



Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology

Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

ISSN 1012-2354

Cilt (Volume): 29, Sayı (Issue): 1, Ocak/January-2013

<http://fbe.erciyes.edu.tr/>



Çekme Gerilmesi Etkisindeki Millerin Çentik Faktörünün Yapay Sinir Ağları İle Belirlenmesi

Erdal KÖKSAL¹ Murat Tolga ÖZKAN² Cengiz ELDEM²

¹Şehit Sertaç Uzun ATL ve METEM. Ankara

²Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Makina Eğitimi Bölümü, Ankara

ÖZET

Makine elemanları tasarımında çeşitli nedenlerle çentik, delik, kademe ve çeşitli kavisler gibi geometrik şekiller veya süreksizlikler bulunabilmektedir. Ani kesit değişikliği ve çeşitli süreksizlikler, kuvvet akışı 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 değerlendirilmektedir. Çentik etkisi malzemede kırılmalara ve bozulmalara yol açabilir. Bu çalışmada, Çekme Gerilmesi etkisindeki miller için çentik faktörü değerini Yapay Sinir Ağları (YSA) ile hesaplayan bir yazılım geliştirilmiştir. Pythia programı kullanılarak hazırlanan bir yazılım ile kullanıcı, milin boyut ölçülerini ve üzerine uygulanan kuvvetin cinsini girerek hesaplamalarda kullanacağı çentik faktörünü tablolara gerek kalmaksızın ve doğru bir değerle elde edilebilmektedir.

Anahtar

Kelimeler:

Çentik faktörü,
Makine Tasarımı,
Yapay Sinir
Ağları

Notch Sensitivity Factor Determination With Artificial Neural Network For Shafts Under The Tension Stress

ABSTRACT

Notch, hole, tap and a variety of geometric shapes such as curves or discontinuities can be found with various reasons in the design of Machine Element. Especially in the field of stress concentration is caused by sudden change in cross section and various discontinuities in the force flow. Stress concentration can occur with the reason of material features of size or direction of forces application. This type of Stress concentration in the material brings out the effect of notch. Notch impact can lead to distortions and breakage of materials. In this study, A software that is determined the Notch Sensitivity Factor has been developed with Artificial Neural Network System (ANN) for under the effect of tension stresses on shafts. The software has developed using Pythia. With this software, the user can be obtained the accurate value by entering shaft dimension and the applied force without the need for notch sensitivity factor tables and any calculations.

Key Words:

Notch Sensitivity
Factor,
Machine Design,
Artificial Neural
Network

1. Giriş

Güç ve kuvvet iletimi için kullanılan makina parçalarının hemen hemen hepsinde kırılmalar veya deformasyonlar görülmektedir. İşte bu kırılmaların ve deformasyonların oluşmaması için makina tasarım hesaplamalarda çentik faktörü hesaba katılmaktadır. Çentik faktörünün tasarım hesaplarına katılmasıyla deformasyonların oluşması minimuma indirgenir veya engellenir. Hesaplamalarda teorik çentik faktörünü kullanırken, çentik tablolarındaki değerler interpolasyon yapılarak kullanılır. Bu değerler deneysel çalışmalar neticesinde elde edilmiş bilimsel sonuçlardır. Mil ölçülerinin değişmesine ve mille gelen kuvvetin cinsine göre hesaplamalarda kullanılan çentik faktörleri de değişiklik gösterir. Ayrıca her bir değişik zorlanma çeşidi için birçok tablo mevcuttur ve bu tablolardan, tasarım için gerekli olan değerler elde edilmesi zahmetli bir iştir.

Çentik faktörü seçimi ve ardından yapılacak hesaplamalar için oldukça zaman ve iş gücü kaybı olmaktadır. Günümüz teknolojisinde bu sorunların çözümü için bilgisayar programlarından faydalanmak kaçınılmaz olmuştur. Bu çalışmanın hedeflenen amacı; Çekme kuvveti etkisindeki millerdeki çentik faktörüne etki eden; malzemenin şekil özelliklerini ve mile gelen kuvvetin özelliğini hesaba katarak en iyi çentik faktörü seçiminin bir ileri beslemeli çok katmanlı yapay sinir ağı modeli kullanılarak hesaplamaktır.

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 kullanılmıştır [1].

August Wöhler, 1850'li yıllarında Almanya'da yapmış olduğu çalışmalarda; yorulma hasarından kaçınmak için tasarım stratejileri geliştirmeye başlamış. Demir, çelik ve diğer metalleri eğme, burulma ve eksensel yüklemeler altında test etmiştir. Wöhler ayrıca yorulmanın sadece çevrimsel gerilmelerden etkilenmediğini çevrimsel gerilmeler yanında ortalama gerilmelerden de etkilendiğini kanıtlamıştır [2].

