



Kahramanmaraş Sutcu Imam University

Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 22.12.2020
Kabul Tarihi : 23.03.2021

Received Date : 22.12.2020
Accepted Date : 23.03.2021

AISI 1040 ÇELİĞİNİN İŞLENEBİLİRLİĞİ SIRASINDA OLUŞAN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ DEĞERLERİNİN FARKLI TAHMİN MODELLERİ İLE ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF SURFACE ROUGHNESS VALUES DURING MACHINABILITY OF AISI 1040 STEEL WITH DIFFERENT ESTIMATION MODELS

Harun AKKUŞ¹ (ORCID: 0000-0002-9033-309X)

¹ Niğde Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Harun AKKUŞ, harunakkus@windowslive.com

ÖZET

Bu araştırmada, 45 HRC sertlik değerine sahip AISI 1040 çeliği torna tezgahında işlenmiştir. Kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği parametreleri üçer seviye olarak belirlenmiştir. Deney listesi Taguchi L₉ ortogonal dizilim ile oluşturulmuştur. Deneyler CNC kontrollü tornada gerçekleştirilmiştir. Tornalama işlemi sonunda ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra), off-line olarak elde edilmiştir. Elde edilen Ra değerleri Taguchi, çoklu regresyon modeli, yapay sinir ağı ve bulanık mantık ile modellenmiştir. Bu modeller arasındaki yüzdesel fark belirlenmiştir. Taguchi yaklaşık %86,27, çoklu regresyon modeli yaklaşık %85,85, yapay sinir ağı yaklaşık %78,92 ve bulanık mantık yaklaşık %93,86 doğrulukla test sonuçlarını tahmin etmiştir.

Anahtar Kelimeler: tornalama, Taguchi, çoklu regresyon modeli, yapay sinir ağı, bulanık mantık.

ABSTRACT

In this research, AISI 1040 steel with a hardness value of 45 HRC was processed on a lathe. Cutting speed, feed and depth of cut parameters are determined as three levels. The experiment list was created with Taguchi L₉ orthogonal sequence. The experiments were carried out on a CNC controlled lathe. At the end of the turning process, the average surface roughness (Ra) was obtained off-line. The Ra values were modeled with Taguchi, multiple regression model, artificial neural network and fuzzy logic. Percentage difference between these models has been determined. Taguchi estimated the test results with an accuracy of about 86,27%, the multiple regression model about 85,85%, the artificial neural network about 78,92% and fuzzy logic about 93,86%.

Keywords: turning, Taguchi, multiple regression model, artificial neural network, fuzzy logic.

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Harun AKKUŞ, harunakkus@windowslive.com

ToCite: AKKUŞ, H. (2021). AISI 1040 ÇELİĞİNİN İŞLENEBİLİRLİĞİ SIRASINDA OLUŞAN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ DEĞERLERİNİN FARKLI TAHMİN MODELLERİ İLE ARAŞTIRILMASI. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24 (2), 84-92.

GİRİŞ

Teknolojik ilerlemeler ve yeni takımların geliştirilmesi sayesinde talaşlı imalat, bilim dünyası ve üreticiler tarafından yoğun bir ilgi görmektedir (Zebala, Kowalczyk ve Matras, 2015). Tornalama işlemi günümüzde en çok kullanılan talaşlı imalat yöntemlerinden bir tanesidir (Rech ve Moisan, 2003). Dişli, yatak, civata, bağlantı çubukları, miller gibi yüksek gerilimli çelik bileşenlerin üretimi için uygun maliyetli olduğundan çoğunlukla

tornalama yöntemi kullanılmaktadır (Paturi, Devarasetti ve Narala, 2018). Tornalama işleminde ilerleme, kesme hızı talaş derinliği, işleme mesafesi, devir sayısı, kesici ucun cinsi, iş malzemesi cinsi, soğutma ortamı (kuru, sıvı, gaz) vb. değerler bağımsız değişken olarak kullanılmaktadır (Tzeng, Lin, Yang ve Jeng, 2009; Debath, Reddy ve Yi, 2016). Tornalama sırasında zaman, maliyet, yüzey kalitesi, takım aşınması, akustik emisyon, titreşim, kesme kuvveti gibi bağımlı değişkenlerin nasıl etkilendiği günümüzdeki çoğu araştırmanın temelini oluşturmaktadır (Li, 2002; Hocheng, Tseng, Hsieh ve Lin, 2018; Bagherzadeh ve Budak, 2018).

