Mehmet Tekkaş
Marmara University, Vocational School of Technical Sciences, İstanbul-Türkiye
e-mail: tekkas@marmara.edu.tr

KESME KUVVETLERİNİN ARA DEĞERLERİNİN BULANIK MANTIK VE YAPAY SİNİR AĞLARIYLA TAHMİNİ

ÖZET

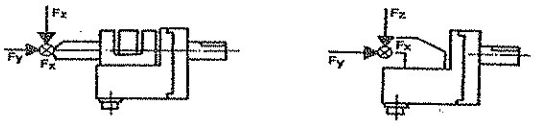
Kesici takımda, kesme işlemi sırasında meydana gelen dirençlere karşı oluşan talaş kaldırma kuvveti veya kesme kuvvetlerinin üç eksendeki bileşenleri dinamometre yardımıyla ölçülür. Bu çalışmada dinamometre yardımıyla; kesici takıma etki eden kuvvetler, kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği parametrelerine bağlı olarak, CNC torna tezgâhında ölçülmüştür. Kesme parametreleri ile kesici takıma etki eden kesme kuvvetleri arasında doğrusal bir bağlantı olmadığından kesme kuvvetlerinin tahmininde son yıllarda Yapay Zeka(YZ) teknikleri kullanılmaktadır.

Ara değerlerin tahmininde gerek maliyet, gerekse zaman açısından çok sayıda deney yapmanın mümkün olmadığı durumlarda, kesme parametrelerinin ara değerlerine göre, kesme kuvvetlerinin tahmininde bu teknikler kullanılır.Kesme kuvvetlerinin tahmininde YZ tekniklerden Bulanık Mantık(BM) ve Yapay Sinir Ağları (YSA) literatürdekinden farklı olarak PA 6 malzemelerin işlenebilirliğinde kullanılmıştır.

Bu çalışmada BM ve YSA tekniklerinin her ikisi kullanılarak kesici takıma etki eden kuvvetlerin tahmin sonuçları elde edilmiş, deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmalı yorumları grafiksel olarak yapılmıştır.

I. GİRİŞ

Tornalamada,talaş kaldırma sırasında meydana gelen dirençleri yenmek için gerekli talaş kaldırma kuvveti F; esas kesme kuvveti Fz, ilerleme kuvveti Fx ve radyal kuvvet Fy olmak üzere üç bileşene ayrılır. Kesici takıma etki eden kuvvetler aşağıdaki Şekil.1'de gösterilmiştir. Fz kuvveti işlenen yüzeye teğet olup, kesme yönündedir. Fx ilerleme yada radyal kuvvet Fx, işlenen parçanın eksenine paralel olup ilerleme yönüne zıttır. Fy parça eksenine dik bir düzlemde bulunur [1,2].



Şekil.1. Kesici Takıma Etki Eden Kuvvetler

Kesme kuvvetlerinin ölçülmesinde, kesme kuvvetine en çok etki eden parametreler kesme hızı (v) m/dak, ilerleme (f) mm ve talaş derinliği (t) mm' dir. Literatürde kesme kuvvetlerinin tahmininde BM ve YSA kullanan kişiler ve kullanılan başlıca yerler şunlardır. M.A. El Baradey, kesme hızını tahmininde BM model kullanarak, tornalama işlemi sırasında, işlenecek malzemenin sertliğine göre kesme hızının tahmin modelini oluşturmuştur. Elde ettiği veriler ile standart verilerin karşılaştırmasını yapmıştır [2].Sinan İlkaz, BM modelini kesme parametrelerinin belirlemesinde kullanmıştır. Kesme parametrelerini, kesilecek malzeme, kesici takım malzemesi ve kullanılan takım tezgâhı gücüne göre belirlemiştir. BM Modelini ise Matlab Fuzzy Tolibox kullanarak hazırlamıştır [3]. K. Hans Raj ve arkadaşları takım aşınmasını tahmininde YSA'yı kullanmışlardır. Geri yayılımlı YSA modelinde kullanarak, giriş değişkeni olarak kesme sırasında oluşan kuvvetleri kullanmışlardır [4].Wen Tung Chien ve arkadaşları yapay sinir ağını 304 paslanmaz çeliklerini işleme sırasında meydana gelen yüzey pürüzlülüğünü tahmininde kullanmıştır. Giriş parametreleri olarak kesme hızını, ilerleme ve talaş derinliğini kullanmıştır. Çalışmalarında geri yayılımlı YSA modelini kullanmışlardı [5]. Literatürde yapılan ve yukarıda açıklanan deneysel çalışmaların çoğunluğu metaller üzerinedir. Buna karşılık, literatürde plastiklerin işlenebilirliği ile ilgili BM ve YSA kullanılan çalışma bulunmamaktadır. Bu bizim çalışmamızın özgünlüğünü ortaya koyan önemli bir parametredir. Bu çalışmada, PA malzemede tornalama işlemi esnasında kesici takım üzerinde oluşan kuvvetlerin kesme parametrelerinin ara değer tahmini BM ve YSA modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. BM ve YSA modeli kullanılarak elde edilen verilerle deneysel veriler karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