McClintock boşluk büyümesi olarak gerçekleşen sünek hasarla ilgili ilk teorik çalışmayı yapmıştır. Bu çalışmada boşluk büyüme oranının, hidrostatik eşdeğer gerilim oranı gibi üç eksenli gerilme bölgelerinde kesin olarak bağlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. McClintock'un yaptığı deneyler sonucunda farklı numuneler daima, çatlak oluşumunda aynı birim şekil değişimine sahip olmadıkları sonucuna varmıştır [3].

Rice ve Tracey, tarafından McClintock'un çalışmasından daha ileri bir çalışma yapılmıştır. Bu analiz sonucu boşluk büyüme oranının, hidrostatik eşdeğer gerilim oranı gibi üç eksenli gerilme bölgelerinde kesin olarak bağlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır [4]. 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 [5].

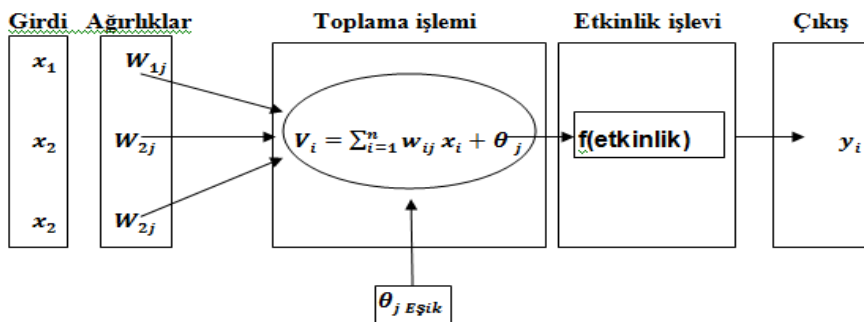
Bridgman, Hancock ve Mackenzie yaptığı deney sonuçlarını kullanarak elde edilen hasar birim şekil değişimi ve üç eksenliliğin gösterim parametrelerini bir kapalı hasar eğrisi olarak belirtmiştir [6]. Hancock ve Brown, çentikli numunede gerilme birim şekil değişimi alanlarını daha fazla ayrıntılı olarak araştırmıştır. Temel olarak, silindirik çentikli numunede üç eksenliliğin en yüksek olduğu minimum kesitin orta noktasındaki hasarı, önceki gözlemlerinde elde ettikleri kanıtlarla destekleyerek ele almışlardır [7].

Yapılan literatür araştırmaları göstermiştir ki, çentikli çekme deneyleri yaygın olarak uygulanan bir deneydir. 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.

2. 1. 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 literatürdeki ismiyle; nöronların matematiksel olarak modellenmesi ile 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 [8]. 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 1. de yapay bir sinir gösterilmiştir. Tüm yapay sinir ağları bu temel yapıdan türetilmiştir. Bu yapıdaki farklılıklar yapay sinir ağlarının farklı sınıflandırılmalarını sağlar [9].

2.2. Bir Yapay Sinirin Ana Öğeleri



Şekil 1. Yapay bir sinir (Düğüm)

2.3. YSA'da Eğitim, Öğrenme ve 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 kadar devam eder. Yapay sinir ağları aynen insanlar gibi örnekler ile öğrenirler. Ağlar yeteri kadar örnek ile eğitilirse problem sonucu o kadar doğru olmaktadır [10].

Öğrenme sırasında ağa belli bir girdi girildiği zaman, ağ benzer cevaplar verebilmek için kendi üzerinde değişiklikler yapar. 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 [11].

3. Mukavemet azaltıcı etkenler

Sürekli mukavemet dayanım diyagramları, yüzeyleri parlatılmış standart deney çubukları kullanılarak 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 [12]. Malzemelerin mukavemet sınırları; çentik, yüzey pürüzlülüğü, boyut, imalat, ısıtma işlemi, kaplama, çevre etkisi vb gibi faktörler tarafından etkilenmektedir [13].

Makine elemanlarında deneylerle elde edilen sonuçlar, yer yer normal gerilmelerden çok daha büyük gerilmelerin varlığını gösterir. Bunun nedeni parçalardaki geometrik farklılıklardır. Çentik genel adıyla tanımlanan boyut farklılığıdır [14].

Makine elemanları konstrüksiyonlarında çeşitli nedenlerle çentik, delik, kademe veya fatura, çeşitli yuvarlatma ve kama yuvası gibi geometrik şekil farklılıkları veya süreksizlikler bulunabilmektedir. Ani kesit değişikliği ve çeşitli süreksizlikler kuvvet akışı ve özellikle gerilme alanında yığılmalara neden olmaktadır. Bu tür gerilme yığılmaları, malzemede çentik etkisi oluşturmaktadır [15].

