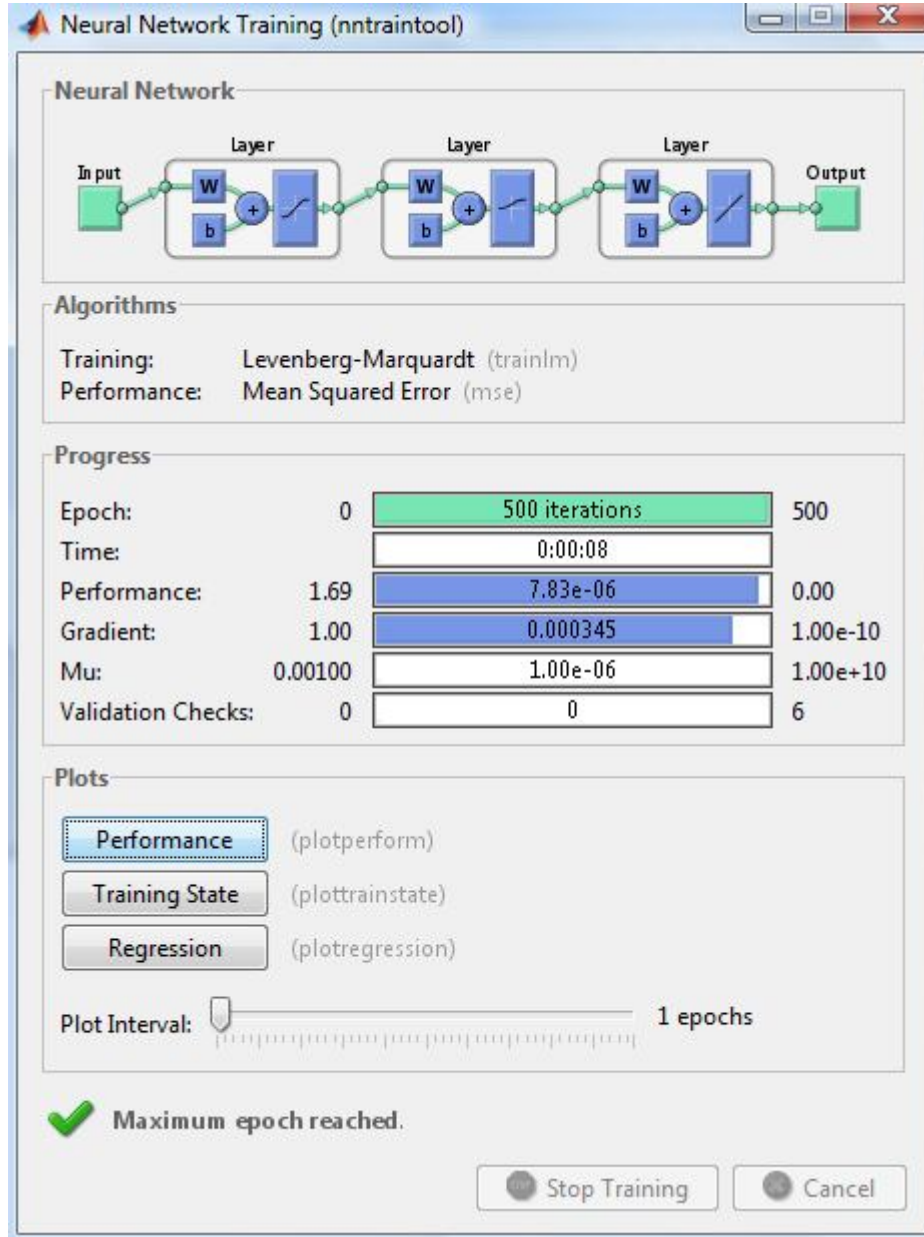
Şekil 4.3. Makina elemanları tasarımında çentik faktörünün yapay sinir ağı ile hesaplanması programı ana arayüzü

Bu arayüz hazırlandıktan sonra Şekil 4.4'deki alt arayüzde yukarıdaki yöntemler kullanılarak hazırlanır. Buradaki amaç bu arayüzdeki seçilen kombinasyona basılarak bir sonraki arayüze geçilmesi ve orada değerlerin girilmesidir.



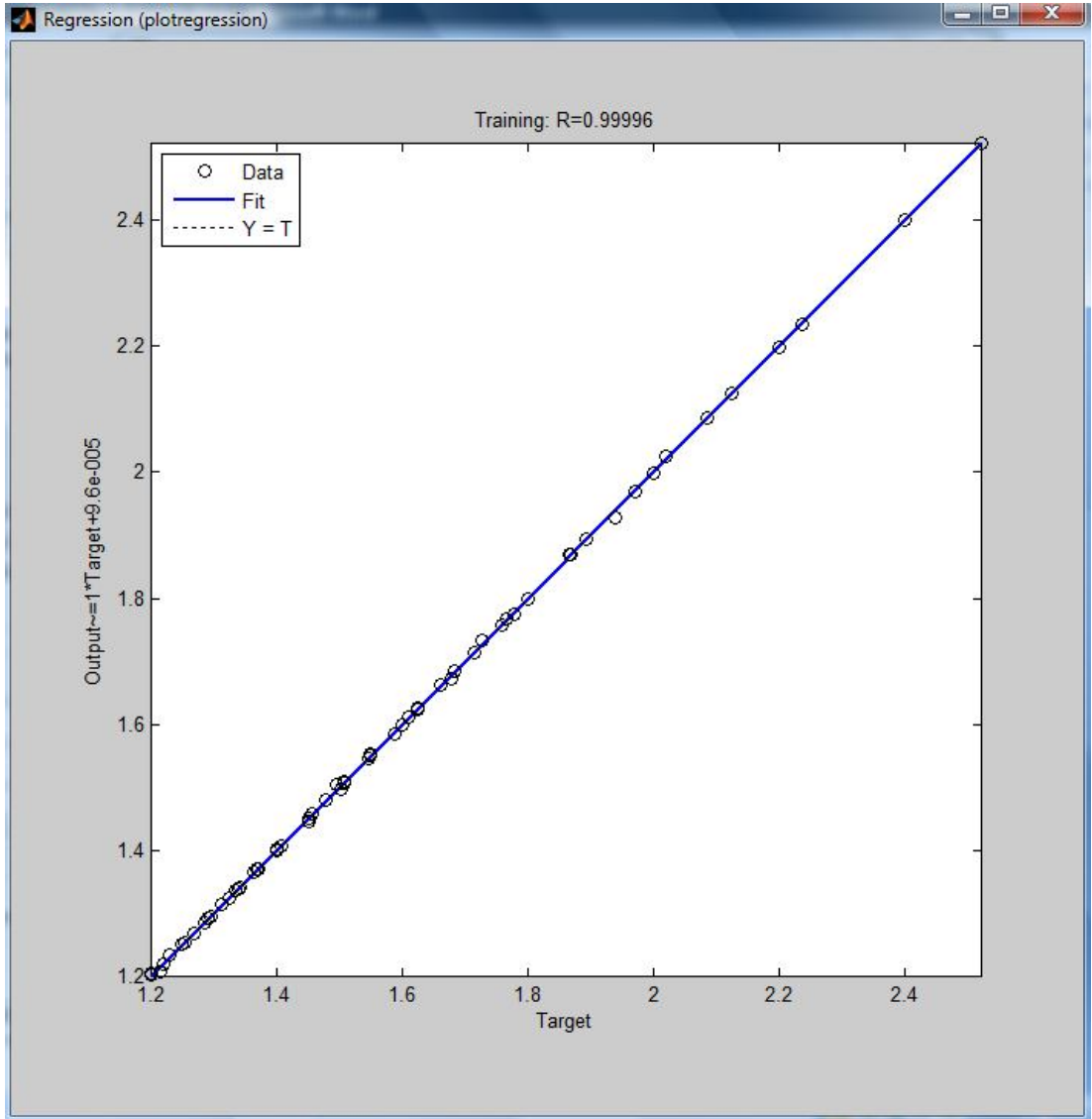
Şekil 4.4. Makina elemanları tasarımında çentik faktörünün yapay sinir ağı ile hesaplanması programı arayüzü

Burada milin büyük çap küçük çap ve r kavis değerleri girilerek hesaplama butonuna basılır. Ekranı Neural Network Training ekranı gelir. (Şekil 4.5) Bu ekranda yapılan bağ yapısı, öğrenme fonksiyonu ve interaksyon değerlerine göre sistem çalışır sonuç olarak hesaplama ekranına YSA sisteminin bulduğu sonuç yazılır.



Şekil 4.5. Eğitim arayüzü

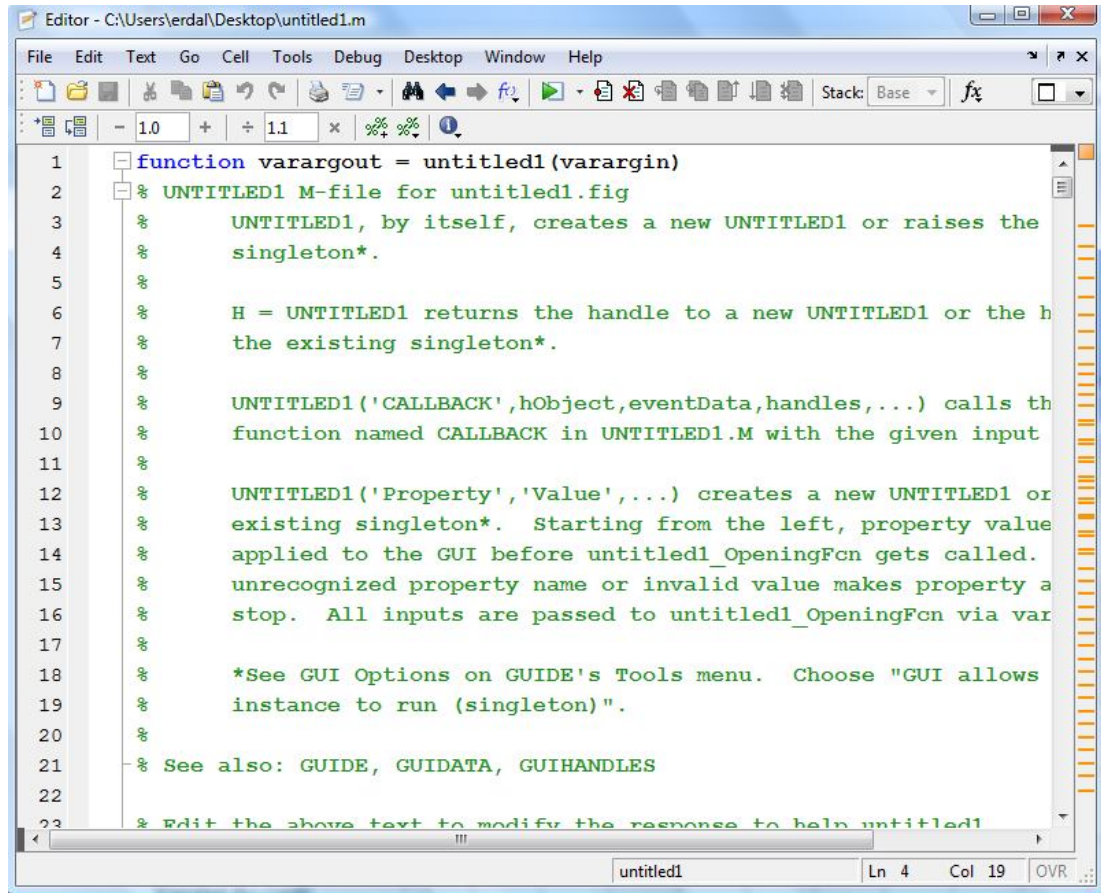
Bu ekran işlemini yaptıktan sonra regression düğmesine basıldığında sistemin öğrenme eğrisi ve hata oranı görülür. (Şekil 4.6) Bu eğrinin alt köşesinden üst köşesine kadar olan eğrinin etrafında toplanan noktalar sisteme verilen deney sonuçlarıdır. Bu sonuçlar köşe eğrisine ne kadar çok yakın veya üzerinde ise öğrenme o kadar iyi olmuştur diyebiliriz. Şekil 4.6'e bakıldığında öğrenme oranının 0.99996 olduğu okunur.