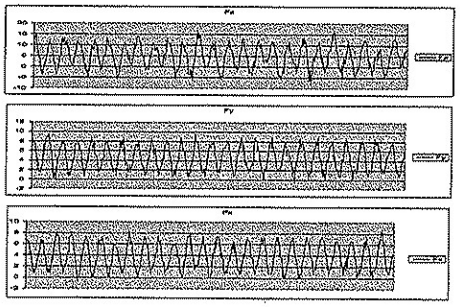
2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneysel çalışmada PA 6 malzemesi kullanılmıştır. Kesme parametreleri olan kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliğinin üçer farklı değer alınarak 27 adet kombinasyon ve 5 adet kesme parametrelerinin ara değerleri kullanılarak deney listesi oluşturuldu. Dinamometre kullanma kılavuzundaki bilgiler doğrultusunda, kesme kuvvetlerinin ölçülmesinde kullanılan DynoWare programı parametreleri ayarlanmış ve dinamometrenin ölçme aralığı 0 ile 300 N seçilmiştir. Bir saniye süresince kayıt edilecek veri sayısı 100 ve ölçüm süresi 5 saniye olarak belirlenmiştir. CNC torna tezgahında işlenecek deney parçası için yapılacak programın hazırlanmasında devir sayısı (n) dev/dak, ilerleme (f) dev/mm ve talaş derinliğinin (t) mm bilinmesi gerekmektedir. Devir sayısı denklem (1) kullanılarak bulunur.

$$v = \frac{\pi D n}{1000} (m/dak) \qquad (1)$$

(n: Devir Sayısı (dev/dak); v: Kesme Hızı (m/dak); D: İş Parçası Çapı (mm))

Deney listesinin birinci sıradaki 135 m/dak kesme hızı ve 65mm iş parçası çapı için tezgah devir sayısı 661 d/dak olarak bulundu.Birinci deney için CNC Torna tezgahı programı; devir sayısı 661 dev/dak, ilerleme oranı 0,2 mm/dev ve talaş derinliği 1mm olarak ayarlandı. Hazırlanan program kullanılarak iş parça üzerinde 20mm'lik kısımda talaş kaldırma işlemi yapılarak; kesme sırasında kesici takım etki eden kuvvetlerin ölçümü yapılmıştır. Kesici takıma etki eden kuvvetlerin grafiksel sonucu aşağıdaki Şekil. 2'de gösterilmiştir. Bu veriler içinde tekrar eden en yüksek veriler baz alınarak kesme kuvvetlerinin değerleri belirlenmiştir.



Şekil.2. Kesici takıma etki eden Fx , Fy ve Fz kuvvetlerin zaman grafikleri

Aynı işlemler tekrar edilerek 32 adet farklı parametre ile kesici takıma etki eden kuvvetler ölçüldü. Deneysel çalışmada elde edilen kesici takıma etki eden kuvvetlerin sayısal sonuçları Tablo.1'de verilmiştir. Tabloda önceden belirlenen kesme parametreleri ile üç eksende elde edilen kesme kuvvetleri sonuçları verilmiştir. [1]

No	Kesme	İlerleme(f) dev/mm	Talaş(t)mm Derinliği	F_z	F_y	F_x
1	135	0.2	1	13.9	8.78	8.05
2	135	0.2	2.5	20.40	10.98	9.52
3	135	0.2	4	12.45	6.59	5.85
4	135	0.4	1	12.40	7.32	5.86
5	135	0.4	2.5	19.04	8.78	8.05
6	135	0.4	4	24.90	5.12	5.86
7	135	0.6	1	9.52	6.59	5.83
8	135	0.6	2.5	21.97	9.52	8.78
9	135	0.6	4	21.70	6.59	5.81
10	210	0.2	1	19.77	10.98	9.52
11	210	0.2	2.5	10.25	2.19	2.92
12	210	0.2	4	19.04	8.78	8.78
13	210	0.4	1	9.52	6.59	5.85
14	210	0.4	2.5	21.97	9.52	8.78
15	210	0.4	4	21.70	6.59	5.81
16	210	0.6	1	10.98	1.46	2.19
17	210	0.6	2.5	22.70	13.91	8.05
18	210	0.6	4	23.43	5.12	5.85
19	285	0.2	1	14.64	9.52	8.05
20	285	0.2	2.5	13.80	5.85	6.59
21	285	0.2	4	19.04	7.32	9.50
22	285	0.4	1	5.86	2.92	2.19
23	285	0.4	2.5	8.78	2.92	1.46
24	285	0.4	4	21.97	8.78	8.00
25	285	0.6	1	16.84	10.25	5.12
26	285	0.6	2.5	24.72	8.42	6.82
27	285	0.6	4	28.54	9.52	8.05
28	135	0.4	3	21.10	6.59	6.59
29	285	0.4	3	15.38	7.32	5.37
30	285	0.2	2	15.74	7.26	6.90
31	285	0.3	1	6.59	5.85	5.12
32	250	0.2	1	15.80	9.52	8.72

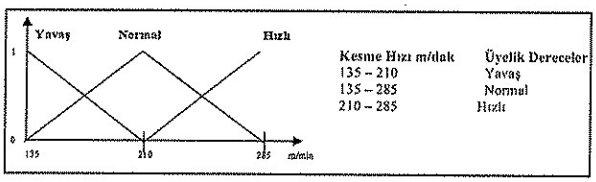
Tablo.1. Deneysel Çalışma Sonuçları

3. KESME KUVVETLERİNİN BM YÖNTEMİYLE TAHMİNİ

Kesici takıma etki eden kuvvetlerin tahmini için kullanılan BM modeli Matlab R13 programının Fuzzy ToolBox kullanılarak hazırlandı. BM modeli 3 adet giriş ve 3 adet çıkış değişkeni kullanılarak hazırlandı. Giriş değişkenleri; kesme parametreleri olan kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliğidir. Çıkış değişkenleri; kesici takıma etki eden kesme kuvvetleri olan Fz, Fy ve Fx dir.BM modelinin üyelik fonksiyonu olarak üçgen üyelik fonksiyonu, çıkarım ünitesinde Mamdani tipi bulanık modeli ve durulaştırma için alan merkezi metodu kullanıldı. Aşağıda giriş ve çıkış değişkenlerinin üyelik fonksiyonları ve kural tabanında kullanılan kurallar verilmiştir. [1]

