

KESİCİ TAKIM AŞINMA DURUMUNUN YAPAY SİNİR AĞI KULLANILARAK BELİRLENMESİ

Murat SÖNMEZ¹

H.Metin ERTUNC²

Cihan KARAKUZU³

^{1,3}Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Kocaeli Üniversitesi, 41040, Kocaeli

²Mekatronik Mühendisliği Bölümü Kocaeli Üniversitesi, 41040, Kocaeli

¹e-posta: mrsonmez@kou.edu.tr

²e-posta: hmertunc@kou.edu.tr

³e-posta: cihankk@kou.edu.tr

Anahtar sözcükler: Takım aşınması, Gözleme sistemleri, Yapay sinir ağı

ABSTRACT

In recent past, several neural network models which employ cutting forces for estimation as well as classification of wear have been developed. A important variation in mean, RMS, variance, standard deviation cutting forces can result in estimation and classification error. Many tool wear condition monitoring techniques have been investigated using a variety of sensors including dynamometers for forces signal. Several basic parameters including variance, RMS, median, max and skewness of force bands inputs in order to enhance the accuracy of tool wear prediction.

1. GİRİŞ

Bu yüzyılın ikinci yarısından sonra imalat sektöründe hızlı bir ilerleme olmuştur. Zaman içerisinde bu teknoloji tam otomasyonla çalışan alet ve makinelerin kullanılması ile yüksek seviyelere ulaşmıştır. Metal kesme sanayinde en çok kullanılan tekniklerden biri de delme işlemidir. Delme işlemi sırasında gerçekleşen aşınmadan dolayı zaman, güç ve iş kaybı gerçekleşmektedir. Metal kesme ve şekillendirmede önemle üzerinde durulan bir unsur da takım aşınması ve kırılması olayıdır. Takım aşınması, işlenen parçanın doğrudan kalitesini etkilediğinden on-line takım aşınmasının gözlemlenmesi imalat sanayiinin önemli öğelerindedir. Çünkü aşınma belli bir zaman sonra kırılmaya sebep olmaktadır. Kesici takımın kırılması, kendi maliyetinden daha çok ekonomik zararlar getirmektedir. Özellikle seri imalat yapan merkezlerde bu durum, daha vahim sonuçlar doğurmaktadır.

Aşınma, kesici takım ile iş parçası arasında temas eden yüzeylerde gerçekleşen malzeme kaybı olarak tanımlanır. Metal kesme işlemlerinde takım aşınması, işlenen ürünün ya da kullanılan takımın mümkün

kayıplarıyla tanımlanır. Bu yüzden, takım aşınması metal kesme işlemlerinin kaçınılmaz bir sonucudur. Bu amaçla takım aşınmasında iş parçasının boyutsal ve olası diğer kayıpları yüzünden kesici takım aşınmasının belirlenmesi üzerine analitik ve deneysel araştırmalar halen devam etmektedir [1].

Kesici takım aşınması, kesici takımlar üzerinden ya da iş parçası üzerinden doğrudan veya dolaylı yoldan ölçülebilir. İmalat sektöründe üretim kayıplarını azaltmak, prosesi durdurmaktan kaçınmak için aşınmayı belirlemede dolaylı ölçüm yöntemleri tercih edilir[2]. Aşınma doğrudan ölçüm metotlarında kesici takımdan sürekli olarak ölçülebilirken; dolaylı ölçüm metotlarında kesici takımın kalan kullanma ömrünü belirlemek için, aşınmayla orantılı olarak değişen bir parametrenin ölçülmesine ihtiyaç vardır[3]. Literatüre bakıldığında, takım aşınmasını belirleyen kuvvet sinyalleri, titreşim, akustik emisyon, güç ölçümü gibi parametreler kullanılmaktadır[4,9]. Özellikle delme işlemi esnasında kesme kuvveti değerleri ölçülen diğer parametrelere göre daha hassas veriler sunar. Bu yüzden, takım aşınmasının gözlemlenmesinde kesme kuvvetlerinin ölçümü önemli bir yer tutar.