Şekil 4.6. Sapmalar arayüzü

4.3. MATLAB Kod Yazma Ortamının Yazılması

Untitled.fig arayüzü bilgisayarımıza kaydettiğimiz anda bu arayüze bağlı olarak aynı isimli .m uzantılı bir Kod yazma ortamı oluşur. (Şekil 4.7)



Şekil 4.7. Komut yazma ortamına geçiş

Bu komut yazma ortamı bileşenlerin istenilen gibi çalışmasının sağlandığı, kodlamaların yapıldığı ortamdır. Bileşenlerin seçili olup olmaması durumuna göre yazılan komut satırı aşağıda verilmiştir;

```

rb2=findobj(gcf,'Tag','radiobutton2');
set(rb2,'value',0);

```

Bu kod ile **radiobutton2** bileşeninin 0 olma, yani seçili olmama durumu gösterilir. Bu komut aşağıda verilen gerekli radiobuttonların callback fonksiyonlarının altına yazılır.


```
function radiobutton2_Callback(hObject, eventdata,  
handles)
```

Bileşenlere resim ekleme için resim eklemek istediğimiz bileşenin pushbutton2_CreateFcn fonksiyonunun altına aşağıdaki komut satırları yazılır.

```
A=imread('F:\delikli.jpg');  
set(hObject,'CData',A);
```

Buradaki A resmine yazılımda verilen isim 'F:\delikli.jpg' ise bilgisayarda resmin olduğu yer ve isimi gösterir. “Set” komutu ise uygulamanın yapılmasını isteyen komuttur. Bu komut satırı, resim olması istenilen bütün bileşenlerin CreateFcn fonksiyonunun altına yazılır.

YSA bağı oluşturmak içinde aşağıdaki komut satırı yazılır.

```
net=newff([2      52;2.04      78;0.05      15.6],[3      3  
1],{'tansig','logsig','purelin'},'trainlm');
```

Bu komutta newff yapay sinir ağı modeli seçilerek Bir ileri beslemeli geri yayılım ağı (The feed-forward backpropagation network) oluşturulur. Ayrıca bu komut satırında trainlm komutu eğitimin geriye yayımlı olduğunu gösteren komuttur.

Katmanların transfer fonksiyonları da 'tansig','logsig','purelin' olarak alınır. Yani mutlak değerli katman transfer komutları alınmaz. Böylelikle hata oranı çok küçültülür.

Bağ yapısı olarak 3 3 1 alınır. Yani 3 katmandan oluşturulmuş giriş katmanında 3, arakatmanda 3, çıkış katmanında 1 neron bulunur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada millerin boyut ölçüleri, çentiklerin şekil ve üzerine gelen baskı kuvvetlerinin çeşidi parametrelerinin çentik katsayısı üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Shigley's Mechanical Engineering Design kitabından alınan tablolar incelenmiş ve i. Hüseyin FİLİZ 'in kitabından alınan tablolamış deney sonuçları ile karşılaştırılmış olup tezimize yön veren sonuçlar olarak alınmıştır [40-41]. Hüseyin FİLİZ'in kitabından faydalanmamızın sebebi bu kitaptaki tabloların, Shigley's Mechanical Engineering Design kitabında olan grafiklerden faydalanılarak yapılmış olmasıdır. Bu iki kitaptan faydalanılarak alınan sonuçlar ile daha sonra matlab programında bir yazılım hazırlanmıştır. Bu yazılıma arayüz eklenerek görsellik ve ulaşım kolaylığı sağlanmıştır.

MATLAB programında YSA ile yapılan yazılımından elde edilen deney sonuçlarından şu sonuçlara varılır:

Daha önce çentik faktörü bulunurken bazı olumsuzluklar ile karşılaşılıyordu. Öncelikle çeşitli grafikler incelenerek çentik faktörüne ulaşılabilirdi. Belirli oranların dışında mil ölçülerimiz varsa çentik faktörüne ulaşmamız çok zor oluyordu. Oransız ulaşılan sonucun ise doğru olup olmadığı tartışılır. Oranı tutturduk diyelim beklide grafiğin dışında bir mil ölçülerimiz olabilir bu durumda da ulaştığımız çentik faktörü değeri doğru değeri olmaması sonucu olabilir.

Sonuç olarak yazılan bu yazılım sayesinde çentik faktörüne kolayca ulaşılabilir. Hesap hatalarının önüne geçilir. Grafiklerdeki oranların dışındaki

mil ölçülerinde de doğru sonuca hızlıca varılabilir. Grafiklerin dışında kalan mil ölçülerinin çentik faktörü değerlerine de ulaşılabilir.

MATLAB'da YSA yapmanın daha rahat daha kolay ve programcının her noktada katıldığı geri dönüşümlü olduğu ve hangi bağ yapısına sahip olduğu açıkça görülür. Bu programlamada ileri beslemeli ysa ve geri yayımlı eğitim modeli seçilmiştir

Hazırladığımız YSA programında 3 katman, 1 gizli katman ve her katmanda 5 veya 7 nöron kullanılarak oluşturulmuş ağ yapısı ile en iyi sonuçlar alınır. CGP algoritması ile oluşturulan ağın test verileri, hata oranları dikkate alındığında elde edilen hata oranları 0,92 ile 0,98 arasında olarak elde edilir.

5.2. Öneriler

Çentik faktörünün hesaplanması ile ilgili ileride yapılması önerilebilecek çalışmalar;

- 1) Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, mukavemet hesaplama işlemleri yapılacak farklı yerlere aktarılabilir.
- 2) Çentik faktörü ile ilgili daha fazla deney sonuçları eklenerek programlama işlemleri yeniden yapılabilir.
- 3) Farklı malzemeler üzerinde de deneyler yapılarak çentik faktörü etkisi araştırılabilir.
- 4) Bu konuda yapılan çalışmalarda elde edilen deney sonuçları bir araştırmada toplanarak tekrar bir programlama işlemi yapılabilir.

- 5) Millerde farklı kuvvetler aynı anda verilerek deney sonuçları incelenebilir.
- 6) Sadece miller ile sınırlanmayıp, sac malzemelerde, döküm malzemelerde, değişik geometri ve boyutlardaki parçalarda da incelenebilir.

KAYNAKLAR

1. Doğrusadık, A. “Çentikli Parçaların Yorulma Ömürlerinin Saptanmasında Kullanılan Yöntemlerin Deneysel Tahkiki”, **İstanbul Teknik Üniversitesi**, İstanbul, 1-2 (2009).
2. McClintock, F. “A criterion of ductile fracture by the growth of holes”, **J Appl Mech**, 35: 363–71 (1968).
3. Rice, J., Tracey, D. “On the ductile enlargement of voids in triaxial stress fields”, **J Mech Phys Solids**, 17:201–17 (1969).
4. Hancock, J., Mackenzie, A. “On the mechanisms of ductile failure in high-strength steels subjected to multi-axial stress-states”, **J Mech Phys Solids** 24:69-147 (1976).
5. Bridgman, P. “Studies in large plastic flow and fracture”, Cambridge, MA: **Harvard University Press**; 3-5 (1952).
6. Hancock, J., Brown, D., “On the role of strain and stress state in ductile Failure”, **Journal of the Mechanics and Physics of Solids**, 31 (1): 1-24 (1983).
7. Öztemel, E., “Yapay Zeka Teknolojisi Otomasyon”, **Papatya Yayıncılık**, 46, (2003).
8. Baldwin, J., "Fuzzy Logic and Fuzzy Reasoning", **Int. J.Man-Machine St.** 11 (1979).
9. Korner, S. Laws of thought. In: Encyclopedia of Philosophy, Vol. 4. MacMillan, Lagacherie, P., Cazemier, D. R., vanGaans, P. F. M. And **New York**, 414-417 (1967).
10. McBratney, A., Odeh, I. O. A., “Application of fuzzy sets in soil science: Fuzzy logic, fuzzy measurements and fuzzy decisions”, **Geoderma**, 113 (1997).
11. Lejewski, C. Jan Lkasiewicz. “In: Encyclopedia of Philosophy”, Vol. 4. **MacMillan**, New York, 104 (1967).
12. Akyürek, Z., Okalp, K., “A fuzzy-based tool for spatial reasoning: A Case study on soil hazard prediction. 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences”, **Edited by M. Caetano and M.Painho**, 3 (2006)

13. Baykal, N., Beyan, T. "Bulanık Mantık Uzman Sistemler ve Denetleyiciler". ISBN: 975-8695-09-6, Ankara.(2004).
14. Klein, L., "Sensor and Data Fusion Concepts and Applications. SPIE Optical Engineering", Press Bellingham, WA, 3 (1999).
15. Özkan, E. M., "Fuzzy Mantıkta Yaklaşık Usavurma ve Bir Probleme Uygulanması", **Yıldız Teknik Ün. Fen Bil. Enst. Mat. Müh. Anabilim Dalı**, Doktora Tezi, ISBN:975-461-119-X, İstanbul (2001).
16. Zadeh, L. A., "Making computers think like people", **IEEE Spectrum** August, 26 (1984).
17. Özkan, M. M., "Bulanık Hedef Programlama", **EKİN Kitapevi**, Bursa, (2003).
18. Şen, Z., "Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri" ISBN:975-8509-23-3, İstanbul (2001).
19. Zadeh, L. A., "A note on web intelligence, world knowledge and fuzzy logic", *Data & Knowledge Engineering*, 50 (2004).
20. Metternicht, G., Gonzalez, S., "FUERO: foundations of a fuzzy exploratory model for soil erosion hazard prediction", **Environmental Modelling & Software**, 20 (2005).
21. Efe, M. Ö., Kaynak, O., "Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları", **Boğaziçi Üniversitesi Yayınları**, İstanbul, 3:1 (2000).
22. Öztemel, E., "Yapay Sinir Ağları", **Papatya Yayıncılık**, 29-166 (2003).
23. Elmas, Ç., "Yapay Sinir Ağları", **Seçkin Yayıncılık**, Ankara 27-37 (2003).
24. Mehra Pankaj W. B., "Artifisal Neural Networks Concepts and Theory", **IEEE Computer Society Press**, Washington, 45 (1992).
25. Arslan, A., İnce, R., "The neural network approximation to the size effect in fracture of cementitious materials", **Engineering Fracture Mechanics**, 54 (1996).
26. Yao, X., "Evolving artificial neural Networks", **Proceedings of the IEEE**, 87 (1999).
27. Kohonen T. Self "Organization and associative memory", **Springer Verlag**, New York, 1 (1984).