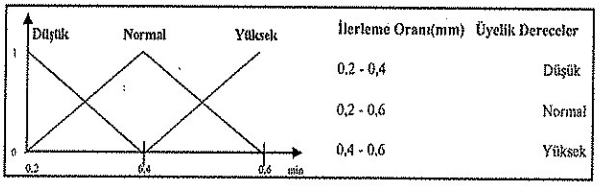
3.1. Üyelik Fonksiyonları

Her üyelik fonksiyonu için, belirli değer aralıklarıyla sınırlı, derecelendirme ve isimlendirme yapıldı. Kesme hızı bir fonksiyon olarak belirlenmişse, alt ve üst kesme hızlarına göre, çok yavaş, yavaş, orta, hızlı ve çok hızlı gibi aralıklar tayin edilerek isimlendirilir. BM model işlemler yaparken, bu dereceleri ifade eden değerler göz önüne alınarak sonuçlar üretecektir [3]. Giriş değişkenleri 5 adet üyelik derecesi, çıkışlar ise 9 adet üyelik derecesi kullanılarak hazırlandı. Şekil.3'de Kesme hızı üyelik fonksiyonları ile üyelik dereceleri ile kesme hızı çok yavaş, yavaş, normal, hızlı ve çok hızlı olarak üyelik dereceleri belirlendi gösterilmiştir.



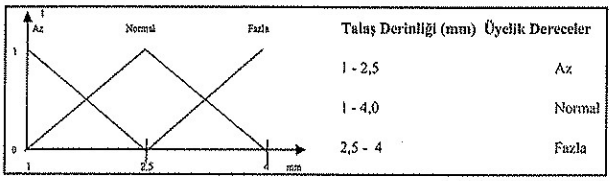
Şekil.3. Kesme Hızı Üyelik Fonksiyonu ve Üyelik Dereceleri

Şekil.4'de ilerleme oranı üyelik fonksiyonları ile üyelik dereceleri ile ilerleme oranı çok düşük, düşük, normal, yüksek ve çok yüksek olarak üyelik dereceleri verilmiştir.



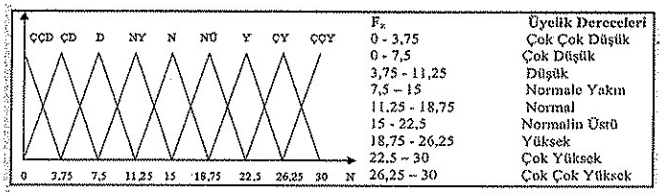
Şekil. 4.İlerleme Oranı Üyelik Fonksiyonu ve Üyelik Dereceleri

Şekil.5'de Talaş derinliğinin üyelik fonksiyonu ile talaş derinliği; çok az, az, normal, fazla ve çok fazla olarak üyelik dereceleri gösterilmiştir.



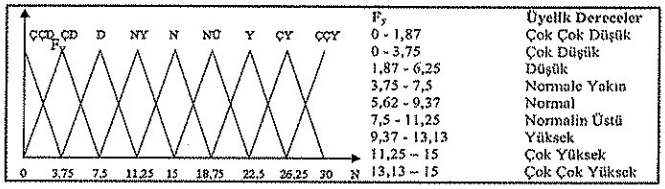
Şekil.5. Talaş Derinliği Üyelik Fonksiyonu ve Üyelik Dereceleri

Şekil.6'da kesici takıma etki eden kesme kuvvetinin Fz yönündeki bileşenin üyelik fonksiyonu ile üyelik dereceleri gösterilmiştir. Kesme kuvvetinin Fz yönündeki bileşenin; üyelik dereceleri çok çok düşük (ÇÇD), çok düşük (ÇD), düşük (D), normale yakın (NY), Normal (N), normalın üstü (NÜ), yüksek (Y), çok yüksek (ÇY) ve çok çok yüksek(ÇÇY) olarak belirlendi.



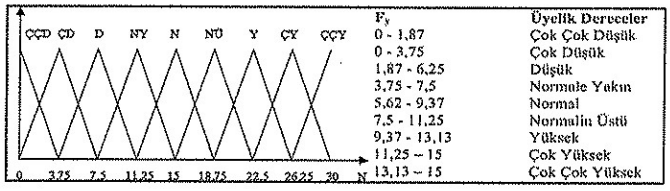
Şekil.6. Fz Üyelik Fonksiyonu ve Üyelik Dereceleri

Şekil.7'de kesici takıma etki eden kesme kuvvetinin Fy yönündeki bileşenin üyelik fonksiyonu ile üyelik dereceleri gösterilmiştir. Kesme kuvvetinin Fy yönündeki bileşenin; çok çok düşük (ÇÇD), çok düşük (ÇD), düşük (D), normale yakın (NY), Normal (N), normalın üstü (NÜ), yüksek (Y), çok yüksek (ÇY) ve çok çok yüksek (ÇÇY) olarak üyelik dereceleri belirlendi.