3.1. Gerilme Yığılma Faktörü ve Çentik Duyarlılık Faktörü

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

$$K_t = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_n} \quad (1)$$

$$\text{Örneğin, çekme zorlamasında;} \quad (2)$$

$$\sigma_n = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} \quad (3)$$

$$\sigma_n = K_t \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} \quad (3)$$

Makine elemanlarındaki farklı geometrik şekillerin çentik diplerinde, hesaplanan nominal gerilmenin K_t katı kadar fazla gerilme meydana gelir. Malzeme gevrek ise; çentikli malzeme, normal gerilmenin K_t kadar daha az bir 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 [15].

Gerilme yığılma faktörü (K_t) geometriye bağlı bir değerdir. Malzeme dayanımındaki etkin düşüşü gösteren yorulma dayanımı azalma faktörü K_σ dir. Çentik faktörü K_c , 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;

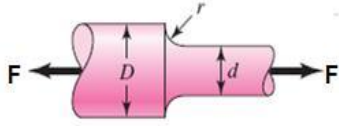
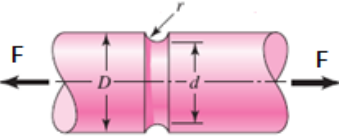
$$K_c = 1 + q(K_t - 1) \quad (4)$$

bağlantısı ile hesaplanır.

4. Makina elemanları tasarımında çentik faktörünün yapay sinir ağları ile hesaplanması

Bu çalışmadaki çentik verileri; Peterson'ın "Design Factors for Stress Concentration" kitabındaki çentik faktörü ile ilgili grafikler incelenerek bu çalışmaya yön veren veriler olarak alınmıştır. Tablo 1' de eğitim ve test verileri sayıları görülebilir.

Tablo 1. Millerde çentik faktörü için eğitim ve test verileri sayısı

MİLLERDE ÇENTİK FAKTÖRÜ VERİLERİ				
	ÇEKME	Eğitim Verileri Sayısı	Test Verileri Sayısı	Toplam Veri Sayısı
KADEMELİ MİL		53	8	61
KANALLI MİL		61	11	72

Tablo 2. Milerde çentik faktörü için girdi ve çıktı değerleri

Milerde çentik faktörü girdi ve çıktıları		
Sembolü	Adı	Girdi /Çıktı
D	Büyük mil çapı	Girdi
d	Küçük mil çapı	Girdi
r	Pah yarı çapı	Girdi
K_{ϕ}	Çentik faktörü değeri	Çıktı
F	Mile etki eden kuvvetin çeşidi	Girdi

Tablo 3. Uygun ağ yapısının bulunması

Çekme		
Kademeli mil	Ağ yapısı	3 4 1
Kanallı mil	Ağ yapısı	3 5 1

Tablo 1' de ve Tablo 2' de çekme gerilmesi etkisindeki miller için verilerin sınıflandırılması ve milerde çentik faktörünü belirlerken kullanılan girdi ve çıktı değerleri görülmektedir. Tablo 3 'de YSA ağ yapıları gösterilmiştir.

5. PYTHIA ile bir ysa ağı oluşturulması

5.1. Saklı Veriler

Pythia' da YSA oluşturulurken deney verilerini hepsi Phthia

yazılımında kullanılmaz. Deney verilerimizin % 10'luk kısmı YSA sistemi kurulduktan eğitim işlemi tamamlandıktan sonra YSA'nın doğru sonuçlar verip vermediğini kontrol etmek için sistemden saklanır. Bu verilere saklı veriler denir. Bu veriler YSA sisteminin tahminlerinin hata oranını görmek için kullanılır.

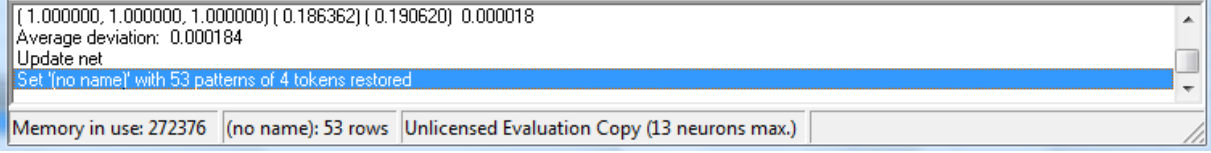
Şekil 2'de "Evolutionary Optimizer" menüsü ile en uygun ağ yapısına ulaşabilmek için denemeler yaptırılır. Deneme sayısı (Population size) mümkün olduğu kadar artırılır. Böylelikle Pythia programı daha çok ağ yapısının uygunluğunu kontrol eder.

Otomatik optimizasyondan sonra en düşük sapma değerine sahip ağ yapısı seçilir. Pythia'da en uygun ağ yapısı (fitness) % 100 olan ve hata oranı ($\emptyset dev^2$) en düşük olan; Kademeli mil için (3 4 1) ve Kanallı mil için (3 5 1) ağ yapıları modelleri seçilmiştir.