28. Grossberg, S., "Adaptive pattern classification and universal recoding I: paralel development and coding of neural feture detectors", ***Biological Cybernetics***, 23 : 121-134 (1976).
29. Bozacı, A., "Makine Elemanlarının Projelendirilmesi", ***Seç Yayın Dağıtım***, İstanbul 1-6 (1995).
30. Akkurt, M., "Makine Elemanları", ***Birsen Yayın Evi Ltd. Şti. Seç Yayın Dağıtım***, İstanbul 29 (2005).
31. Koç, E., "Makine Elemanları", ***Nobel Kitapevi***, Adana 47 (2004).
32. Can, A. Ç., "Makine Elemanları Tasarımı", ***Birsen Yayın Evi***, İstanbul 43 (2006).
33. Kocakoç, İ. D., "Matlab ve İstatistiksel Veri Analizi", ***Nobel Yayınevi*** Ankara, 1 (2007).
34. İnternet : www.mathworks.com (Erişim Tarihi : Aralık 2010).
35. Uzunoğlu, M., "Matlab İle Risk Yönetimi", ***Türkmen Kitapevi***, İstanbul, 1 (2005).
36. İnan, A., "Matlab ve Programlama", ***Papatya Yayıncılık***, İstanbul Mart, 13 (2004).
37. İnternet : www.matlabcentral.com (Erişim Tarihi: Aralık 2010).
38. İbrahim, D., "MATLAB", ***Bilişim Yayınları***, İstanbul, 1 (2003).
39. Gündoğdu, Ö. Kopmaz O. Ceviz, M.A., "Mühendislik ve Fen Uygulamalarıyla MATLAB", ***Paradigma Akademi***, Bursa 57 (2003).
40. Filiz, İ. H., "Problems on the design of machine elements" ***Gaziantep Üniversitesi***, Gaziantep, 417-424 (2000).
41. McGraw, H., "Shigley's Mechanical Engineering Design", Amerika Birleşik Devletleri 1003-1005 (2006)

EKLER

EK-1 Millerde çentik faktörü ile ilgili çeşitli çizelgeler

	D/d=1,02	D/d=1,05	D/d=1,15	D/d=1,50
r/d	Kt	Kt	Kt	Kt
0,025	2,150	2,675	-	-
0,040	1,945	2,400	3,000	-
0,050	1,835	2,230	2,703	-
0,057	1,780	2,142	2,600	3,000
0,065	1,730	2,054	2,472	2,800
0,075	1,680	1,972	2,340	2,565
0,087	1,620	1,880	2,220	2,478
0,100	1,576	1,814	2,120	2,350
0,112	1,540	1,760	2,035	2,240
0,125	1,516	1,714	1,967	2,154
0,137	1,480	1,675	1,906	2,070
0,150	1,460	1,642	1,857	2,000
0,163	1,445	1,615	1,812	1,945
0,175	1,430	1,582	1,770	1,900
0,200	1,400	1,538	1,708	1,800
0,225	1,384	1,494	1,660	1,736
0,250	1,362	1,460	1,610	1,675
0,275	1,330	1,428	1,554	1,620
0,300	1,320	1,400	1,516	1,570

EK-1 (Devamı) Millerde çentik faktörü ile ilgili çeşitli çizelgeler

Çizelge1.2. Döndürme kuvveti altında oluklu mil için çentik faktörü

	D/d=1,02	D/d=1,05	D/d=1,3
r/d	K _t	K _t	K _t
0,017	-	-	2,600
0,021	-	-	2,400
0,025	1,570	1,800	2,230
0,034	1,500	1,670	2,010
0,041	1,450	1,600	1,900
0,050	1,412	1,533	1,800
0,057	1,373	1,483	1,714
0,066	1,346	1,445	1,648
0,075	1,318	1,406	1,600
0,087	1,285	1,368	1,530
0,100	1,258	1,338	1,484
0,112	1,241	1,318	1,445
0,125	1,225	1,296	1,412
0,150	1,200	1,270	1,368
0,200	1,164	1,220	1,296
0,250	1,148	1,200	1,248
0,300	1,130	1,173	1,200

EK-1 (Devamı) Millerde çentik faktörü ile ilgili çeşitli çizelgeler

Çizelge 1.3. Eğilme Kuvveti Altında Oluklu Mil İçin Çentik Faktörü

	D/d=1,02	D/d=1,05	D/d=1,5
r/d	K _t	K _t	K _t
0,025	2,082	2,552	-
0,034	1,928	2,350	3,000
0,040	1,835	2,234	2,720
0,050	1,767	2,077	2,520
0,058	1,710	1,975	2,400
0,068	1,650	1,889	2,244
0,075	1,620	1,840	2,144
0,086	1,575	1,767	2,040
0,100	1,524	1,696	1,940
0,112	1,486	1,651	1,872
0,125	1,464	1,618	1,806
0,137	1,440	1,580	1,750
0,150	1,414	1,546	1,707
0,175	1,386	1,508	1,635
0,200	1,360	1,464	1,574
0,225	1,325	1,425	1,530
0,250	1,300	1,400	1,486
0,275	1,276	1,364	1,440
0,300	1,254	1,338	1,400

EK-1 (Devamı) Millerde çentik faktörü ile ilgili çeşitli çizelgeler

Çizelge 1.4. Döndürme kuvveti altında enine delikli mil için çentik faktörü

d/D	K _t
0,013	3,643
0,025	3,430
0,034	3,300
0,050	3,160
0,062	3,080
0,075	3,000
0,100	2,910
0,125	2,840
0,150	2,790
0,175	2,740
0,200	2,708
0,225	2,680
0,250	2,650
0,275	2,640
0,300	2,630

EK-1 (Devamı) Millerde çentik faktörü ile ilgili çeşitli çizelgeler

Çizelge 1.5. Eğilme kuvveti altında enine delikli mil için çentik faktörü

d/D	K _t	d/D	K _t
0,000	3,000	0,125	2,180
0,011	2,800	0,137	2,150
0,020	2,720	0,150	2,120
0,025	2,670	0,162	2,080
0,031	2,600	0,175	2,060
0,038	2,560	0,187	2,040
0,050	2,480	0,200	2,020
0,063	2,400	0,225	1,980
0,075	2,350	0,237	1,960
0,087	2,300	0,250	1,950
0,100	2,250	0,275	1,940
0,112	2,200	0,300	1,880

EK-1 (Devamı) Millerde çentik faktörü ile ilgili çeşitli çizelgeler

Çizelge 1.6. Çekme kuvveti altında r yarıçap filetolu mil için çentik faktörü

	D/d=1,02	D/d=1,05	D/d=1,1	D/d=1,5
r/d	K _t	K _t	K _t	K _t
0,025	1,800	-	-	-
0,028	1,728	-	2,200	-
0,031	1,678	2,000	2,125	-
0,037	1,610	1,868	2,020	-
0,044	1,550	1,778	1,938	2,522
0,050	1,508	1,714	1,866	2,400
0,062	1,452	1,626	1,766	2,235
0,075	1,408	1,550	1,684	2,086
0,088	1,370	1,502	1,624	1,970
0,100	1,336	1,457	1,568	1,893
0,125	1,286	1,400	1,496	1,760
0,150	1,254	1,364	1,452	1,662
0,175	1,230	1,340	1,400	1,600
0,200	1,220	1,314	1,372	1,546
0,250	1,216	1,292	1,342	1,508
0,275	1,200	1,270	1,325	1,480
0,300	1,200	1,250	1,296	1,452

EK-1 (Devamı) Millerde çentik faktörü ile ilgili çeşitli çizelgeler

Çizelge 1.7. Eğilme kuvveti altında r yarıçap filetolu mil için çentik faktörü

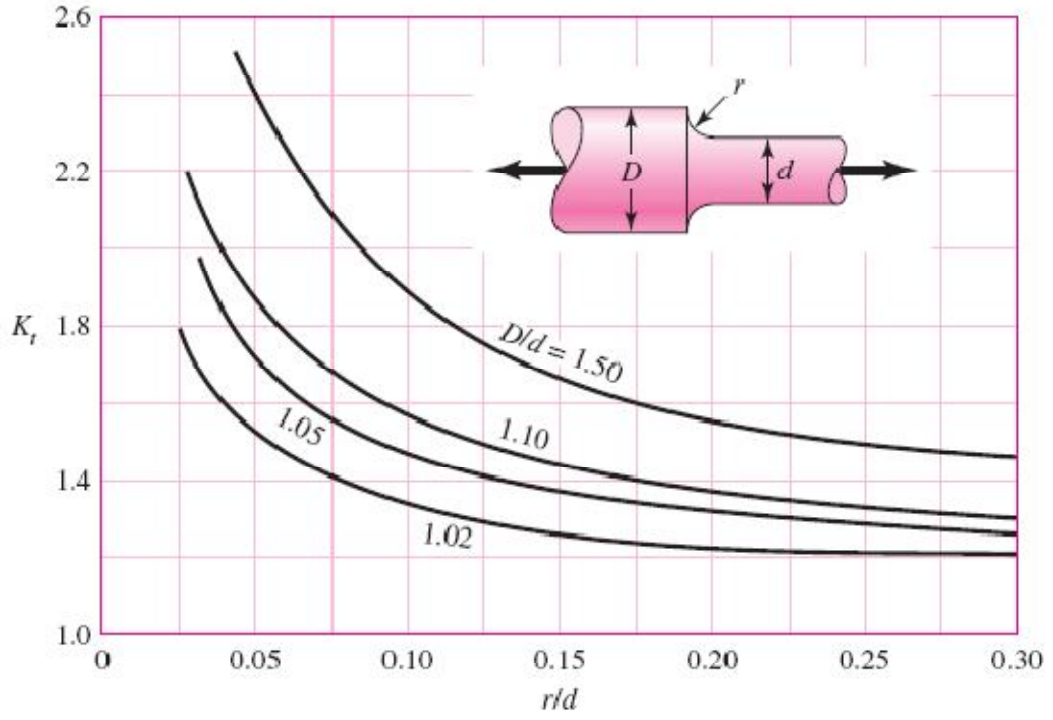
	D/d=1,02	D/d=1,05	D/d=1,1	D/d=1,5	D/d=3
r/d	K _t	K _t	K _t	K _t	K _t
0,012	2,290	2,553	2,700	-	-
0,017	2,120	2,378	2,500	3,000	-
0,021	2,000	2,240	2,366	2,774	3,000
0,025	1,926	2,134	2,260	2,600	2,862
0,036	1,760	1,936	2,046	2,310	2,600
0,050	1,644	1,782	1,865	2,060	2,310
0,062	1,574	1,700	1,750	1,925	2,140
0,075	1,518	1,628	1,688	1,800	1,986
0,087	1,472	1,563	1,630	1,728	1,880
0,100	1,440	1,534	1,580	1,660	1,804
0,125	1,380	1,468	1,500	1,584	1,684
0,150	1,330	1,412	1,450	1,510	1,584
0,175	1,297	1,358	1,400	1,450	1,510
0,200	1,264	1,336	1,360	1,400	1,457
0,225	1,242	1,308	-	-	1,410
0,250	1,225	1,286	-	-	1,374
0,275	1,210	1,264	-	-	1,340
0,300	1,200	1,242	-	-	1,320