Şekil.7. Fy Üyelik Fonksiyonu ve Üyelik Dereceleri

Şekil.8.'de kesici takıma etki eden kesme kuvvetinin Fx yönündeki bileşenin üyelik fonksiyonu ile üyelik dereceleri gösterilmiştir. Kesme kuvvetinin Fx yönündeki bileşenin; çok çok düşük (ÇÇD), çok düşük (ÇD), düşük (D), normale yakın (NY), Normal (N), normalin üstü (NÜ), yüksek (Y), çok yüksek (ÇY) ve çok çok yüksek (ÇÇY) olaraküyelik dereceleri belirlendi.



Şekil.8. Fx Üyelik Fonksiyonu ve Üyelik Dereceleri Tablo IV.13 Fx Üyelik Dereceleri

3.2. Kural Tabanı

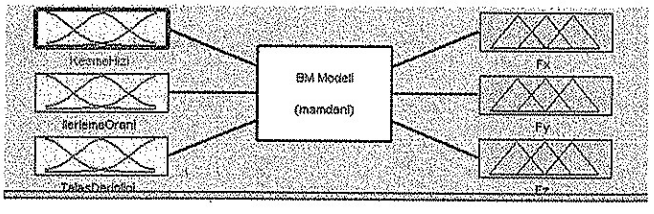
BM modelinde kullanılan kuralların listesi Tablo.2.'de verilmiştir.

Tablo.2. BM Modelinde Kullanılan Kural Tabanı

No	Kesme Hızı		İlerleme Oranı		Talaş Derinliği		E_z	E_y	E_x
1	Yavaş	VE	Düşük	VE	Az	İSE	NY	NU	N
2	Yavaş	VE	Düşük	VE	Az	İSE	N		
3	Yavaş	VE	Düşük	VE	Normal	İSE	NU	NU	Y
4	Yavaş	VE	Düşük	VE	Normal	İSE	Y	Y	
5	Yavaş	VE	Düşük	VE	Fazla	İSE	NY	NY	NY
6	Yavaş	VE	Düşük	VE	Fazla	İSE		N	
7	Yavaş	VE	Normal	VE	Az	İSE	NY	N	NY
8	Yavaş	VE	Normal	VE	Normal	İSE	NU	N	N
9	Yavaş	VE	Normal	VE	Normal	İSE	Y	NU	NU
10	Yavaş	VE	Normal	VE	Fazla	İSE	Y	NY	NY
11	Yavaş	VE	Yüksek	VE	Fazla	İSE	CY		
12	Yavaş	VE	Yüksek	VE	Az	İSE	D	NY	NY
13	Yavaş	VE	Yüksek	VE	Az	İSE	NY	N	
14	Yavaş	VE	Yüksek	VE	Normal	İSE	Y	NU	N
15	Normal	VE	Düşük	VE	Fazla	İSE	Y	NY	NY
16	Normal	VE	Düşük	VE	Az	İSE	NU	Y	NU
17	Normal	VE	Düşük	VE	Normal	İSE	NY	CD	CD
18	Normal	VE	Düşük	VE	Fazla	İSE	NU	N	N
19	Normal	VE	Normal	VE	Fazla	İSE	Y	NU	NU
20	Normal	VE	Normal	VE	Az	İSE	NY	N	NY
21	Normal	VE	Normal	VE	Normal	İSE	D	NY	D
22	Normal	VE	Yüksek	VE	Fazla	İSE	NY	NU	N
23	Normal	VE	Yüksek	VE	Az	İSE	NY	CD	CD
24	Normal	VE	Yüksek	VE	Normal	İSE	Y	Y	NU
25	Normal	VE	Yüksek	VE	Fazla	İSE	Y	NY	NY
26	Normal	VE	Düşük	VE	Fazla	İSE	CY		
27	Hızlı	VE	Düşük	VE	Az	İSE	N	NU	N
28	Hızlı	VE	Düşük	VE	Normal	İSE	N	NY	NY
29	Hızlı	VE	Düşük	VE	normal	İSE	NU	NY	N
30	Hızlı	VE	Normal	VE	Fazla	İSE	NU	N	NU
31	Hızlı	VE	Normal	VE	Az	İSE	CD		CD
32	Hızlı	VE	Normal	VE	Az	İSE	D		
33	Hızlı	VE	Normal	VE	Normal	İSE	D	D	CD
34	Hızlı	VE	Yüksek	VE	Fazla	İSE	Y	NU	N
35	Hızlı	VE	Yüksek	VE	Az	İSE	N	NU	NY
36	Hızlı	VE	Yüksek	VE	Az	İSE	NU		
37	Hızlı	VE	Yüksek	VE	Normal	İSE	CCY	NU	N

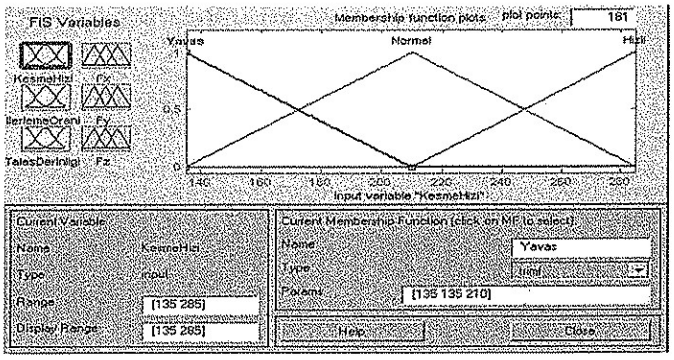
3.3. BM Modelinin Matlab ile Hazırlanması

BM modeli Matlab programı kullanılarak hazırlandı. Matlab Fuzzy Toolbox kullanılarak; BM model tipi olarak Mamdani seçildi. Model 3 giriş ve 3 çıkış değişkeni tanımlandı. Giriş değişkenleri; kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği, 3 adet üyelik derecesi ve üçgen üyelik fonksiyonu kullanılarak tanımlandı. Çıkış değişkenleri; kesme kuvvetinin 3 bileşenleri olan Fz, Fy, Fx, 9 adet üyelik derecesi ve üçgen üyelik fonksiyonu kullanılarak tanımlandı. BM modelinin yapısı Şekil.9.'da gösterilmiştir.