Laboratuvarlarda geliştirilen aşınmayı gözleme sistemleri, çoğu zaman çoklu sensör kullanılarak yapılır. Alınan sensör bilgileriyle, yapay zeka bazlı algoritmalar kullanılarak takım ve proses durumu hakkında daha net bilgiler elde edilebilir. Son zamanlarda yapay sinir ağları (YSA) teknikleri çoğu uygulamalarda oldukça fazla kullanılmaktadır.

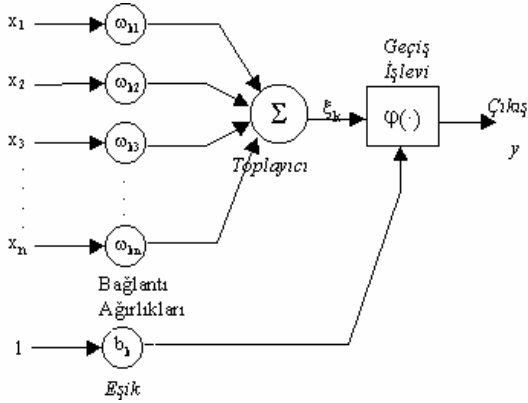
YSA, otomatik öğrenmeli bir algoritma olduğundan takım durumunu gözleme sistemlerinin başta gelen problemlerinde olduğu gibi makine kaynaklı çoğu sistemlere on-line eğitim ile çözüm sunabilir. Bununla birlikte literatürde YSA bazlı takım

durumunu gözleme sistemleri için off-line model önerilir[5,7]. Bu çalışmada, kesici takım aşınma durumunu belirlemek için alınan kuvvet sinyallerinin istatistiksel nicelikleri ile YSA modeli bazı bir sınıflandırma yapılmıştır.

2. YSA MİMARİSİ

YSA, biyolojik sinir ağlarının matematiksel modelinden yola çıkılarak geliştirilmiş, belirli bir öğrenme performansı gösterebilen bilgi işleme sistemleridir. YSA'lar belirli giriş değerlerine karşılık gelen çıkış değerlerinin eşlendirilmesiyle eğitilirler.

Günümüzde birçok alanda YSA'nın uygulamalarına rastlamak olasıdır. Özellikle görüntü tanıma, işaret işleme, sistem tanılama ve eğrisel denetim alanlarında YSA'nın değişik öğrenme stratejileriyle başarıyla kullanılır. Ele alınan bir problemde, YSA yaklaşımı ile çözümünde tasarımcıya çeşitli seçenekler sunar. İlk seçenek, öğrenme mekanizması üzerinedir. Literatürde iki tip öğrenme stratejisinden bahsedilir. Bunlar öğreticili öğrenme ve öğreticisiz öğrenmedir. Tasarımda ikinci seçenek mimari üzerinedir. Verinin akış yönü sürekli ileri doğru ise bu yapıya ileri sürümlü ağ modeli, ağ yapısında geri bildirim varsa bu tipteki sistemlere de geri bildirimli ağ modeli denir. Tasarımın sunduğu diğer seçenek öğrenme algoritmasıdır. Bir başka seçenek ise parametre güncelleme işleminin zamanıdır. Öğreticili öğrenme yaklaşımında, parametre güncelleme işlemi normal çalışma esnasında anlık gözlemlemeden elde edilen bilgi ile yapılıyorsa buna eşzamanlı öğrenme denir. Eğer sinir ağı önceden belirlenen bir giriş çıkış eşleştirmesi ile gerçekleştirilmeye çalışılıyorsa buna da zamandan bağımsız öğrenme denir[6,8].



Şekil 1. YSA da bir nöron modeli

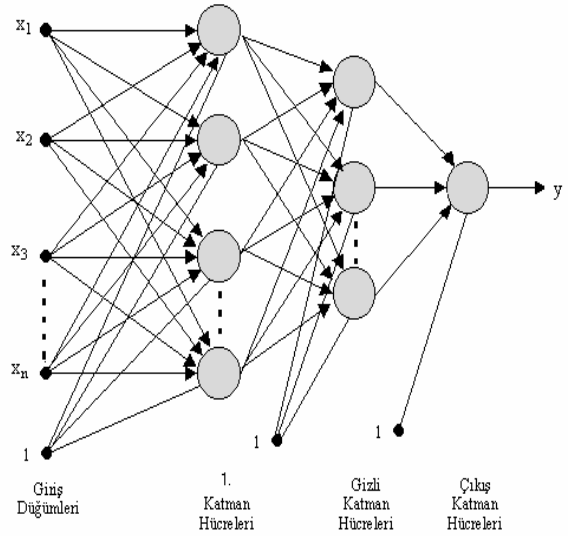
Nöronlar, sinir ağlarını oluşturan basit işlevlere sahip işlemcilerdir. Bir nöron üç bölümden oluşmaktadır. Bunlar; sinapslar, toplayıcı ve geçiş işlevidir. Şekil 1 de bir nöronun modeli gösterilmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere nöron girdileri sinaptik bağlantılar üzerindeki ağırlıklar ile çarpılarak bir toplayıcıya uygulanmakta ve elde edilen toplam, nöronun geçiş