EK-1 (Devamı) Millerde çentik faktörü ile ilgili çeşitli çizelgeler

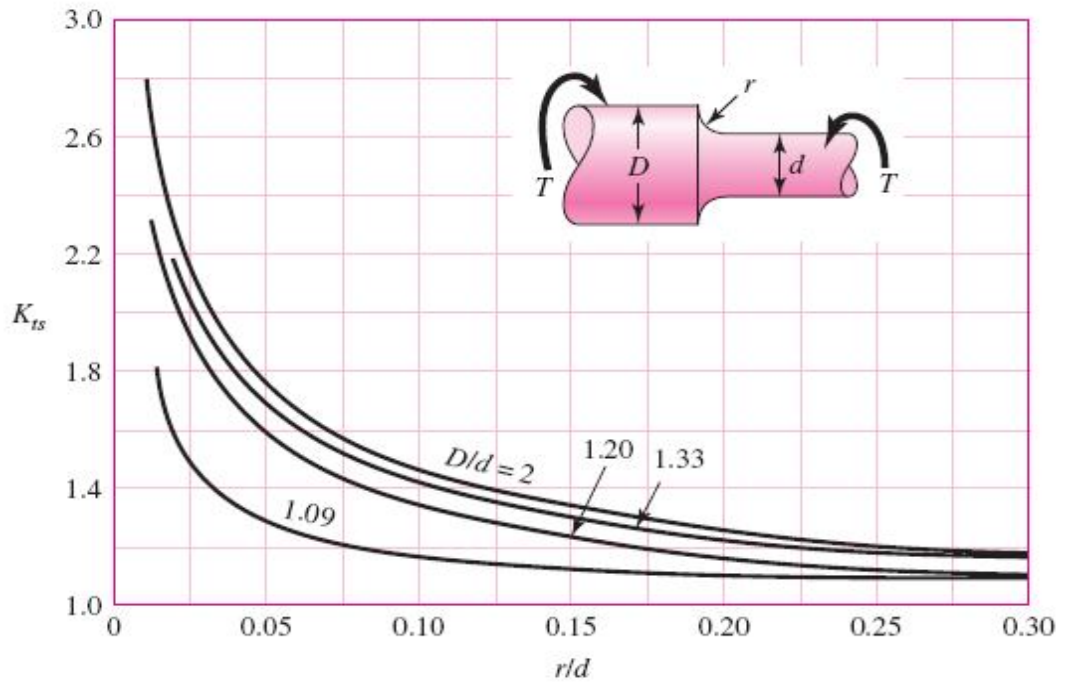
Çizelge 1.8. Döndürme kuvveti altında r yarıçap filetolu mil için çentik faktörü

	D/d=1,09	D/d=1,20	D/d=1,33	D/d=2,0
r/d	K _t	K _t	K_t	K _t
0,009	-	-	-	-
0,012	1,800	2,300	-	2,600
0,030	1,566	2,040	2,144	2,288
0,025	1,472	1,894	2,020	2,122
0,033	1,384	1,761	1,878	1,966
0,042	1,322	1,644	1,755	1,828
0,050	1,283	1,576	1,677	1,750
0,062	1,244	1,500	1,600	1,644
0,075	1,206	1,434	1,516	1,572
0,087	1,184	1,378	1,458	1,510
0,100	1,166	1,342	1,412	1,466
0,125	1,144	1,275	1,344	1,400
0,150	1,122	1,220	1,294	1,344
0,200	1,110	1,160	1,220	1,266
0,250	1,100	1,130	1,178	1,222
0,300	1,100	1,120	1,160	1,200