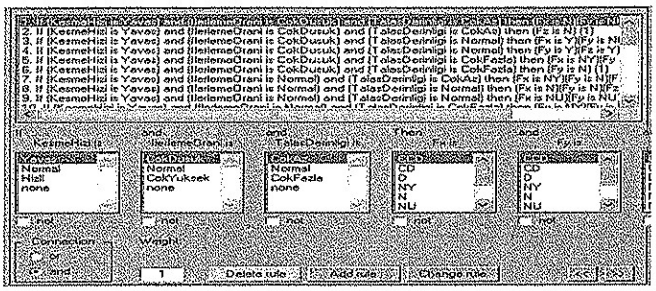
Şekil.9. BM Model Yapısı

Önceden belirlenen üyelik derecilerinin oranları BM modeline girildi. Şekil.10'da kesme hızının üyelik fonksiyonu ile üyelik derecelerinin tanımlandıktan sonraki görüntüsü verilmiştir.



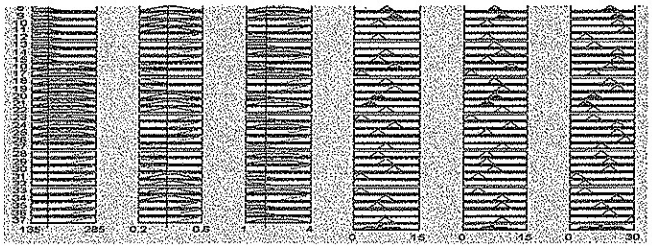
Şekil.10. Kesme Hızı Üyelik Fonksiyonu ve Üyelik Dereceleri

Aşağıdaki Şekil.11.'de önceden belirlenen kuralların Matlab programına aktarıldıktan sonraki görüntüsü verilmiştir. 37 adet kural girişi yapılmıştır.



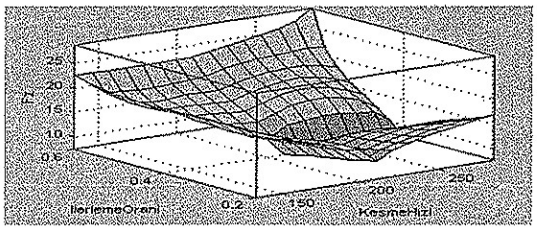
Şekil.11. Kuralların Tanımlanması

Hazırlanan BM modelinde durulaştırma işleminin grafiksel olarak sonucu Şekil.12'de verilmiştir



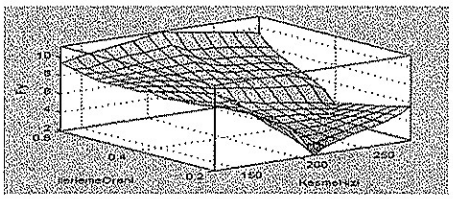
Şekil.12. BM Model Durulaştırma İşleminin Grafiksel Sonuçları

Tornalama İşlemi sırasında kesici takıma etki eden kuvvetlerin Fz bileşeninin BM modelinin tahmin sonuçları, üç boyutlu olarak kesme hızı ve ilerleme oranına bağlı olarak Şekil 13'de verilmiştir.



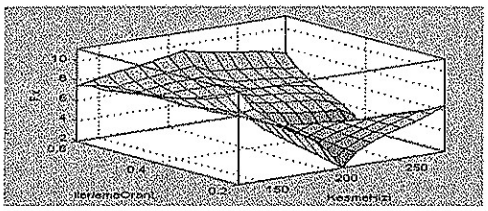
Şekil.13. Kesme Hızı ve İlerlemeye Bağlı BM Model Sonuçları (Fz)

Kesici takıma etki eden kuvvetlerinin Fy bileşenin BM modelininin tahmin sonuçları, üç boyutlu olarak kesme hızı ve ilerleme oranına bağlı olarak aşağıdaki Şekil.14'de verilmiştir.



Şekil.14. Kesme Hızı ve İlerlemeye Bağlı BM Model Sonuçları (Fy

Kesici takıma etki eden kuvvetlerinin Fx bileşeninin BM modelinin tahmin sonuçları, üç boyutlu olarak kesme hızı ve ilerleme oranına bağlı olarak Şekil.15'de verilmiştir



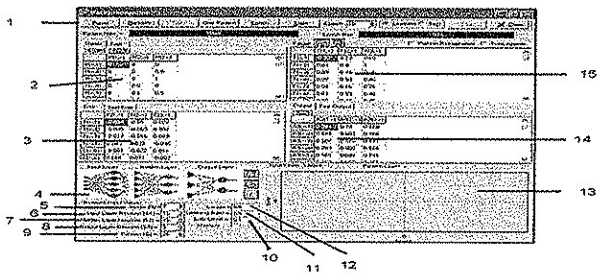
Şekil.15. Kesme Hızı ve İlerlemeye Bağlı BM Model Sonuçları(Fx)