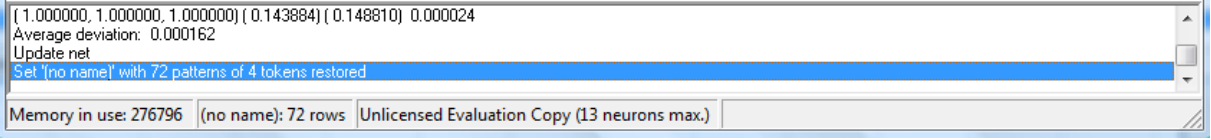
Şekil 2'deki gibi Learn patern set araç çubuğu ile Pythia' ya girilen değerler öğretilir. Bu ağ yapısı, programın döngü (iterasyon) sayısı ve öğrenme oranları değiştirilerek en küçük sapma değeriyle (Use learn rate) eğitilir. Bu değerleri öğrenen Pythia bu öğrenme işleminde ne kadar başarılı olduğunu (average deviation) Şekil 3.a ve 3.b 'de oran olarak bize göstermektedir. Çekme gerilmesi etkisindeki kademeli mil için hata payı 0,000184, kanallı mil için hata payı 0,001612 olarak görülmüştür, bu oran YSA'nın yapacağı tahminin hata payının çok az olacağını göstermektedir.

No	Topology	Neurons	Ø dev ²	* dev ²	Fitness
12	3,1,3,1	5	0.014491	0.151065	57.69921
13	3,2,1	3	0.008024	0.049839	70.82079
14	3,1	1	0.016806	0.111994	65.08027
15	3,1	1	0.016806	0.111994	65.08027
16	3,1	1	0.016806	0.111994	65.08027
17	3,1	1	0.016806	0.111994	65.08027
18	3,1	1	0.016806	0.111994	65.08027
19	3,1	1	0.016806	0.111994	65.08027
20	3,1	1	0.016806	0.111994	65.08027
21	3,1	1	0.016806	0.111994	65.08027
22	3,1	1	0.016806	0.111994	65.08027
23	3,1	1	0.016806	0.111994	65.08027
24	3,1	1	0.016806	0.111994	65.08027
25	3,4,1	5	0.001265	0.007042	93.01686
26	3,4,1	5	0.000709	0.005080	100.00000
27	3,5,1	6	0.000670	0.007756	100.00000
28	3,5,1	6	0.001242	0.007705	93.50072
29	3,1	1	0.016806	0.111994	65.08027
30	3,1	1	0.016806	0.111994	65.08027
31	3,1	1	0.016806	0.111994	65.08027

Şekil 2. Optimizasyon Sonuçlarının Görülmesi



Şekil 3.a Çekme gerilmesi etkisindeki kademeli mil için hata payının belirlenmesi



Şekil 3.b Çekme gerilmesi etkisindeki kanallı mil için hata payının belirlenmesi

Şekil 4' a (Kademeli mil için) ve b (Kanallı mil için) de olduğu gibi her neronun ağırlıkları alınarak Excel'de formüle edilmiştir. Bu ağ yapısını test etmek için öncelikle nöronların formüle edilmesi gerekmektedir. Formülazasyon işlemi ise, YSA eğitiminde kullanılan transfer fonksiyonuna göre yapılmaktadır. Pythia programı, etkinleştirme fonksiyonu olarak Fermi fonksiyonunu kullanılarak eğitim yapmaktadır [16].

$$N = \frac{1}{1 + e^{-4(\sum X_j W_j - 0,5)}} \quad (5)$$

Neuron	INPUTS	WEIGHTS	ACTIVITY	FUNCTION	OUTPUT
N1_001	1.000000 1.000000 1.000000	-2.759953 -2.640437 -3.119163	-8.519552	FERMI	0.000000
N1_002	1.000000 1.000000 1.000000	0.359760 0.144991 -0.592337	-0.087585	FERMI	0.087039
N1_003	1.000000 1.000000 1.000000	1.333591 -3.547954 0.615487	-1.598876	FERMI	0.000226
N1_004	1.000000 1.000000 1.000000	-1.352749 1.714474 -3.530620	-3.168895	FERMI	0.000000
N2_005	0.000000 0.087039 0.000226 0.000000	2.920983 1.536678 -9.789586 9.170549	0.131544	FERMI	0.186362

Şekil 4.a Çekme gerilmesi etkisindeki kademeli mil için Pythia da hesaplanan ağırlıklar

Neuron	INPUTS	WEIGHTS	ACTIVITY	FUNCTION	OUTPUT
N1_001	1.000000 1.000000 1.000000	1.401241 -1.864971 2.346186	1.882457	FERMI	0.996049
N1_002	1.000000 1.000000 1.000000	0.070641 2.890166 -0.767088	2.193719	FERMI	0.998859
N1_003	1.000000 1.000000 1.000000	0.258668 1.613773 -8.767798	-6.895347	FERMI	0.000000
N1_004	1.000000 1.000000 1.000000	-3.530638 -2.986886 1.338153	-5.179371	FERMI	0.000000
N1_005	1.000000 1.000000 1.000000	-2.040704 0.241628 1.550899	-0.248177	FERMI	0.047756
N2_006	0.996049 0.998859 0.000000 0.000000 0.047756	-0.503072 0.745643 3.002359 4.727711 -3.963250	0.054150	FERMI	0.143884