EK-2 Millerde çentik faktörü ile ilgili çeşitli şekiller

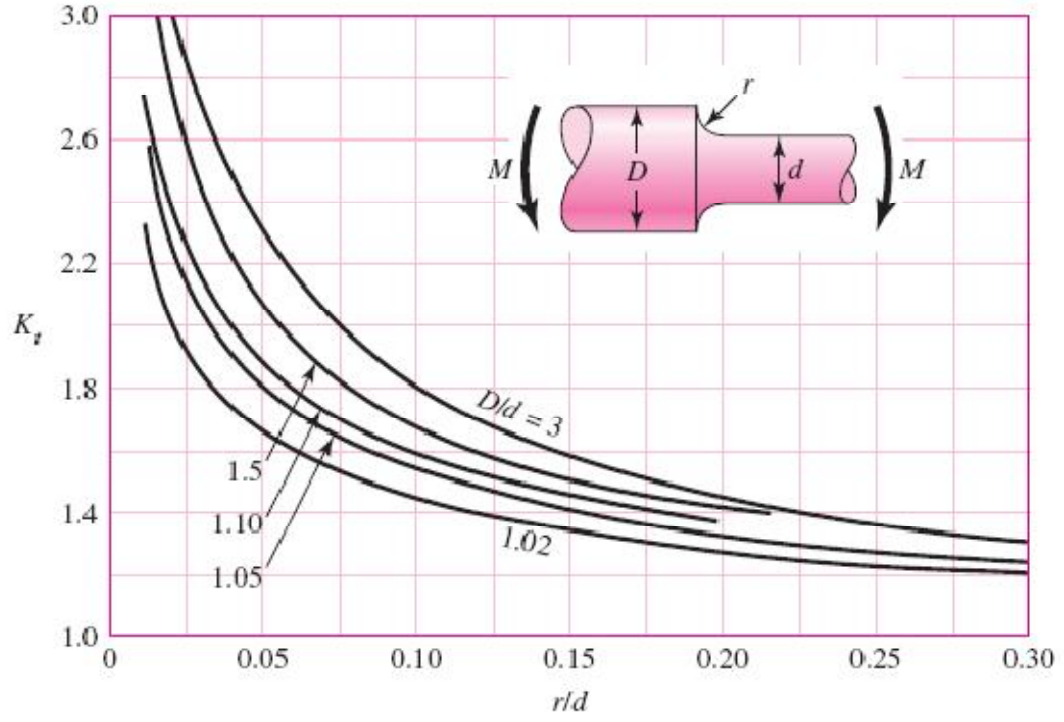


Şekil 2.1. Çekme kuvveti altında r yarıçap filetolu mil için çentik faktörü

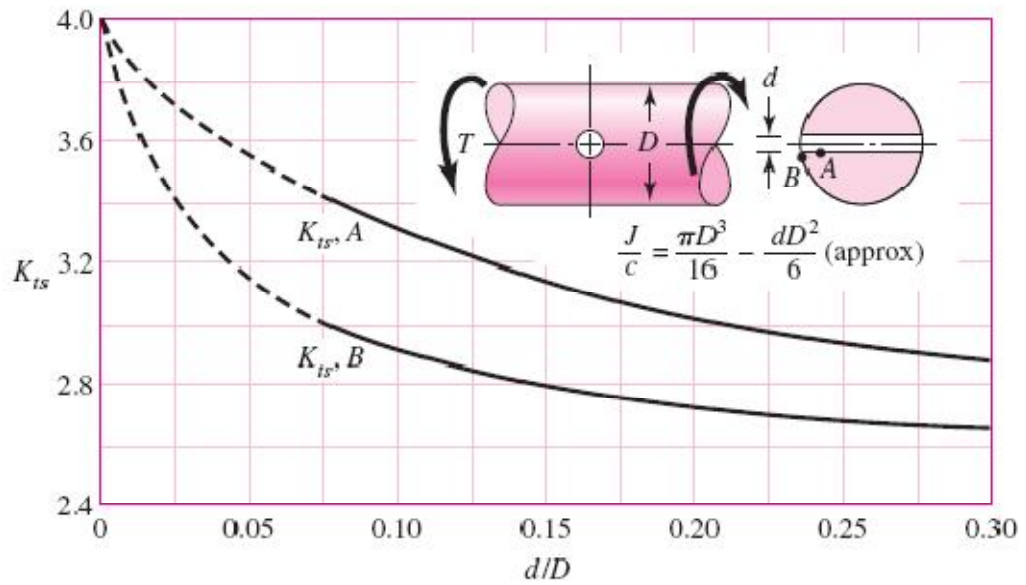


Şekil 2.2. Döndürme kuvveti altında r yarıçap filetolu mil için çentik faktörü

EK-2 (Devamı) Millerde çentik faktörü ile ilgili çeşitli şekiller

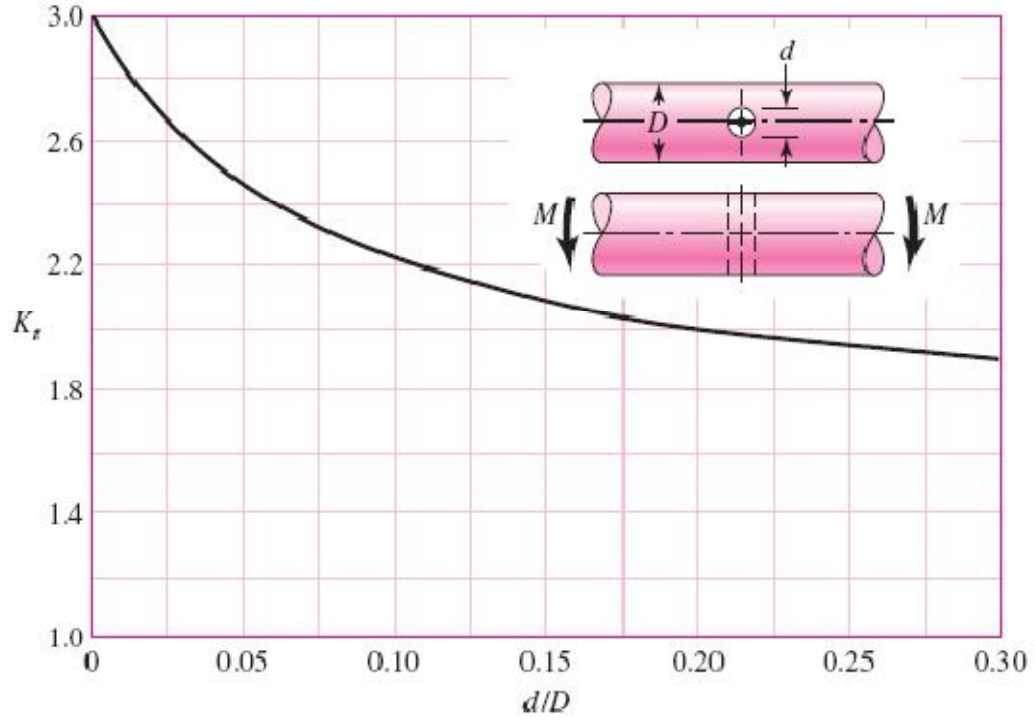


Şekil 2.3. Eğilme kuvveti altında r yarıçap filetolu mil için çentik faktörü

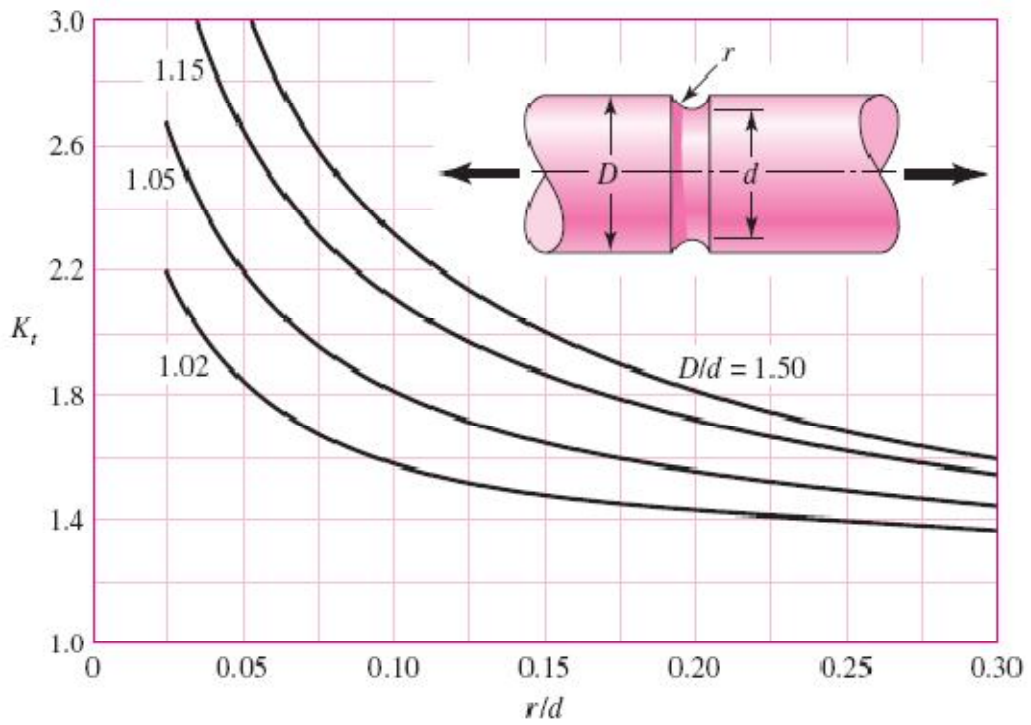


Şekil 2.4. Döndürme kuvveti altında enine delikli mil için çentik faktörü

EK-2 (Devamı) Millerde çentik faktörü ile ilgili çeşitli şekiller

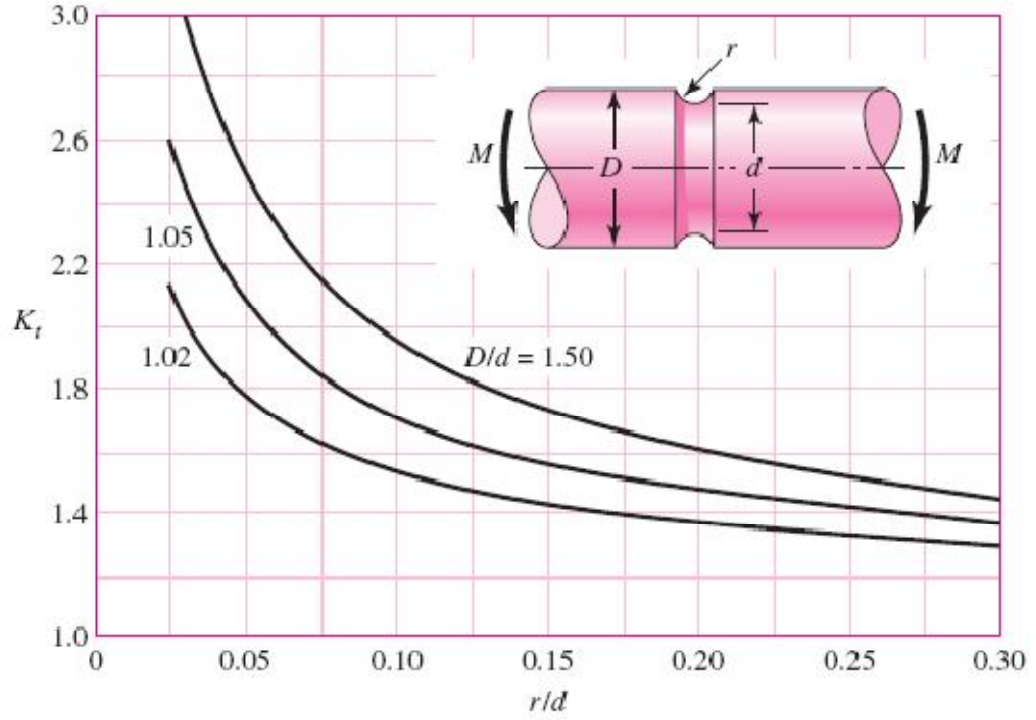


Şekil 2.4. Eğilme kuvveti altında enine delikli mil için çentik faktörü

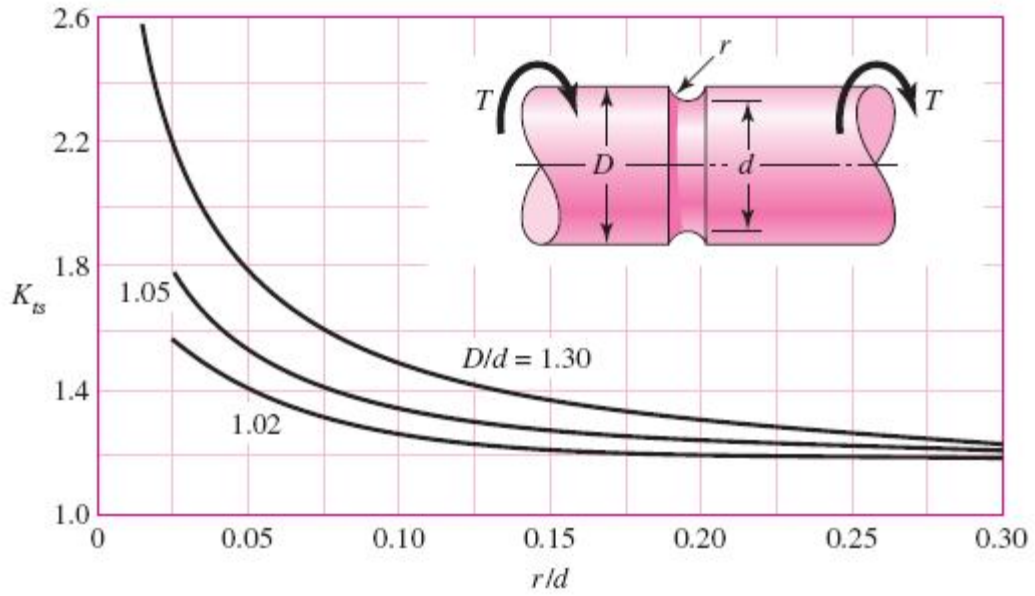


Şekil 2.5. Çekme kuvveti altında oluklu mil için çentik faktör

EK-2 (Devamı) Millerde çentik faktörü ile ilgili çeşitli şekiller

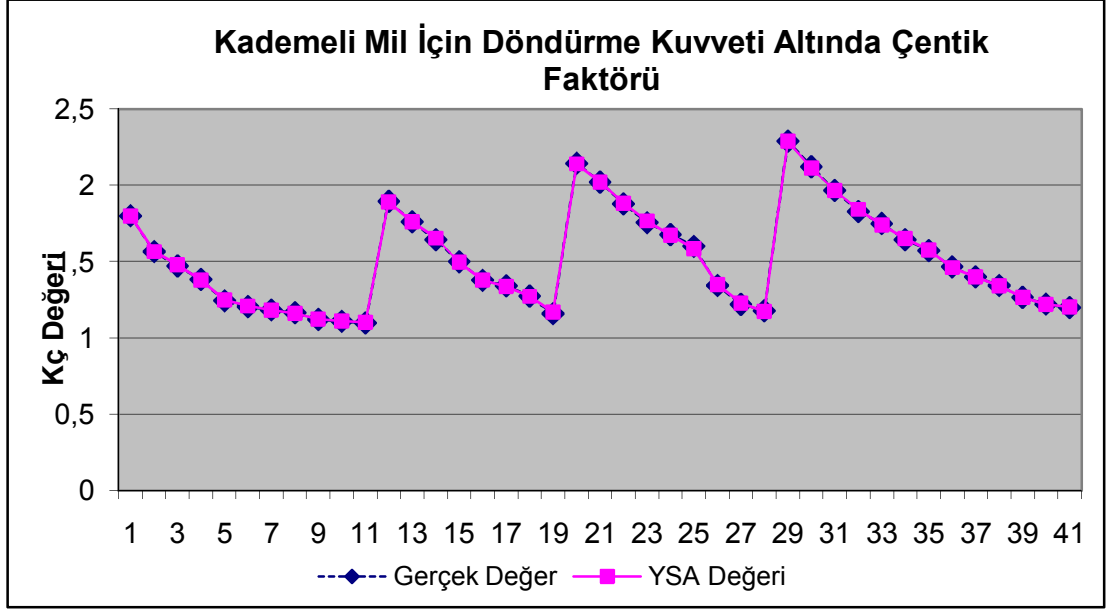


Şekil 2.5. Eğilme kuvveti altında oluklu mil için çentik faktörü



Şekil 2.6. Döndürme kuvveti altında oluklu mil için çentik faktörü

EK-3 YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap sonuçlarının karşılaştırılması