işlevinden geçirilerek çıkış hesaplanmaktadır. 1 ve 2. denklemlerde bunla ilgili gösterimler sunulmuştur. YSA tek yada çok katmanlı işlem elemanlarına sahip olup, her katmandaki nöronların düzenlenmesi kullanıcı tarafından yapılır. Tek katmanlı işlem elemanına sahip bir ağ için, sadece lineer yada lineer olarak ayrılabilen veriler temsil edilir. Lineer olmayan fonksiyonlar, çok katmanlı işlem elemanına sahip nöron içeren ağlarda uygulanabilir.

$$S = w_1u_1 + w_2u_2 + \dots w_nu_n - \theta \dots\dots\dots\text{Denklem 1}$$

$$y = \Psi(S) \dots\dots\dots\text{Denklem 2}$$

Her bir girişteki değişim, çıkışta belli bir değişime neden olmaktadır. Bu değişimi belirleyen bağlantı kazançları, toplayıcının eşik değeri ile nöron geçiş işlevinin tipini oluşturmaktadır. Burada w_i ile gösterilen kazançlar ağırlık olarak θ değeri eşik olarak Ψ işlevinde nöron geçiş işlevi olarak tanımlıdır. Giriş katmanında hesaplama olmadığından geçiş fonksiyonu kullanılmaz. Eşik değeri, genelde +1 ya da -1 değerine sahip bir girişin θ ağırlığı ile bir toplama işlemi ile tanımlanır. Geçiş işlevinin parametrik olması, ağırlıkların kazandırdığı esnekliğin ötesinde değişik eşleştirmelerin yapılabilmesini mümkün kılar.



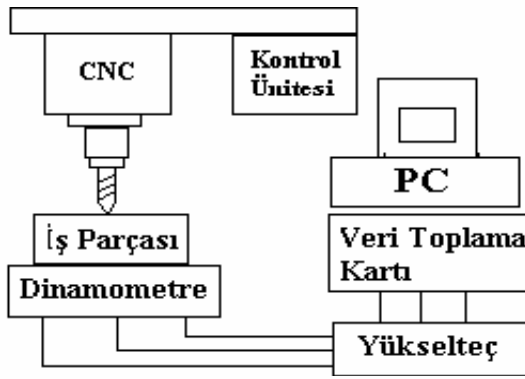
Şekil 2. İleri sürümlü tipik bir YSA mimarisini

İleri sürümlü sinir ağı yapıları, en genel biçimde birbirini ardına yerleştirilmiş nöronlardan oluşan katmanlarla kurulabilir. Bilgi giriş katmanından çıkış katmanına doğru ileri besleme şeklinde akar. Şekil 2'de gösterildiği üzere ileri sürümlü bir YSA mimarisinde girdilerin uygulandığı katmana giriş katmanı, çıktılarının alındığı katmana çıkış katmanı denir. Bu katmanlara fiziksel çevreden erişilebilir. Giriş ve çıkış katmanlarının arasında gizli katmanlar vardır ki bu katmanlardaki nöronlar sistemin lineer olmayan davranışlarını yani sinir ağının toplam

davranışındaki belirsizliği oluşturur. Gizli katman sayısındaki nöron sayılarında belirsizlik mevcuttur. Bu belirsizliği gidermenin tek yolu ise deneme yanılma yöntemidir. Giriş düğümleri, ağırlıklı değerlerle eşik değerlere eklenerek gizli katmana ulaşılır. Hata belirlenen değere kadar ağırlıklar ve eşik değerler ayarlanarak YSA'nın eğitilmesi sağlanmış olur.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Kesici takım aşınmasını belirlemek üzere aşağıdaki deney ortamı sağlanmıştır.