Şekil 4.b Çekme gerilmesi etkisindeki kanallı mil için Pythia da hesaplanan ağırlıklar

Tablo 4.a. Kademeli mil için YSA Sistemi Verileri

I1	I2	I3	Q1	Q(NET)	SQ DV	I1	I2	I3	Q1	Q(NET)	SQ DV
2	2,04	0,05	1,8	1,805203	0,000015	11	11,22	1,1	1,336	1,322948	0,000097
3	3,06	0,084	1,728	1,722513	0,000017	12	12,24	1,5	1,286	1,280102	0,000002
4	4,08	0,124	1,678	1,666625	0,000074	13	13,26	1,95	1,254	1,256349	0,000003
5	5,1	0,185	1,61	1,611752	0,000002	14	14,28	2,45	1,23	1,242704	0,000092
6	6,12	0,264	1,55	1,5609	0,000068	15	15,3	3	1,22	1,234362	0,000118
7	7,14	0,35	1,508	1,522422	0,000119	16	16,32	4	1,216	1,222589	0,000025
8	8,16	0,496	1,452	1,456926	0,000014	17	17,34	4,675	1,2	1,219466	0,000217
9	9,18	0,675	1,408	1,398728	0,000049	18	18,36	5,4	1,2	1,216726	0,00016
10	10,2	0,88	1,37	1,353824	0,00015						