4. KESME KUVVETLERİNİN YSA YÖNTEMİYLE TAHMİNİ

Bu çalışmada geriye yayılımlı YSA modeli kullanılmıştır. Doğrusal olmayan sitemlerin modellenmesinde en iyi sonuçlar Sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılarak elde edilir.. Bu nedenle YSA'nın modelinin hazırlanmasında Sigmoid aktivasyon fonksiyon kullanıldı.Yapay sinir ağının eğitiminde deneysel çalışma sonucunda elde edilen veriler kullanıldı. Eğitim için 32 adet deney verisinden 27 tanesi kullanıldı. YSA modelinde üç giriş ve üç çıkış bulunmakta. Giriş verileri; kesme kuvveti, ilerleme ve talaş derinliğidir. Çıkışlar ise kesme kuvvetleri olan Fz, Fy ve Fx dir. Uygun gizli katman sayısı, düğüm sayısı ve öğrenme derecesi deneme yanılma ile bulundu.Bu çalışmada YSA modeli yapay sinir ağı simülatörü kullanılarak hazırlandı[6].

4.1. YSA Simülatörünün Bölümleri

Aşağıda Şekil.16.'da YSA simülatörünün bölümleri verilmiştir. 1. kısım kontrol butonlarının bulunduğu yerdir. Burada ilk ağırlık değerleri rasgele olarak belirleme butonu, YSA modelinin eğitimini başlatma butonları bulunmaktadır. 2. kısım eğitim seti verilerinin girildiği yerdir. 15. kısım hedef verilerinin girildiği kısım. 3. kısım hataları gösteriyor. Bu hatalar hedef değerinden, ağın verdiği sonucun çıkarılmasıyla elde edilen verilerdir.14. kısım ağın vermiş olduğu sonuçların gösterildiği kısım. 4. kısım YSA şekilsel gösterimidir.5. kısım YSA'nın girişlerin sayısının girildiği kısımdır. 6. kısım giriş katmanındaki proses elemen sayısıdır. 7. kısım gizli katmandaki proses eleman sayısının girişinin yapıldığı yerdir. 8. çıkış adetlerinin belirlendiği yerdir. 9. eğitim setlerinin adetinin belirtildiği kısım. 11. hata değeri, 12. lamda oranı, 10. lamda değeri, 13. toplam hataların grafiksel olarak gösterildiği yerdir [7].



Şekil.16 .YSA Simülatörünün bölümleri

4.2. YSA Simülatörünün Kullanımı :YSA modelinin çalışması dört adımda gerçekleşmektedir. 1. adım YSA modelinde kullanılacak verilerin normalize edilmesi,

2. adım YSA simülatörünün parametrelerinin ayarlanması,

3. adım YSA'nın eğitilmesi,

4. adım YSA tahmin sonuçlarının elde edilmesi.

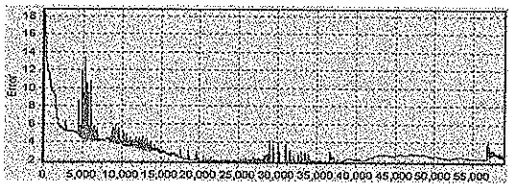
Birinci adımda Sigmoid fonksiyonun özelliğinden dolayı, verilerağagiriş yapılmadan önce normalize edildi. Deneysel çalışmada elde edilen kesme kuvvetleri ile kesme parametreleri; en küçük değer 0 ve en büyük değer 1 olacak şekilde normalize veriler Tablo .3'te verilmiştir. [1]

Tablo.3. YSA Simülatöründe Kullanılan Normalize Veriler

V	f	d	F_c	F_f	F_r
0	0	0	0.321586	0.736364	0.694737
0	0	0.5	0.643172	0.8	1
0	0	1	0.290749	0.463636	0.463158
0	0.5	0	0.290749	0.536364	0.463158
0	0.5	0.5	0.585903	0.663636	0.768421
0	0.5	1	0.84141	0.336364	0.463158
0	1	0	0.162996	0.463636	0.463158
0	1	0.5	0.709251	0.736364	0.694737
0	1	1	0.700441	0.463636	0.536842
0.5	0	0	0.612335	0.8	0.852632
0.5	0	0.5	0.193833	0.063636	0.084211
0.5	0	1	0.612335	0.663636	0.789474
0.5	0.5	0	0.162996	0.463636	0.463158
0.5	0.5	0.5	0.127753	0.336364	0.305263
0.5	0.5	1	0.290749	0.736364	0.621053
0.5	1	0	0.22467	0	0.073684
0.5	1	0.5	0.744493	1	0.852632
0.5	1	1	0.84141	0.336364	0.463158
1	0	0	0.387665	0.663636	0.694737
1	0	0.5	0.484581	0.4	0.536842
1	0	1	0.581498	0.536364	0.852632
1	0.5	0	0	0.136364	0.073684
1	0.5	0.5	0.127753	0.136364	0
1	0.5	1	0.709251	0.663636	0.694737
1	1	0	0.484581	0.8	0.389474
1	1	0.5	1	0.736364	0.705263

İkinci adımda YSA simulatorun parametreleri belirlendi. YSA simülasyon programında aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyon seçildi. Hazırlanan modelde üç giriş ve üç tana çıkış değişkenleri tanımlandı. YSA modelinin eğitim seti sayısı 27 olarak giriş yapıldı. Eğitim seti verilerinin normalize değerlerinin girişi yapıldı. YSA modelinde kullanılacak proses eleman sayısı 15 olarak belirlendi.