Şekil 3. Deney ortamı

Kesici takım aşınmasını belirlemek için, bir dinamometre üzerine yerleştirilmiş iş parçası üzerinde delme işlemi esnasında kuvvet sinyalleri toplanmıştır. Aynı zamanda dinamometre üzerinden alınan kuvvet sinyallerini belli bir değere yükselten bir yükselteç de mevcuttur. PCI6024E veri toplama kartı kullanılarak PC ortamına alınan kuvvet sinyalleri, MATLAB ortamında kurulan YSA modellerinde işlenerek kesici takım aşınma durumu belirlenmiştir.

Burada sözü edilen deney ortamında belli deney şartları uygulanmıştır. Deney ortamına ait fiziksel şartlar ile deney parametreleri Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir.

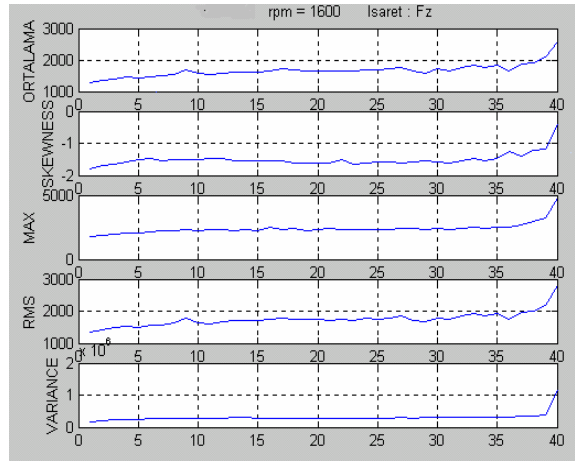
Parametre	Özellikleri
Takım tezgahı	V-com dikey işlem merkezi Motor gücü: 7.5kW Devir sayısı:3500 dev/dak İlerleme hızı:7500 mm/dak
Kesici takım	BT-40 spindle
Kesici uç	8mm lik HSS çelik matkap uç
İş malzemesi	80x60x25 lik demir malzeme
Dinamometre	Kistler 5019 A 3E kuvvet ölçer

Tablo1. Deney şartları.

Kategori	Derinlik(mm)	İlerleme(mm/dak)	Devir(dev/dk)
1	10	1800	450
2	10	1600	450
3	20	1600	300

Tablo 2. Deney kesme parametreleri

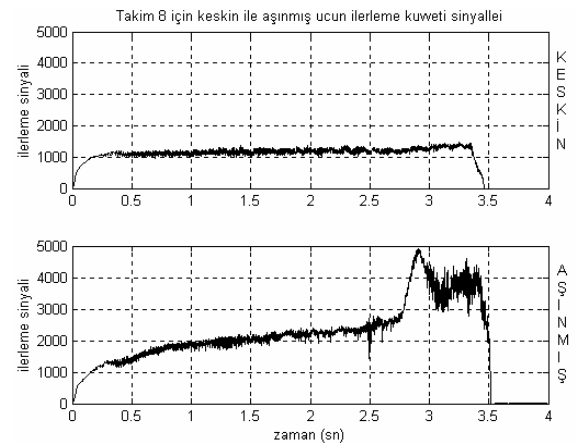
Veri toplama kartı ile alınan PC ortamındaki kuvvet sinyallerinin istatistiksel değerlerine bakılarak, kuvvet sinyallerini temsil eden veriler elde edilmiştir. Şöyle ki: deney şartlarında bahsedilen kesme hızı parametresine uygun olarak 3 kategoriye sahip kuvvet sinyallerinin ayrı ayrı istatistiksel değerleri (Ortalama değer, RMS, Varyan, Skewness, max) hesaplanmıştır. Böylece veri toplama kartının 1000 örnek/saniye ile örneklemiş çok sayıda dataya karşılık Şekil 5'de gösterilen (sağlam ve bozuk matkap ucu için alınan) kuvvet sinyalini temsil eden nicelikleri kullanılarak



daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Şekil 4. Kuvvetin istatistiksel değerlerinin değişimi.