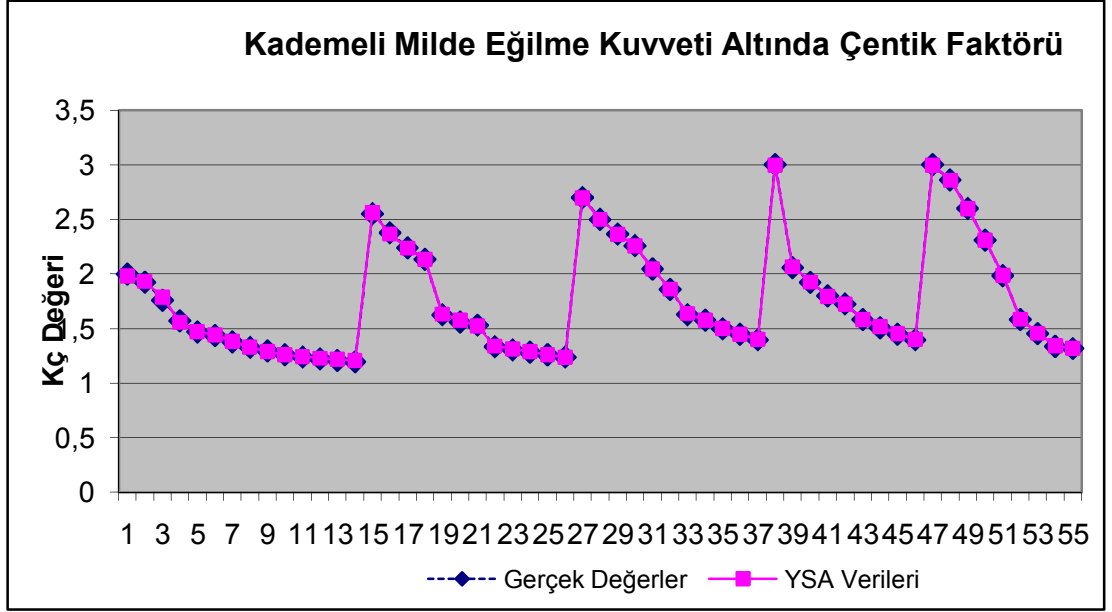
Şekil 4.3 Döndürme kuvveti altında Kademeli mil için çentik faktörünün YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap sonuçlarının karşılaştırılması

EK-3 (Devamı) YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek)
hesap sonuçlarının karşılaştırılması

Çizelge 4.4. Döndürme kuvveti altında Kademeli mil için çentik faktörünün
YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap
sonuçları

Gerçek Değerler	YSA Değerleri
1,8	1,799262071
1,566	1,565561212
1,472	1,477869363
1,384	1,37741243
1,244	1,248520717
1,206	1,20895251
1,184	1,180740798
1,166	1,158658477
1,122	1,122884527
1,11	1,109272295
1,1	1,10113288
1,894	1,889704577
1,761	1,761301127
1,644	1,653795901
1,5	1,495933408
1,378	1,379759891
1,342	1,337701835
1,275	1,271818569
1,16	1,167192123
2,144	2,140965249
2,02	2,019774003
1,878	1,883431072
1,755	1,766734761
1,677	1,671501403
1,6	1,583789559
1,344	1,349796857
1,22	1,228992168
1,178	1,173505926
2,288	2,290112154
2,122	2,113278334
1,966	1,966676008
1,828	1,842273761

EK-3 (Devamı) YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek)
hesap sonuçlarının karşılaştırılması



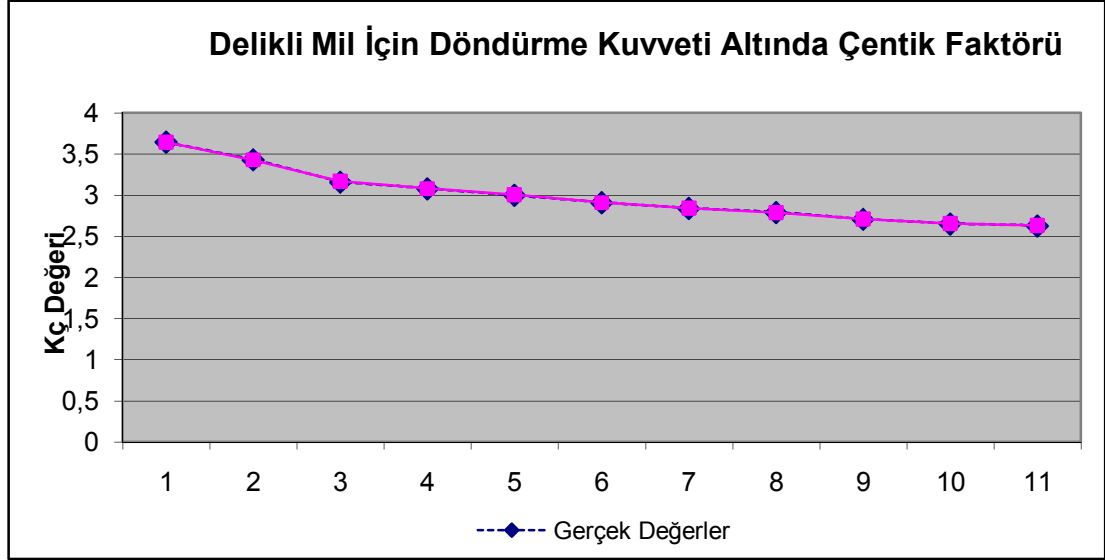
Şekil 4.4 Eğilme kuvveti altında Kademeli mil için çentik faktörünün YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap sonuçlarının karşılaştırılması

EK-3 (Devamı) YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek)
hesap sonuçlarının karşılaştırılması

Çizelge 4.5. Eğilme kuvveti altında Kademeli mil için çentik faktörünün YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap sonuçları

Gerçek Değerler	YSA Değerleri
2	1,98234
1,926	1,93124
1,76	1,78821
1,574	1,55588
1,472	1,46961
1,44	1,44116
1,38	1,38392
1,33	1,33131
1,297	1,28983
1,264	1,26081
1,242	1,24120
1,225	1,22713
1,21	1,21575
1,2	1,20545
2,553	2,56230
2,378	2,36666
2,24	2,23699
2,134	2,13278
1,628	1,63244
1,563	1,57798
1,534	1,52257
1,336	1,33782
1,308	1,31196
1,286	1,28613
1,264	1,26041
1,242	1,23508
2,7	2,70054
2,5	2,50110
2,366	2,36576
2,26	2,25591
2,046	2,04848

EK-3 (Devamı) YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek)
hesap sonuçlarının karşılaştırılması

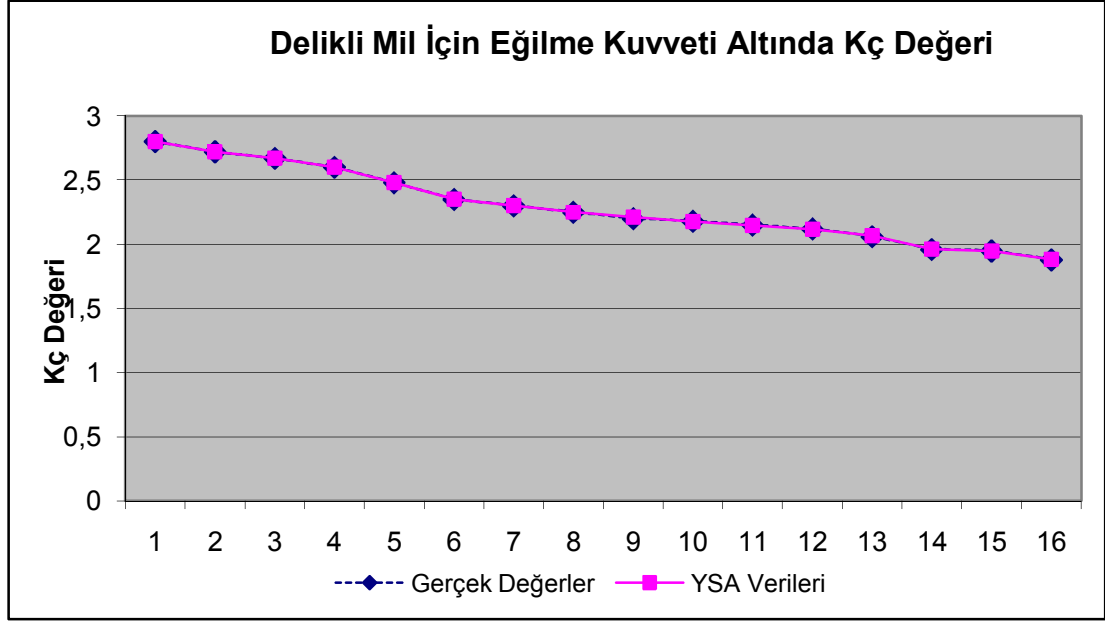


Şekil 4.5. Döndürme kuvveti altında delikli mil için çentik faktörünün YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap sonuçlarının karşılaştırılması

Çizelge 4.6. Döndürme kuvveti altında delikli mil için çentik faktörünün YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap sonuçları

Gerçek Değerler	YSA Değerleri
3,643	3,64318887
3,43	3,428132937
3,16	3,164461485
3,08	3,078572473
3	3,001509739
2,91	2,907083349
2,84	2,840068065
2,79	2,787786985
2,708	2,708826325
2,65	2,651269169
2,63	2,629962253

EK-3 (Devamı) YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek)
hesap sonuçlarının karşılaştırılması

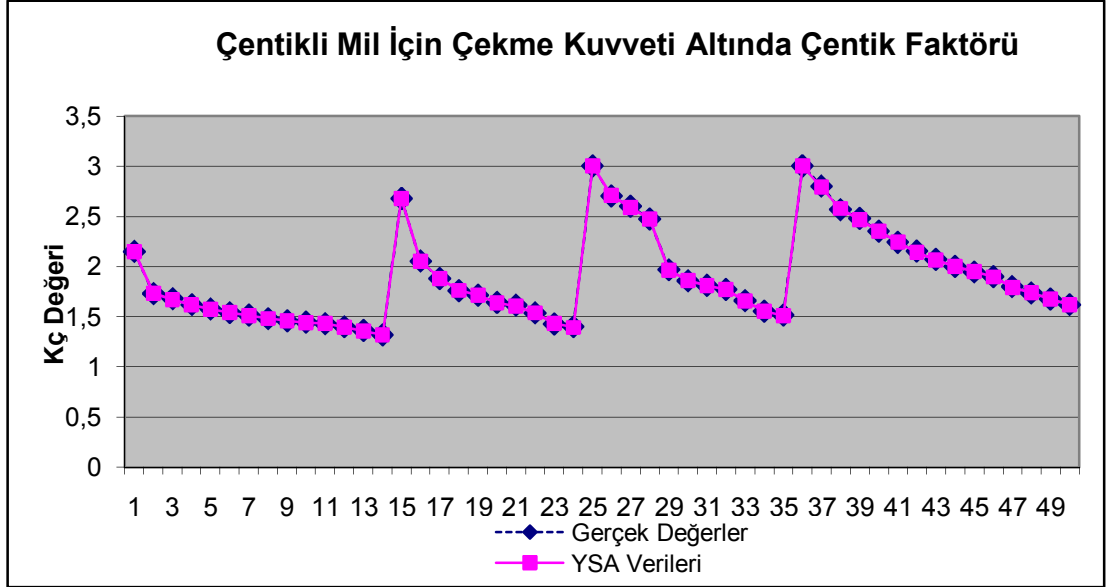


Şekil 4.6 Eğilme kuvveti altında delikli mil için çentik faktörünün YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap sonuçlarının karşılaştırılması