Tablo 4.b. Kanallı mil için YSA Sistemi Verileri

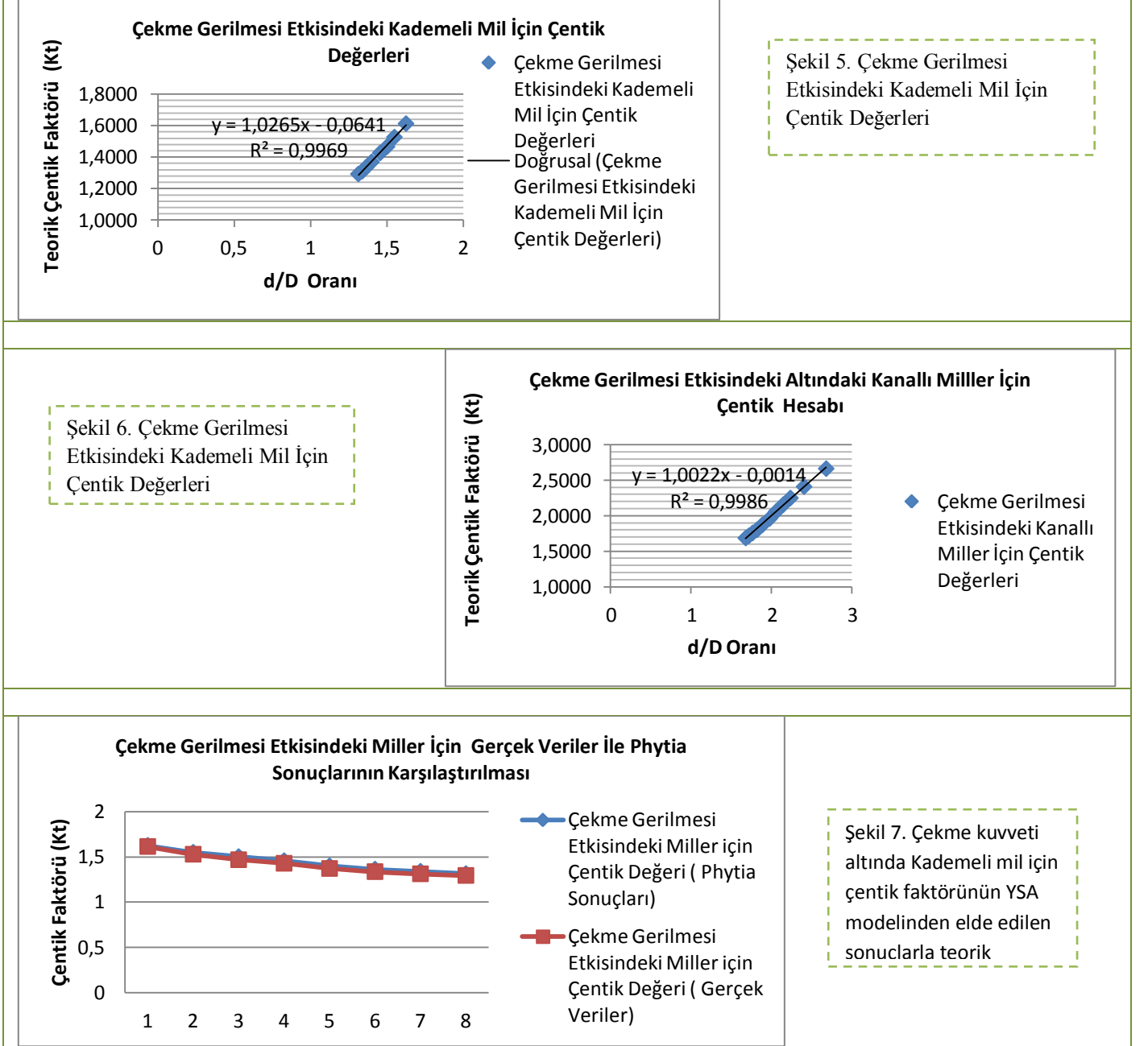
I1	I2	I3	Q1	Q(NET)	SQ DV	I1	I2	I3	Q1	Q(NET)	SQ DV
1	1,02	0,025	2,15	2,121749	0,000283	37	38,85	10,175	1,428	1,418776	0,00003
2	2,04	0,08	1,945	1,974992	0,000319	38	39,9	11,4	1,4	1,393016	0,000017
3	3,06	0,15	1,835	1,863024	0,000278	40	46	1,6	3	2,906894	0,003071
4	4,08	0,228	1,78	1,782902	0,000003	41	47,15	2,05	2,703	2,755138	0,000963
5	5,1	0,325	1,73	1,718564	0,000046	42	48,3	2,394	2,6	2,61893	0,000127
6	6,12	0,45	1,68	1,660843	0,00013	43	49,45	2,795	2,472	2,468774	0,000004
7	7,14	0,609	1,62	1,607236	0,000058	44	50,6	3,3	2,34	2,320862	0,00013
8	8,16	0,8	1,576	1,560788	0,000082	45	51,75	3,915	2,22	2,198631	0,000162
9	9,18	1,008	1,54	1,526044	0,000069	46	52,9	4,6	2,12	2,10488	0,000081
10	10,2	1,25	1,516	1,497223	0,000125	47	54,05	5,264	2,035	2,034229	0
11	11,22	1,507	1,48	1,476742	0,000004	48	55,2	6	1,967	1,965857	0
12	12,24	1,8	1,46	1,459805	0	49	56,35	6,713	1,906	1,908217	0,000002
13	13,26	2,119	1,445	1,446643	0,000001	50	57,5	7,5	1,857	1,852416	0,000007
14	14,28	2,45	1,43	1,436925	0,000017	51	58,65	8,313	1,812	1,804177	0,000022
15	15,3	3	1,4	1,417149	0,000104	52	59,8	9,1	1,77	1,766501	0,000004
16	16,32	3,6	1,384	1,399871	0,000089	53	60,95	10,6	1,708	1,703277	0,000008
17	17,34	4,25	1,362	1,384076	0,000173	54	62,1	12,15	1,66	1,653005	0,000017
18	18,36	4,95	1,33	1,36978	0,000561	55	63,25	13,75	1,61	1,607195	0,000003
19	19,38	5,7	1,32	1,357365	0,000495	56	64,4	15,4	1,554	1,559711	0,000012
20	21	0,5	2,675	2,664341	0,00004	57	65,55	17,1	1,516	1,507642	0,000025
21	22,05	0,84	2,4	2,411258	0,000045	61	91,5	3,477	3	2,93858	0,001337
22	23,1	1,1	2,23	2,250732	0,000152	62	93	4,03	2,8	2,806127	0,000013
23	24,15	1,311	2,142	2,158396	0,000095	63	94,5	4,725	2,565	2,602177	0,00049
24	25,2	1,56	2,054	2,062265	0,000024	64	96	5,568	2,478	2,438772	0,000545
25	26,25	1,875	1,972	1,961544	0,000039	65	97,5	6,5	2,35	2,33592	0,00007
26	27,3	2,262	1,88	1,87146	0,000026	66	99	7,392	2,24	2,259469	0,000134
27	28,35	2,7	1,814	1,803236	0,000041	67	100,5	8,375	2,154	2,176145	0,000174
28	29,4	3,136	1,76	1,758805	0,000001	68	102	9,316	2,07	2,096057	0,000241
29	30,45	3,625	1,714	1,718848	0,000008	69	103,5	10,35	2	2,011725	0,000049
30	31,5	4,11	1,675	1,687428	0,000055	70	105	11,41	1,945	1,935924	0,000029
31	32,55	4,65	1,642	1,654286	0,000053	71	106,5	12,425	1,9	1,876802	0,000191
32	33,6	5,216	1,615	1,622583	0,00002	72	108	14,4	1,8	1,791061	0,000028
33	34,65	5,775	1,582	1,595394	0,000064	73	109,5	16,425	1,736	1,733528	0,000002
34	35,7	6,8	1,538	1,53601	0,000001	74	111	18,5	1,675	1,684878	0,000035
35	36,75	7,875	1,494	1,488004	0,000013	75	112,5	20,625	1,62	1,630479	0,000039
36	37,8	9	1,46	1,44974	0,000037	76	114	22,8	1,57	1,561725	0,000024