Şekil 4 ten de anlaşılacağı üzere matkap ucundan alınan kuvvet sinyalinin değişimi ile kuvveti temsil eden bileşenlerinde değişimi söz konusudur. Böylece, delme işlemi boyunca toplanan kuvvet sinyalleri ile özdeş istatistiksel nicelikler göz önüne alınarak takım aşınması belirleme hususunda bir algoritma kurmak mümkündür.



Şekil5. Kuvvetin zamanla değişimi

Kesici takım aşınmasını belirlemek üzere yapılan testlerde, 16 adet kesici takım belirtilen şartlarda iş parçası üzerine uygulanmış ve dinamometre aracılığı ile kuvvet sinyalleri toplanmıştır. Testler çeşitli kesme şartlarında yapılmıştır. Kesme kuvveti sinyalleri kesme işlemi boyunca sürekli alınmıştır. Bir önceki bölümde bahsedilen YSA mimarisini kurabilmek için, öncelikle deney sisteminin fiziksel olarak belirlenememiş transfer fonksiyonunu belirlemek üzere sözü edilen 16 adet matkap ucundan 8 adedini YSA algoritmasının eğitiminde kullanılması uygun görülmüştür. Böylece kurulacak olan sistem için diğer 8 adedi ise matkap uçlarının testinde kullanılmak üzere işlem yapılmıştır. Kurulan öğrenme algoritması için ağın girişinde ortalama değer, RMS, median değerleri ile skewness, varians değerlerinin bir veya birkaçı denenerek optimum öğrenme için uygun şartlarda denemeler yapılmıştır. Giriş ve çıkış katmanındaki eleman sayısı tamamen ilgili probleme göre seçilmiştir. Gizli katmandaki eleman sayısı genelde deneme yanılma yoluyla bulunur. Öğrenme ağı için giriş katmanında 8, gizli katmanda 4 ve çıkış katmanında 1 adet nöron yapı bulunmaktadır. Benzer şekilde test için geliştirilmiş ve takım aşınmasını belirlemede kullanılacak olan test algoritmasında nöron yapısı kullanılmıştır. Kesme kuvvetleri sinyallerine göre sigmoit fonksiyonuna ayarlamak için 0-1 arasında değişen normalize değerler uygulanmıştır. Kesme esnasında toplanan sinyaller için, eğitim de onları temsil eden değerlerin seçimi önemlidir. Eğitim modeli için istatistiksel teknikler kullanılarak eğitim modelleri seçilmiştir. Aynı zamanda, optimum çözüm sunacak ağ yapısı için uygun geçiş fonksiyonları kullanılmıştır. Giriş özellikleri olarak değişik parametre kombinasyonları denenmiş ve test edilerek girdilerin çıktılar üzerinde ki etkisi incelenmiştir.

Burada katman indisleri sırasıyla 11, 12, 13 olarak alınmıştır. hücre çıkışları y ve net hücre girişleri ise ξ olarak seçilmiştir.

$N_i=1$. katman giriş sayısı olmak üzere 1.katman;

$$\xi_j^{11} = \sum_{i=1}^{N_i} \omega_{ij}^{11} x_i + b_j^{11}$$

$$y_j^{11} = \varphi_j(\xi_j^{11})$$

$N_i=2$. katman giriş sayısı olmak üzere 2.katman;

$$\xi_k^{12} = \sum_{i=1}^{N_i} \omega_{jk}^{12} y_j + b_k^{12}$$

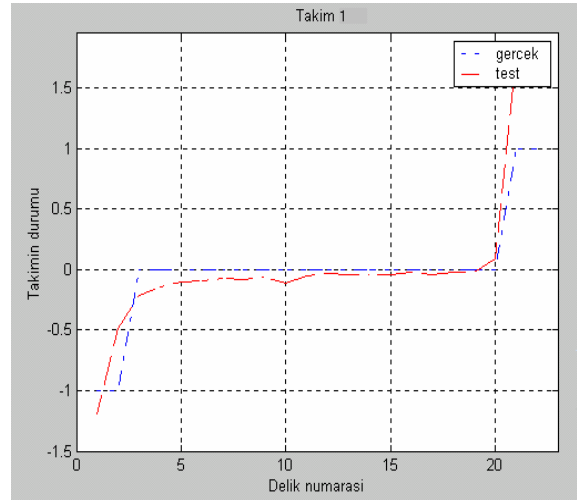
$$y_k^{12} = \varphi_k(\xi_k^{12})$$

$N_i=3$. katman giriş sayısı olmak üzere 3.katman;