Çizelge 4.7. Eğilme kuvveti altında delikli mil için çentik faktörünün YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap sonuçları

Gerçek Değerler	YSA Değerleri
2,8	2,799981611
2,72	2,720004537
2,67	2,669998273
2,6	2,599982218
2,48	2,480062066
2,35	2,349532582
2,3	2,298714113
2,25	2,24852152
2,2	2,211811421
2,18	2,174234119
2,15	2,145721605
2,12	2,115701447
2,06	2,066956902
1,96	1,961991069

EK-3 (Devamı) YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek)
hesap sonuçlarının karşılaştırılması



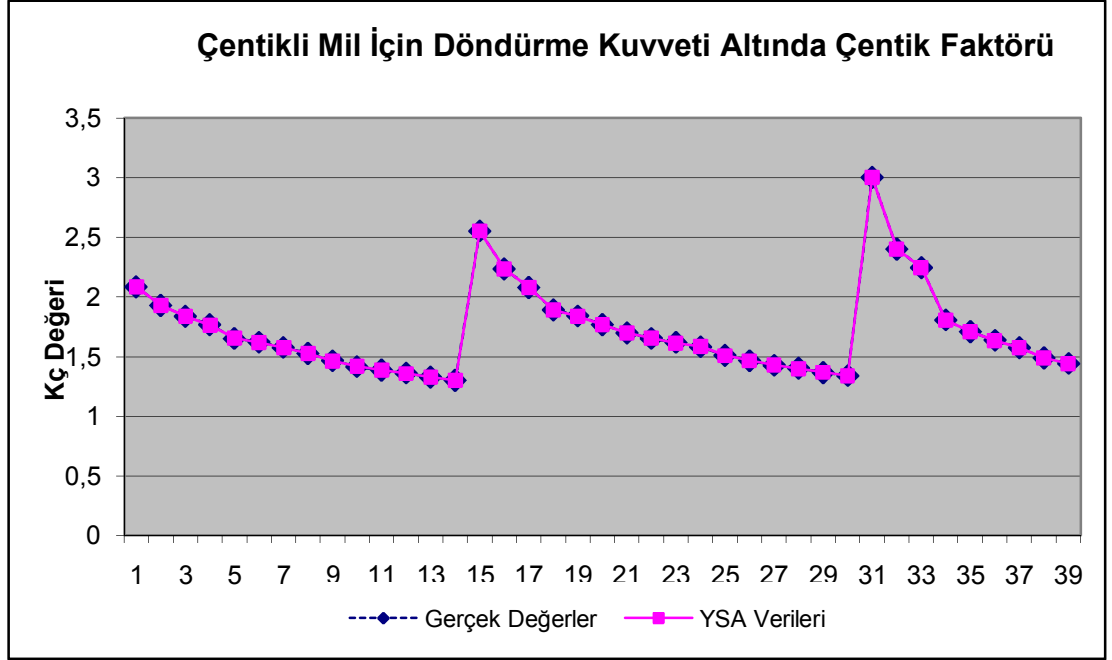
Şekil 4.7. Çekme kuvveti altında çentikli mil için çentik faktörünün YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap sonuçlarının karşılaştırılması

EK-3 (Devamı) YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek)
hesap sonuçlarının karşılaştırılması

Çizelge 4.8. Çekme kuvveti altında çentikli mil için çentik faktörünün YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap sonuçları

Gerçek Değerler	YSA Değerleri
2,15	2,149750109
1,73	1,73366534
1,68	1,673303746
1,62	1,622238306
1,576	1,577840515
1,54	1,542438946
1,516	1,509511654
1,48	1,48402285
1,46	1,460272711
1,445	1,442175041
1,43	1,43426262
1,4	1,397745147
1,362	1,36172602
1,32	1,320796458
2,675	2,675097318
2,054	2,052892907
1,88	1,880417909
1,76	1,763656851
1,714	1,71488081
1,642	1,639212146
1,615	1,608376643
1,538	1,540558593
1,428	1,434649656
1,4	1,39469412
3	2,999783151
2,703	2,708476398
2,6	2,589931094
2,472	2,476589595
1,967	1,966066508
1,857	1,860862867
1,812	1,809048027
1,77	1,773731763
1,66	1,657071588

EK-3 (Devamı) YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek)
hesap sonuçlarının karşılaştırılması



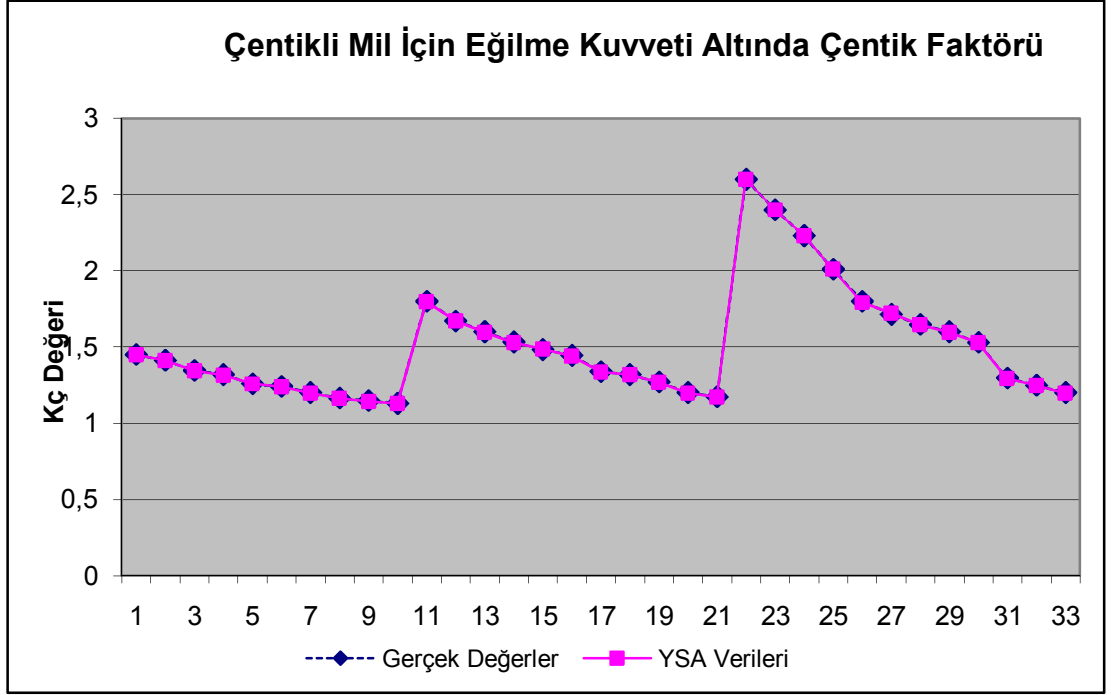
Şekil 4.8. Döndürme kuvveti altında çentikli mil için çentik faktörünün YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap sonuçlarının karşılaştırılması

EK-3 (Devamı) YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek)
hesap sonuçlarının karşılaştırılması

Çizelge 4.9. Döndürme kuvveti altında çentikli mil için çentik faktörünün YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap sonuçları

Gerçek Değerler	YSA Değerleri
2,082	2,081841394
1,928	1,927797617
1,835	1,838058729
1,767	1,761887768
1,65	1,65549503
1,62	1,618545524
1,575	1,571878428
1,524	1,525265196
1,464	1,462866057
1,414	1,417246977
1,386	1,385796847
1,36	1,356227316
1,325	1,327120764
1,3	1,299878571
2,552	2,551793278
2,234	2,233140983
2,077	2,079000365
1,889	1,887806095
1,84	1,837852595
1,767	1,768608359
1,696	1,697290156
1,651	1,652310638
1,618	1,6124856
1,58	1,583835608
1,508	1,506953632
1,464	1,463797649
1,425	1,427245764
1,4	1,396110223
1,364	1,367186986
1,338	1,337050368
3	3,000049975
2,4	2,400079095
2,244	2,244068552
1,806	1,806020058

EK-3 (Devamı) YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek)
hesap sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 4.9 Eğilme kuvveti altında çentikli mil için çentik faktörünün YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap sonuçlarının karşılaştırılması

EK-3 (Devamı) YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek)
hesap sonuçlarının karşılaştırılması

Çizelge 4.10. Eğilme kuvveti altında çentikli mil için çentik faktörünün YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap sonuçları

Gerçek Değerler	YSA Değerleri
1,45	1,449221397
1,412	1,413036348
1,346	1,346959697
1,318	1,316327262
1,258	1,259120115
1,241	1,24008839
1,2	1,200078717
1,164	1,166140385
1,148	1,145136124
1,13	1,131007784
1,8	1,799654302
1,67	1,671268723
1,6	1,598752908
1,533	1,531092595
1,483	1,488141604
1,445	1,44182631
1,338	1,337871074
1,318	1,318696772
1,27	1,269748179
1,2	1,200030425
1,173	1,172998114
2,6	2,599915694
2,4	2,400287175
2,23	2,229210185
2,01	2,011845027
1,8	1,792191966
1,714	1,72328846
1,648	1,648233856
1,6	1,595488309
1,53	1,531522703
1,296	1,296056369
1,248	1,248031782
1,2	1,200008326

EK-4 YSA modelinden elde edilen hata miktarları

Çizelge 4.12. Dönme kuvveti altında kademeli mil için çentik faktörünün YSA modelindeki hata miktarları