Bir değişkenin belirli varsayımlar altında ileride alabileceği değerlerin önceden belirlenmesine tahmin denir (Ataseven, 2013). Tornalama işlemi sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri çeşitli tahmin programları ile modellenerek bir sonraki işlemler için zaman ve maliyet açısından tasarruf sağlamak amaçlanır. Tahmin modellerinin oluşturulmasında Taguchi, çoklu regresyon modeli, yüzey yanıt metodu, yapay sinir ağı, karınca kolonisi, bulanık mantık gibi yöntemler araştırmalara konu olmuştur (Palanikumar, Karunamoorthy, Karthikeyan ve Latha, 2006; Kohli ve Dixit, 2005).

Taguchi yöntemi, işleme kalitesini artırabildiği, deney sayısını azaltabildiği, işleme varyasyonunu ve bakımı en aza indirgeyen ve kalite istikrarını artırabildiği için endüstriyel ve akademik uygulamalarda yaygın olarak kullanılan tasarım tekniklerindedir. Taguchi yöntemi optimizasyon ve tahmin için kullanılır (Das, Mukherjee, Dutt, Nayak ve Sahoo, 2018).

Çoklu regresyon modeli ile oluşturulan matematiksel ifade ile hangi parametrenin yada parametre etkileşiminin bağımlı değişkene ne derece etki ettiği belirlenir. Çoklu regresyon ifadesi oluşturulduktan sonra tahmin içinde kullanılır (Huang ve Chen, 2001).

Klasik olarak kullanılan denetim sistemlerin tersine, matematiksel modellere ihtiyaç duymadan, istenilen çıkış değerlerini verecek şekilde giriş değerlerine uygulanan işaretler uygun şekilde ayarlandığı zaman bulanık mantık bir insan gibi sistemi denetler. Diğer bir deyişle bulanık mantıktan yararlanarak makinelerin insan gibi karar verebileceği sonucuna varılır (Barzani, Zalnezhad, Sarhan, Farahany ve Ramesh, 2015; Dursun, 2012; Xavior ve Vinayagamoorthy, 2014).

Yapay sinir ağları insan beynini gibi çalışır. Biyolojik sinir sisteminin çalışma şeklini yapay sinir ağları taklit eder. Taklit edilen sinir hücreleri nöronlardan oluşur. Nöronların belirli şekillerde birbirlerine bağlantı oluşturması sonucu yapay sinir ağı modelini oluşturmuş olurlar (Mia ve Dhar, 2016; Hanief, Wani ve Charoo, 2017).

Bu çalışmada temel amaç tornalama sonucu meydana gelen yüzey pürüzlülük değerleri için farklı tahmin modelleri oluşturmak ve kıyaslamasını yapmaktır. Bu amaç ile oluşturulan deney tasarımına göre Ra değerleri belirlenmiştir. Elde edilen Ra değerleri Taguchi, çoklu regresyon modeli, yapay sinir ağı ve bulanık mantık ile modellenmiştir. Bu modeller arasındaki yüzdesel fark belirlenmiştir.

DENEY TASARIMI VE SONUÇLARI

Bu çalışmada iş parçası malzemesi olarak AISI 1040 imalat çeliği tercih edilmiştir. AISI 1040 çeliği makine imalatında, aparat üretiminde, motorlarda, dişlilerde, orta zorlamalı parçalarda, hareket aktarmak için kullanılan millerde ve kalıplarda kullanılır. Tablo 1’de deneysel çalışma için işleme koşulları verilmiştir.