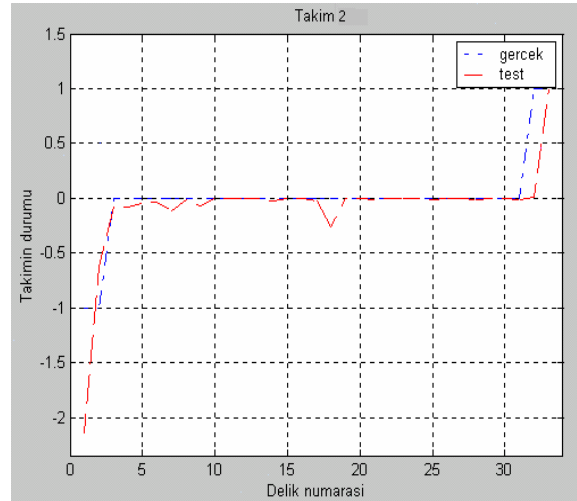
$$\xi_m^{13} = \sum_{i=1}^{N_i} \omega_{km}^{13} y_k + b_m^{13}$$

$$y_j^{13} = \varphi_m(\xi_m^{13}) \text{ olur.}$$

Ağı eğittikten sonra bulunan optimum eğitme parametreleri kaydedilerek giriş parametreleri veri kümesi ile çıkış (takım aşınma durumu) tahmin etmekte kullanılır. Ağın performansını test etmek için değişik giriş parametreleri kümesiyle testler yapılmış ve $8 \times 4 \times 1$ şeklinde bir ağ mimarisi uygun bulunmuştur.



Şekil 6. Takım 1 için YSA test çıkışı

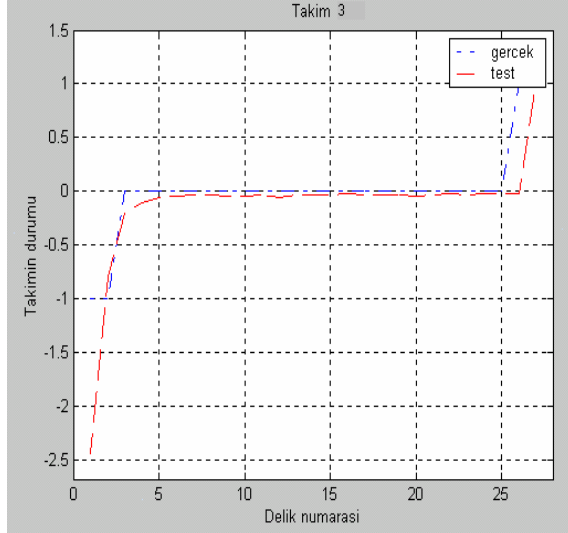


Şekil 7. Takım 2 için YSA test çıkışı

4. DENEYSEL SONUÇLAR

Bu çalışmada, bir CNC makinesi üzerinde belli kesme şartları altında yapılan delme işlemi ile takım aşınma durumu YSA modeli ile belirlenmiştir. Deneyler keskin matkap ucu ile yukarıda özellikleri belirtilen iş parçası üzerinde devam etmiştir. Uçlar kesme şartları altında

kırılıncaya kadar delme işlemini gerçekleştirmiştir. Takım durumunu belirlemede kullanılacak kesme kuvvet sinyalleri F_x , F_y ve F_z olmak üzere üç eksen üzerinden ölçülmüştür. F_z takım durumunu belirleyici kuvvet olarak tayin edilmiş, bu kuvvetin istatistiksel değerleri YSA girişi olarak kullanılmıştır. Burada eğitime dahil edilen takımlardan, YSA testinde kullanılacak ağ parametreleri güncellenmiştir.