Gerçek Değerler	YSA Değerleri	RMS	R^2	OYH
1,800	1,799262	0,000738	0,999590	0,040996
1,566	1,565561	0,000439	0,999720	0,028020
1,472	1,477869	0,005869	0,996013	0,397150
1,384	1,377412	0,006588	0,995217	0,475980
1,244	1,248521	0,004521	0,996366	0,362086
1,206	1,208953	0,002953	0,997552	0,244221
1,184	1,180741	0,003259	0,997240	0,275270
1,166	1,158658	0,007342	0,993664	0,629633
1,122	1,122885	0,000885	0,999212	0,078773
1,110	1,109272	0,000728	0,999344	0,065559
1,100	1,101133	0,001133	0,998970	0,102883
1,894	1,889705	0,004295	0,997727	0,226791
1,761	1,761301	0,000301	0,999829	0,017097
1,644	1,653796	0,009796	0,994041	0,592328
1,500	1,495933	0,004067	0,997282	0,271106
1,378	1,379760	0,001760	0,998723	0,127550
1,342	1,337702	0,004298	0,996787	0,320281
1,275	1,271819	0,003181	0,997499	0,249524
1,160	1,167192	0,007192	0,993800	0,616190
2,144	2,140965	0,003035	0,998583	0,141546
2,020	2,019774	0,000226	0,999888	0,011188
1,878	1,883431	0,005431	0,997108	0,288361
1,755	1,766735	0,011735	0,993314	0,664206
1,677	1,671501	0,005499	0,996710	0,327883
1,600	1,583790	0,016210	0,989765	1,013153
1,344	1,349797	0,005797	0,995687	0,429461
1,220	1,228992	0,008992	0,992629	0,731670
1,178	1,173506	0,004494	0,996170	0,381500
2,288	2,290112	0,002112	0,999077	0,092229
2,122	2,113278	0,008722	0,995873	0,411012
1,966	1,966676	0,000676	0,999656	0,034373
1,828	1,842274	0,014274	0,992192	0,774790
1,750	1,739287	0,010713	0,993840	0,612193

EK-4 (Devamı) YSA modelinden elde edilen hata miktarları

Çizelge 4.13. Eğilme kuvveti altında kademeli mil için çentik faktörünün YSA modelindeki hata miktarı

Gerçek Değerler	YSA Değerleri	RMS	R^2	OYH
2,000	1,982338	0,017662	0,991091	0,883077
1,926	1,931243	0,005243	0,997278	0,271503
1,760	1,788212	0,028212	0,983970	1,577682
1,574	1,555881	0,018119	0,988354	1,151157
1,472	1,469608	0,002392	0,998372	0,162492
1,440	1,441157	0,001157	0,999196	0,080308
1,380	1,383920	0,003920	0,997160	0,283234
1,330	1,331312	0,001312	0,999014	0,098543
1,297	1,289828	0,007172	0,994439	0,553003
1,264	1,260806	0,003194	0,997467	0,252674
1,242	1,241197	0,000803	0,999353	0,064649
1,225	1,227132	0,002132	0,998260	0,173707
1,210	1,215752	0,005752	0,995246	0,473139
1,200	1,205449	0,005449	0,995459	0,452028
2,553	2,562299	0,009299	0,996358	0,362911
2,378	2,366658	0,011342	0,995207	0,476969
2,240	2,236986	0,003014	0,998653	0,134549
2,134	2,132778	0,001222	0,999427	0,057261
1,628	1,632438	0,004438	0,997274	0,271883
1,563	1,577976	0,014976	0,990418	0,949088
1,534	1,522572	0,011428	0,992494	0,744972
1,336	1,337825	0,001825	0,998634	0,136381
1,308	1,311955	0,003955	0,996976	0,301477
1,286	1,286125	0,000125	0,999903	0,009739
1,264	1,260405	0,003595	0,997148	0,284387
1,242	1,235083	0,006917	0,994400	0,556926
2,700	2,700537	0,000537	0,999801	0,019879
2,500	2,501096	0,001096	0,999562	0,043816
2,366	2,365764	0,000236	0,999900	0,009974
2,260	2,255910	0,004090	0,998187	0,180977
2,046	2,048479	0,002479	0,998788	0,121010
1,860	1,861108	0,001108	0,999404	0,059518
1,630	1,637567	0,007567	0,995358	0,462060
1,580	1,576066	0,003934	0,997504	0,249012
1,500	1,498964	0,001036	0,999309	0,069067

EK-4 (Devamı) YSA modelinden elde edilen hata miktarları

Çizelge 4.14. Eğilme kuvveti altında çentikli mil için çentik faktörünün YSA modelindeki hata miktarı

Gerçek Değerler	YSA Değerleri	RMS	R^2	OYH
1,450	1,449221	0,000779	0,999463	0,053697
1,412	1,413036	0,001036	0,999266	0,073342
1,346	1,346960	0,000960	0,999287	0,071249
1,318	1,316327	0,001673	0,998729	0,126915
1,258	1,259120	0,001120	0,999110	0,088960
1,241	1,240088	0,000912	0,999265	0,073458
1,200	1,200079	0,000079	0,999934	0,006559
1,164	1,166140	0,002140	0,998161	0,183544
1,148	1,145136	0,002864	0,997499	0,249467
1,130	1,131008	0,001008	0,999108	0,089105
1,800	1,799654	0,000346	0,999808	0,019205
1,670	1,671269	0,001269	0,999240	0,075914
1,600	1,598753	0,001247	0,999220	0,077943
1,533	1,531093	0,001907	0,998754	0,124423
1,483	1,488142	0,005142	0,996533	0,345505
1,445	1,441826	0,003174	0,997799	0,219633
1,338	1,337871	0,000129	0,999904	0,009636
1,318	1,318697	0,000697	0,999471	0,052838
1,270	1,269748	0,000252	0,999802	0,019828
1,200	1,200030	0,000030	0,999975	0,002535
1,173	1,172998	0,000002	0,999998	0,000161
2,600	2,599916	0,000084	0,999968	0,003243
2,400	2,400287	0,000287	0,999880	0,011964
2,230	2,229210	0,000790	0,999646	0,035418
2,010	2,011845	0,001845	0,999082	0,091708
1,800	1,792192	0,007808	0,995643	0,433780
1,714	1,723288	0,009288	0,994581	0,538996
1,648	1,648234	0,000234	0,999858	0,014188
1,600	1,595488	0,004512	0,997172	0,281981
1,530	1,531523	0,001523	0,999005	0,099424
1,296	1,296056	0,000056	0,999957	0,004349
1,248	1,248032	0,000032	0,999975	0,002547
1,200	1,200008	0,000008	0,999993	0,000694

EK-4 (Devamı) YSA modelinden elde edilen hata miktarları

Çizelge 4.15. Döndürme kuvveti altında çentikli mil için çentik faktörünün YSA modelindeki hata miktarları

Gerçek Değerler	YSA Değerleri	RMS	R^2	OYH
2,082	2,081841	0,000159	0,999924	0,007618
1,928	1,927798	0,000202	0,999895	0,010497
1,835	1,838059	0,003059	0,998333	0,166411
1,767	1,761888	0,005112	0,997098	0,289317
1,650	1,655495	0,005495	0,996670	0,331927
1,620	1,618546	0,001454	0,999101	0,089782
1,575	1,571878	0,003122	0,998014	0,198195
1,524	1,525265	0,001265	0,999170	0,082949
1,464	1,462866	0,001134	0,999225	0,077455
1,414	1,417247	0,003247	0,997704	0,229105
1,386	1,385797	0,000203	0,999853	0,014658
1,360	1,356227	0,003773	0,997218	0,277403
1,325	1,327121	0,002121	0,998399	0,159802
1,300	1,299879	0,000121	0,999907	0,009341
2,552	2,551793	0,000207	0,999919	0,008100
2,234	2,233141	0,000859	0,999615	0,038452
2,077	2,079000	0,002000	0,999037	0,096218
1,889	1,887806	0,001194	0,999368	0,063203
1,840	1,837853	0,002147	0,998832	0,116707
1,767	1,768608	0,001608	0,999090	0,090939
1,696	1,697290	0,001290	0,999239	0,076013
1,651	1,652311	0,001311	0,999206	0,079322
1,618	1,612486	0,005514	0,996580	0,340816
1,580	1,583836	0,003836	0,997572	0,242172
1,508	1,506954	0,001046	0,999306	0,069388
1,464	1,463798	0,000202	0,999862	0,013822
1,425	1,427246	0,002246	0,998424	0,157350
1,400	1,396110	0,003890	0,997214	0,277841
1,364	1,367187	0,003187	0,997664	0,233105
1,338	1,337050	0,000950	0,999290	0,070974
3,000	3,000050	0,000050	0,999983	0,001666
2,400	2,400079	0,000079	0,999967	0,003296
2,244	2,244069	0,000069	0,999969	0,003055
1,806	1,806020	0,000020	0,999989	0,001111
1,707	1,707135	0,000135	0,999921	0,007895

EK-4 (Devamı) YSA modelinden elde edilen hata miktarları

Çizelge 4.16. Çekme kuvveti altında çentikli mil için çentik faktörünün YSA modelindeki hata miktarları

Gerçek Değerler	YSA Değerleri	RMS	R^2	OYH
2,15	2,149750	0,000250	0,999884	0,011623
1,73	1,733665	0,003665	0,997881	0,211421
1,68	1,673304	0,006696	0,995998	0,398587
1,62	1,622238	0,002238	0,998618	0,137976
1,58	1,577841	0,001841	0,998832	0,116648
1,54	1,542439	0,002439	0,998416	0,158123
1,52	1,509512	0,006488	0,995702	0,427991
1,48	1,484023	0,004023	0,997282	0,271077
1,46	1,460273	0,000273	0,999813	0,018675
1,45	1,442175	0,002825	0,998041	0,195499
1,43	1,434263	0,004263	0,997019	0,297199
1,40	1,397745	0,002255	0,998387	0,161061
1,36	1,361726	0,000274	0,999799	0,020116
1,32	1,320796	0,000796	0,999397	0,060301
2,68	2,675097	0,000097	0,999964	0,003638
2,05	2,052893	0,001107	0,999461	0,053899
1,88	1,880418	0,000418	0,999778	0,022224
1,76	1,763657	0,003657	0,997922	0,207345
1,71	1,714881	0,000881	0,999486	0,051363
1,64	1,639212	0,002788	0,998299	0,169784
1,62	1,608377	0,006623	0,995882	0,410115
1,54	1,540559	0,002559	0,998336	0,166082
1,43	1,434650	0,006650	0,995343	0,463504
1,40	1,394694	0,005306	0,996196	0,378991
3,00	2,999783	0,000217	0,999928	0,007228
2,70	2,708476	0,005476	0,997974	0,202195
2,60	2,589931	0,010069	0,996112	0,387266
2,47	2,476590	0,004590	0,998143	0,185319
1,97	1,966067	0,000933	0,999525	0,047458
1,86	1,860863	0,003863	0,997920	0,207585
1,81	1,809048	0,002952	0,998368	0,162912
1,77	1,773732	0,003732	0,997892	0,210390
1,66	1,657072	0,002928	0,998233	0,176410
1,55	1,558253	0,004253	0,997263	0,272957
1,52	1,514209	0,001791	0,998817	0,118117

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KÖKSAL, Erdal
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 05.02.1979 Ankara
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (506) 992 52 54
e-mail : erdalkoksal26@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Makine Eğitimi	
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Makine Eğitimi	2005
Lise	Yıldırım Beyazıt Teknik Lisesi	1997

İş Deneyimi

Yıl Yer Görev

2005- Hakkari Endüstri Meslek Lisesi Teknik Öğretmen
2009-Karakusunlar Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi Teknik Öğretmen

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

-

Hobiler

Kitap okumak, Tiyatro Etkinlikleri, Gezi gözlem