Üçüncü adımda ağın eğitilmesi yapıldı. Bu işlem iki aşamada yapıldı. Birinci aşamada ağın en hızlı öğrendiği parametreler belirlendi. Deneme yanılma yolu ile en hızlı öğrenme; giriş katmanın proses sayısı 15, gizli katmanın proses elemen sayısı 15, lamda değeri 0.5, öğrenme oranı 0.2 ve hata değeri 0,1 olduğu durumda gözlendi. Bu değerlere kullanılarak ağın eğitimi yapıldı. Her 5000 iterasyonda ağın verdiği sonuçlar kaydedildi. 45000 iterasyonda toplam hata miktarı 1,52 olarak ulaşıldı. Bu iterasyonda ağın eğitilmesi durduruldu. Aşağıdaki Şekil.17'de toplam hataların değişiminin grafiksel olarak verilmiştir. Grafikte YSA ağının eğitim sırasında her bir iterasyonda oluşan hata miktarı verilmiştir



Şekil.17. Toplam Hata

Dördüncü adımda eğitimi tamamlanan YSA modeli kullanılarak YSA modelinin tahmin sonuçları elde edildi.

5. SONUÇLAR VE KARŞILAŞTIRMALI YORUMLAR

Matlab R13 Fuzzy Toolbox kullanılarak hazırlanan BM modelinde, test için belirlen 5 adet kesme parametreleri kullanılarak tahmin sonuçları elde edildi. Elde edilen tahmin sonuçlar aşağıdaki Tablo V.1'de verilmiştir. Tabloda kesme hızı ilerleme ve talaş derinliğine bağlı kesme kuvvetlerinin, deney sonuçları ile BM model tahmin sonuçları verilmiştir.

YSA simülatörü kullanılarak hazırlanan YSA modelinde, test için belirlenen 5 adet kesme parametreleri kullanılarak tahmin sonuçlan elde edildi. Elde edilen tahmin sonuçları Tablo .4'de verilmiştir. Tabloda kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliğine bağlı kesici takım üzerinde oluşan kuvvetlerinin, deneysel çalışma sonuçları ile YSA model tahmin sonuçları verilmiştir.

5.1.Bm model sonuçlari ile ysa sonuçlari

Tablo.3'te deneysel çalışma ile elde edilen kesici takım etki eden kesme kuvvetlerinin sonuçları ile BM ve YSA modelleri kullanılarak elde edilen tahmin sonuçlarının değerleri verilmiştir.

5.1.1. Deneysel Veriler ile BM ve YSA Model Sonuçlarının Karşılaştırılması

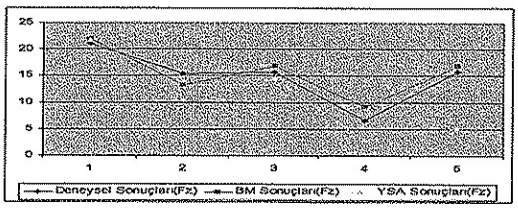
Deneysel çalışma ile elde edilen sonuçlar ile BM ve YSA modeli kullanılarak elde edilen tahmin sonuçların grafiksel olarak karşılaştırması ve yorumlanması aşağıda yapılmıştır.

Tablo V.3 YSA ve BM Sonuçlar

Parametreler				Deneysel Sonuçları			YSA Sonuçları			BM Sonuçları		
Test	v	f	t	F_z	F_y	F_x	F_z	F_y	F_x	F_z	F_y	F_x
1	135	0,4	3	21,10	6,59	6,59	21,7	6,4	7,1	21,90	7,82	7,50
2	285	0,4	3	15,38	7,32	5,37	10,5	8,7	5,7	13,30	5,91	4,04
3	285	0,2	2	15,74	7,26	6,90	14,5	7,4	7	16,90	7,07	6,56
4	285	0,3	1	6,59	5,85	5,12	2,99	2,1	1,6	9,15	6,56	4,69
5	250	0,2	1	15,80	9,52	8,72	5,13	3,55	3,4	16,80	10,30	8,38

i) Fz Doğrultusundaki BM ve YSA Model Sonuçlarının Karşılaştırılması

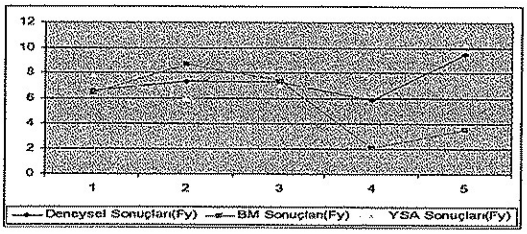
Şekil.18'de deneysel çalışmada elde edilen Fz doğrultusundaki kesici takıma etki eden kuvvetler ile BM ve YSA modelleri kullanılarak elde edilen tahmin değerlerinin karşılaştırılması grafiksel olarak verilmiştir. Her iki modelde deney değerlerine yakın sonuçlar vermiştir. Birinci kesme parametreleri kullanılarak elde edilen BM ve YSA model tahmin sonuçları, deneysel sonuca çok yakın çıkmıştır. İkinci sıradaki sonuçlardan BM model sonucu daha az hata değerine sahiptir. YSA model sonucu daha fazla hata değerine sahiptir. İki sonuçta deneysel çalışma sonucundan küçüktür. Üç ve dört numaralı sonuçlar BM model tahmin değeri büyük çıkmıştır. YSA model sonuçlan ise küçük çıkmıştır. Beş numaralı tahmin sonuçlarından BM model sonucu deneysel değere yakın ve büyük çıkmıştır.