Tablo 5. Saklı Veriler İle Formül Sonuçlarının Karşılaştırılması

KADEMELİ MİL					KANALLI MİL				
I1	I2	I3	Saklı Veriler	Formül Sonuçları	I1	I2	I3	Saklı Veriler	Formül Sonuçları
21.50	22.58	1.33	1.626	1.6135	20	21	0.5	2.675	2.6643
22.00	23.10	1.65	1.55	1.527741435	21	22.05	0.84	2.4	2.4113
22.50	23.63	1.98	1.502	1.4673	22	23.1	1.1	2.23	2.2507
23.00	24.15	2.30	1.457	1.4277	23	24.15	1.311	2.142	2.1584
23.50	24.68	2.94	1.4	1.3704	24	25.2	1.56	2.054	2.062265602
24.00	25.20	3.60	1.364	1.3354	25	26.25	1.875	1.972	1.9615
24.50	25.73	4.29	1.34	1.311502	26	27.3	2.262	1.88	1.871461
25.00	26.25	5.00	1.314	1.293408294	27	28.35	2.7	1.814	1.803236911

Tablo 5 de Çekme etkisi altındaki kademeli ve kanallı miller için saklı veriler ile gerçek değerler karşılaştırılmıştır. Programda gerçek verilerin % 10 YSA da öğrenme işlemine tabi tutulmamış, en son sonuçlar elde edildikten sonra Öğrenmenin geçerliliğini test etmek amacıyla Phytia değerleri ile Saklı veriler mukayese edilmiştir. Tablo 5'deki saklı veriler ile formül sonuçları karşılaştırılmıştır.

Bu karşılaştırma sonucu Şekil 7'deki grafik ortaya çıkmıştır. Bu grafiğe göre YSA' dan aldığımız ağırlıklar ile oluşturulan formül tahminleri; kademeli mil için 0.04 hata ile çentikli mil için 0.02 hata ile tahmin etmiştir. Gerçek sonuçlarla YSA test sonuçları karşılaştırıldığında gerçek öğrenme oranı kademeli mil için yüzde 99.6 ($R^2 = 0.996$) çentikli mil için yüzde 99.8 ($R^2 = 0.998$) bulunmuştur.



Şekil 5 ve 6 da Çekme gerilmesi etkisi altındaki kademeli mil ve kanallı mil için yazılımın verdiği sonuçların saklı verilerle uyumluluğu gösterilmektedir. Eğitim işlemlerinden sonra YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap sonuçları istatistiksel hata miktarına göre Excel de karşılaştırılır. Hata analizlerinde eğitim ve test verilerinin performansı birlikte değerlendirilmiştir. Şekil 7'deki grafik yapılan YSA çalışmasının çentik faktörünün belirlenmesinde çok yakın sonuçlar aldığını göstermektedir.

5.2. YSA Modelinin Performansı

Bir YSA modelinin performansı, gerçek çıktı değerleri ile YSA modelinin oluşturduğu çıktı değerleri arasındaki sapma miktarına (hata) 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;

İstatistiksel Hata Miktarı.

$$RMS = \left[\frac{1}{p} \sum_j |t_j - o_j|^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

$$RMS = \left[\frac{1}{1} \sum_j |1.8 - 1.805203|^2 \right]^{\frac{1}{2}} = 0.005203$$

Mutlak Değişim Yüzdesi.

$$R^2 = 1 - \left[\frac{\sum_j (t_j - o_j)^2}{\sum_j (o_j)^2} \right] \quad (7)$$

$$R^2 = 1 - \left(\frac{(1.8 - 1.805203)^2}{(1.805203)^2} \right) = 0.999917$$

Ortalama yüzde Hata.

$$OYH \% = \frac{\sum_j \left(\frac{t_j - o_j}{t_j} \times 100 \right)}{p} \quad (8)$$

$$OYH\% = \frac{1.8 - 1.805203}{1.8} \times 100 = \% 0.0028905$$

değerleri elde edilir.