Deneylerde kullanılan ölçüm cihazları ölçüm öncesi daha doğru sonuç alabilmek için kalibre edilmiştir. Deneylere başlamadan önce iş parçasındaki tufallanmalar, boyut farklılıkları ve salınımların giderilmesi için CNC tornada işlenmiştir. Şekil 1’de CNC torna tezgahı, CNC tornadaki iş parçası, tornalamada kullanılan kesici uç ve kesici uca uygun olarak temin edilen takım tutucusu verilmiştir.

Minitab istatistik paket programı kullanılarak belirlenen kesme parametrelerine göre Taguchi L₉ deney tasarımı oluşturulmuştur. Oluşturulan bu deney tasarımına göre deneyler üç tekrar olarak gerçekleştirilmiştir ve ortalamaları alınmıştır. Her deney işlemi gerçekleştirilirken kesici ucun farklı kenarları kullanılmıştır. Deney listesi ve ölçülen Ra değerleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Deney Şartları

| No | İşleme Şartları | Tanımlamalar |
|----|------------------------------|--|
| 1 | İş parçası malzemesi | AISI 1040 |
| 2 | İş parçasının sertliği | 45 HRc |
| 3 | İş parçasının ölçüleri | Ø90x150 mm |
| 4 | İşleme mesafesi | 100 mm |
| 5 | İşleme tezgahı | ACE Micromatic Designers LT-20C |
| 6 | Kesme hızı (m/min) | 200-240-280 |
| 7 | İlerleme (mm/rev) | 0,13-0,26-0,39 |
| 8 | Talaş derinliği (mm) | 1,2-2,4-3,6 |
| 9 | Soğutma ortamı | Kuru |
| 10 | Kesici uç | Korloy WNMG08408HM |
| 11 | Takım tutucu | AKKO MWLNR 2525M08 9120511 |
| 12 | Ölçüm değeri | Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) |
| 13 | Pürüzlülük ölçüm cihazı | Mitutoyo Surftest SJ-210 |
| 14 | Sertlik ölçüm cihazı | BMS Digirock RSR |
| 15 | Kullanılan programlar | Minitab, Matlab, Excell Taguchi |
| 16 | Sonuçların değerlendirilmesi | Çoklu regresyon yöntemi Yapay sinir ağı |



a)



b)



c)

Şekil 1. a) CNC Tezgah, b) Uç, c) Uç Tutucu**Tablo 2. Deney Listesi Ve Ra Değerleri**

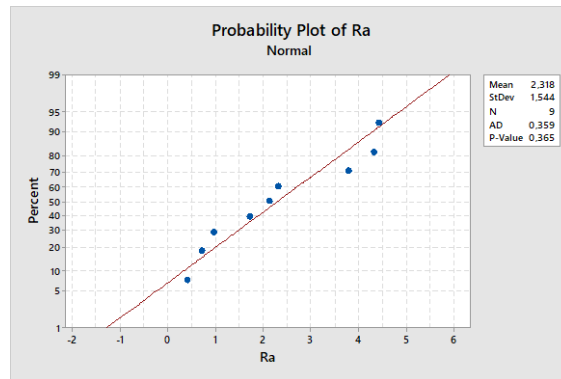
| Deney No | V (m/min) | f (mm/dev) | a (mm) | Ra (µm) |
|----------|-----------|------------|--------|---------|
| 1 | 200 | 0,13 | 1,2 | 0,98 |
| 2 | 200 | 0,26 | 2,4 | 1,72 |
| 3 | 200 | 0,39 | 3,6 | 3,79 |
| 4 | 240 | 0,13 | 2,4 | 0,41 |
| 5 | 240 | 0,26 | 3,6 | 2,33 |
| 6 | 240 | 0,39 | 1,2 | 4,43 |
| 7 | 280 | 0,13 | 3,6 | 0,73 |
| 8 | 280 | 0,26 | 1,2 | 2,13 |
| 9 | 280 | 0,39 | 2,4 | 4,34 |