Şekil.18. Fz Kuvvetinin; BM,YSA Ve Deneysel Sonuçlarının Karşılaştırılması

ii) Fy Doğrultusundaki BM ve YSA Model Sonuçlarının Karşılaştırılması

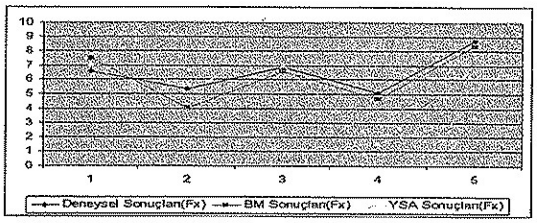
Şekil .19'da deneysel çalışmada elde edilen Fy doğrultusundaki kesici takıma etki eden kuvvetler ile BM ve YSA modelleri kullanılarak elde edilen tahmin değerlerinin karşılaştırılması grafiksel olarak verilmiştir. Her iki modelde deney değerlerine yakın sonuçlar verilmiştir.Birinci kesme parametreleri kullanılarak elde edilen BM model tahmin sonucu deneysel sonuçtan küçük ve yakın çıkmıştır. YSA sonucu is büyük çıkmıştır. İkinci ve üçüncü sonuçlardan BM model sonucu daha büyük değerine sahiptir. YSA model sonuçları daha küçük çıkmıştır. Dört ve beşinci sonuçlardan BM model tahmin sonuçları deneysel sonuçlara yakın ve büyük çıkmıştır. YSA model sonuçlan ise küçük ve hata miktarı fazla çıkmıştır.



Şekil.19.Fy Kuvvetinin; BM, YSA ve Deneysel Sonuçlarının Karşılaştırılması

iii) Fx Doğrultusundaki BM Model Sonuçları ile YSA Model Sonuçlarının Karşılaştırılması

Şekil.20'de deneysel çalışmada elde edilen Fx doğrultusundaki kesici takıma etki eden kuvvetler ile BM ve YSA modelleri kullanılarak elde edilen tahmin değerlerinin karşılaştırılması grafiksel olarak verilmiştir. Her iki modelde deney değerlerine yakın sonuçlar vermiştir. BM model tahmin sonucu deneysel sonuçlara yakın çıkmıştır bir numaralı tahmin sonucu deney sonucundan büyük diğerleri küçük çıkmıştır. YSA model tahmin sonuçlarının ilk üç tanesi deneysel sonuçlara yakın ve büyük sonuçlar çıkmış, dört ile beşinci sonuçların ise hata miktarı fazla ve küçük cıkmıştır.



Şekil.20. Fx Kuvvetinin; BM, YSA ve Deneysel Sonuçlarının Karşılaştırılması

6.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Literatürde kesici takıma etki eden kuvvetlerin tahmininde BM veya YSA'yı kullanan çalışmalar olmasına karşın, bu çalışmada her iki teknik birlikte kullanılmıştır. Bunun yanı sıra, bu teknikler yardımıyla elde edilen gerçek değerlerin karşılaştırmalı yorumları yapılarak, hangi tekniğin daha uygun olduğu performans kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Çalışmanın geneline bakıldığında kesici takıma etki eden kuvvetlerin tahmininde BM yönteminin YSA yöntemine göre daha uygun olduğu görülmüştür.

Kesici takıma etki eden kuvvetlerin tahmininde literatürde metaller üzerine her iki teknik kullanılmış olmasına karşın, bizim çalışmamızdaki gibi PA malzemeler üzerinde çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmaNın, PA malzemeler ile ilgili benzer çalışmalara zemin hazırlamasının yanı sıra BM ve YSA gibi YZ tekniklerinin PA malzemelerin işlenebilirliğinin incelenmesi ve YZ tekniklerinin biri veya birkaçının kesici takıma etki eden kuvvetlerin tahmininde kullanılmasının performansa etkilerinin incelenmesi açısından önemli bir katkı sağladığı düşüncesindeyiz.

KAYNAKLAR

[1] Ali Gündüz, "Tornalama İşleminde Oluşan Kesme Kuvvetlerinin Bulanık Mantık ve Yapay Sinir Ağlarıyla Tahmini" Lisansüstü tez çalışması, M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü , 2005,

[2] Akkurt, M.: "Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları", Birsen, İstanbul, Türkiye, (2000).

[3] El Baradie, M.A.: "Fuzzy Logic Model For Machining Data Selection", International journal of Machine Tools and Manufacture 37 (1995) 1355-1372.

[4] İlkaz, S.: "CNC Tornalama İşlemlerinde Kesme Parametrelerinin Bulanık Mantıkla Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Makine Eğitimi Anabilim dalı, Isparta, Türkiye, (2002).

[5] Raj, K.H,; Sharma, R.H.; Srivastava, S.: "Modeling of Manufacturing Processes with ANN for İntelligent Manufacturing", International journal of Machine Tools and Manufacture 40 (2000) 851-868.

[6] Chin, W.T; C.Y. Chou.: "The Predictive Model For Machinability Of 304 Stainless Steel", Journal of Materials Processing Technology 118 (2001) 442-447.

[7] Tektaş, M.;Topuz, V.;Tektaş, N.:" Artificial Neural Networks Education Simulator", International Symposium On Intelligent Manufacturing Systems, Sakarya, Türkiye, September, 6-8 (2004).

[8] Topuz, V.: "Bulanık Genetik Proses Kontrolü", Doktora Tezi, M. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2002).