Tablo 6. Çekme gerilmesi etkisi altındaki kademeli ve kanallı miller için çentik faktörünün YSA modelindeki hata miktarları

KADEMELİ MİL					KANALLI MİL				
Gerçek Değerler	YSA Değerleri	RMS	R ²	OYH	Gerçek Değerler	YSA Değerleri	RMS	R ²	OYH
1.8	1.805	0.0052	0.99991	0.00289	1.3814	1.372	0.009	0.993148	0.680469
1.728	1.722	0.0054	0.99998	0.00317	1.3376	1.364	0.026	0.980263	1.935483
1.678	1.666	0.0113	0.99995	0.00677	1.4491	1.408	0.040	0.970809	2.836243
1.61	1.611	0.0017	0.99999	0.00108	1.8228	1.778	0.044	0.974803	2.457757
1.55	1.560	0.0109	0.99991	0.00703	2.0993	1.97	0.129	0.934365	6.159195

Bir YSA modelinin performansı, RMS değerinin düşük olmasına, R² 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. Tablo 6 incelendiğinde yapılan YSA modelinin performansının oldukça iyi olduğu görülmektedir. RMS değerleri çok düşük, R² değeri 1'e oldukça yakın ve OYH değerinin düşük olduğu görülmektedir.

6. Sonuç ve öneriler

Yapılan bu çalışmada millerin boyut ölçüleri, çentiklerin şekil ve üzerine gelen baskı kuvvetlerinin çeşidi parametrelerinin çentik katsayısı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Literatürden alınan tablolar incelenmiş ve çalışmamıza yön veren veriler olarak alınmıştır [17-18]. Literatürden faydalanılarak alınan veriler ile daha sonra Pythia programında bir YSA yapısı oluşturulmuş bu yapıdan ağ ağırlıkları alınarak Excel ortamında bir dizi matematiksel işlemler yapılmıştır. Pythia programında YSA ile yapılan yazılımdan elde edilen deney sonuçlarından şu sonuçlara varılmıştır:

Çekme gerilmesi etkisindeki miller için hazırlanan bu çalışma ile çentik faktörü değerlerine kolayca, herhangi bir çentik tablosuna gerek kalmaksızın çentik değerleri hesap edilebilmektedir. Kullanıcıyı tablo bulundurmaktan ve bu tabloları kullanarak değer okuma işleminden kurtarmıştır. Tablodan değerler okunurken bireysel farklılıklardan dolayı her kullanıcının okuyacağı ve interpolate edeceği değerler değişeceğinden kullanıcıdan kaynaklanan hatalar minimize

edilmiştir. Hesap hatalarının önüne geçilmiştir. Tablolarda bulunan grafiklerdeki oranların dışındaki mil ölçüleri değerleri için doğru sonuca hızlıca varılabilir.

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.

6.KAYNAKLAR

1. Nicholas. T.: "High Cycle Fatigue: A Mechanics of Materials Perspective". Oxford: Elsevier. 213 – 238. (2006).
2. Doğrusadık. A. "Çentikli Parçaların Yorulma Ömürlerinin Saptanmasında Kullanılan Yöntemlerin Deneysel Tahkiki". İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul. 1-2 (2009).

3. McClintock. F. "A criterion of ductile fracture by the growth of holes". *J Appl Mech.* 35: 363–71 (1968).
4. Rice. J.. Tracey. D. "On the ductile enlargement of voids in triaxial stress fields". *J Mech Phys Solids.* 17:201–17 (1969).
5. 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).
6. Bridgman. P. "Studies in large plastic flow and fracture". Cambridge. MA: *Harvard University Press*; 3-5 (1952).
7. 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).
8. Efe. M. Ö.. Kaynak. O.. "Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları". *Boğaziçi Üniversitesi Yayınları.* İstanbul. 3:1 (2000).
9. Elmas. Ç.. "Yapay Sinir Ağları". *Seçkin Yayıncılık.* Ankara 27-37 (2003).
10. Arslan. A.. İnce. R.. "The neural network approximation to the size effect in fracture of cementitious materials". *Engineering Fracture Mechanics.* 54 (1996).
11. Yao. X.. "Evolving artificial neural Networks". *Proceedings of the IEEE.* 87 (1999).
12. Bozacı. A.. "Makine Elemanlarının Projelendirilmesi". *Seç Yayın Dağıtım.* İstanbul 1-6 (1995).
13. Akkurt. M.. "Makine Elemanları". *Birsen Yayın Evi Ltd. Şti. Seç Yayın Dağıtım.* İstanbul 29 (2005).
14. Koç. E.. "Makine Elemanları". *Nobel Kitapevi.* Adana 47. (2004).
15. Can. A. Ç.. "Makine Elemanları Tasarımı". *Birsen Yayın Evi.* İstanbul 43 (2006).
16. Öztemel. E.. "Yapay Sinir Ağları". *Papatya Yayıncılık.* İstanbul 87 2006.
17. Peterson .R. E.. "Design Factors for Stress Concentration." *Machine Design.* vol. 23. no. 2. February 1951. p. 169; no. 3. March 1951. p. 161. no. 5. May 1951. p. 159; no. 6. June 1951. p. 173; no. 7. July 1951. p. 155. Reprinted with permission from *Machine Design.* a Penton Media Inc. publication.
18. Budynas–Nisbett Shigley’s *Mechanical Engineering Design.* McGraw. H..“ A.B.D. 1003-1005. (2006)