Şekil 8. Takım 3 için YSA test çıkışı

	Takım1	Takım2	Takım3
Perf	0,0602	0,0761	0,1191
Perf1	0,1512	0,1003	0,1369
Error	1,3236	2,5104	3,2160

Tablo 3. Testte kullanılan takımlar için performans değerleri

Kesici takım durumunu belirlemek için eğitimde kullanılan YSA modeli, test yapılmak üzere belirlenen takımlara uygulanmıştır. Şekil 6,7 ve 8 de üç takım için kesici takımların gerçek ve test durumları gözlemlenmiştir. Grafiklerden de anlaşılacağı üzere YSA'yı belirtilen gerçek değerlere yakın bir çıkış vermektedir. Tablo 3 de teste kullanılan takımlar için performans değerleri verilmiştir. Burada perf ve perf1 değerleri gerçek çıkış ile test çıkışı arasındaki farkın birer ölçüsüdür. Error değeri ise toplam hata şeklinde tanımlanabilir.

5. SONUÇ

Kesici takımın yer değiştirme zamanını doğru tespit etmek için takım aşınmasının on-line gözlemlenebilmesi, sistemin gerçekleştirilebilirliği ve kalite açısından önem arz etmektedir. Bu yüzden, bir kesme prosesi üzerinde takım aşınma durumunu gözlemlemek için dinamometre ile ölçülen kesme kuvvet sinyallerinin istatistiksel değerlerini baz alan

bir YSA modeli geliştirilmiştir. YSA girdileri olarak kesme kuvvet sinyallerinin istatistiksel değerleri kullanılmıştır. Takım aşınma durumunu göstermek üzere YSA çıkışı olarak (-1) kesici takım keskin ucu, (0) çalışabilir şartını, (+1) ise bozuk ucu simgelemiştir. Yapılan çalışmada, kesici takım aşınması, ölçülen kuvvet sinyallerine göre bir YSA modeli kurularak gözlemlenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma, Misag 148 no'lu proje kapsamında Tübitak ve Kocaeli Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir. Deneysel şartlar ve imkanlar Klipssan şirketi tarafından sağlanmıştır. Bu bağlamda, yazarlar bu kuruluşlara teşekkür ve şükranlarını sunarlar. Ayrıca Yavuz Küçükateş, Selim Küçükateş ve Erol Özcan'a da deneydeki büyük katkılarından dolayı teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- [1] Ertunc H.M., Loparo K.A., A Decision Fusion Algorithm For Tool Wear Condition Monitoring In Drilling, INTERNATIONAL JOURNAL OF MACHINE TOOLS & MANUFACTURE 41, pp. 1347-1362
- [2] Sağlam H., Ünüvar A., Frezelemede Takım Durumunu İzlemek İçin Bir Geriye Yayınma Algoritması Kullanılması, 10. ULUSAL MAKİNE TEORİSİ Selçuk Üni. Konya 2001,
- [3] Sönmez M., Kesici Takım Aşınma Durumun Gözlemlenmesi, Kocaeli Üni. Fen Bilimleri Enst. Y.L, 2002
- [4] Dimla E, Dimla Snr, Sensor Signals For Tool Wear Monitoring In Metal Cutting Operations, A Review Of Methods, INTERNATIONAL JOURNAL OF MACHINE TOOLS & MANUFACTURE 40 (2000) pp. 1073-1098
- [5] Dimla D.E, Lister P.M., Leighton N.J., Neural Network Solutions To The Tool Condition Monitoring Problem In Metal Cutting, INT.JOURNAL MACHINE TOOLS & MANUFACTURE 37, 1997. pp. 1219-1241
- [6] Haykin S., Neural Networks, Macmillan College Publishing Company, USA (1994)
- [7] Kuo R.J., Multi-Sensor Integration For On Line Tool Wear Estimation Through Artificial Neural Networks And Fuzzy Neural Network, ENGINEERING APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 13, 2000, pp.249-261
- [8] C. Chungchoo, D.Saini, On-line Tool Wear Estimation In CNC Turning Operations Using Fuzzy Neural Network Model, INT.JOURNAL MACHINE TOOLS & MANUFACTURE 42, 2002 pp. 29-40
- [9] S.K. Choudhury, V.K.Jain, Ch. V.V.Rama Rao, On-line Monitoring Of Tool Wear In Turning Using A Neural Network, INT.JOURNAL MACHINE TOOLS & MANUFACTURE 39, 1999. pp. 489-504