Çalışmamızın temel amacı farklı tahmin modellerinin kıyaslaması olduğu için rastgele ve yapılmayan beş farklı deney daha gerçekleştirilmiştir. Bunlar test verileri olarak kullanılacaktır. Oluşturulan modellerde sisteme tanıtılmayan bu değerler tahmin için kullanılmıştır. Test için kullanılacak deney parametreleri listesi ve sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Test Verisi İçin Oluşturulan Deney Listesi Ve Sonuçları

| Test deneyleri | V (m/min) | f (mm/dev) | a (mm) | Ra (μm) |
|----------------|-----------|------------|--------|----------------------|
| 1 | 280 | 0,39 | 3,6 | 4,44 |
| 2 | 200 | 0,13 | 3,6 | 0,55 |
| 3 | 240 | 0,39 | 3,6 | 4,56 |
| 4 | 200 | 0,26 | 1,2 | 2,01 |
| 5 | 240 | 0,26 | 1,2 | 2,04 |

İstatistiksel analize başlamadan önce deneysel verilerin normal dağılımda olup olmadığının belirlenmesi gerekir. Normallik testi gerçekleştirilmiştir. Şekil 2 deneysel verilerin normallik testini gösterir. Normallik testinde hipotezin kabul edilebilmesi için $p \geq 0,05$ olması istenir (Wen, Yang ve Jeng, 2009). Şekil 2 incelendiğinde Ra için p değeri 0,365 olarak elde edilmiştir. p değerimizin 0,05 ten büyük olduğu görülmektedir. Bundan dolayı hipotezimiz kabul edilir. Veriler normal dağılıma uygun olduğu görülmektedir.

**Şekil 2.** Deneysel Verilerin Analizi İçin Normallik Testi

OLUŞTURULAN TAHMİN MODELLERİ

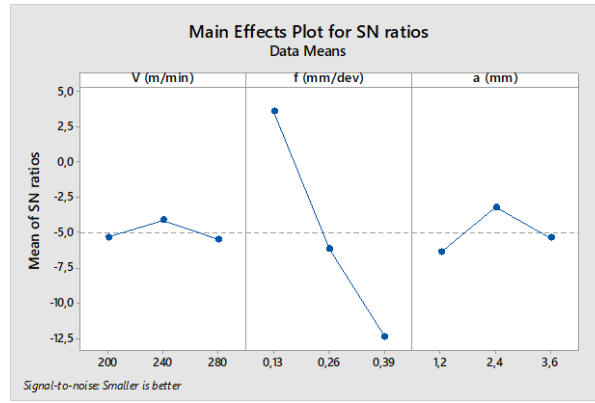
Taguchi, çoklu regresyon modeli, yapay sinir ağları ve bulanık mantık modelleri oluşturulmuştur. Oluşturulan modeller detaylı olarak ifade edilmiştir.

Taguchi Modeli

Taguchi ile optimum Ra değerlerinin belirlenmesi için en küçük en iyi (smaller is better) seçeneği kullanılmıştır. Minitab programı ile sinyal gürültü oranları (S/N) hesaplanmıştır. Tablo 4'te hesaplanan S/N oranları verilmiştir. Taguchi metoduna göre optimum kesme şartlarının elde edilebilmesi için S/N oranının maksimum değeri olması gerekir. Yani bundan sonraki aynı işlemler için kesme parametresi olarak kesme hızı 240 m/min, ilerleme 0,13 mm/rev ve talaş derinliği 2,4 mm alınmalıdır. Şekil 3'te bunu doğrular niteliktedir.

Tablo 4. Ra İçin Hesaplanan S/N Değerleri

| Deney No | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| S/N | 0,17548 | -4,7106 | -11,573 | 7,74432 | -7,3471 | -12,928 | 2,73354 | -6,5676 | -12,75 |



Şekil 3. Ra'nın Faktör Seviyelerinin Grafiği

Tablo 5'te Ra için elde edilen S/N cevap tablosu verilmiştir. Ra'ya etki eden kesme parametreleri sırasıyla ilerleme, talaş derinliği ve kesme hızı olduğu Tablo 5'te görülmektedir.

Tablo 5. Ra İçin Elde Edilen S/N Cevap Tablosu

| Seviye | V (m/min) | f (mm/rev) | a (mm) |
|--------|-----------|------------|--------|
| 1 | -5,369 | 3,551 | -6,44 |
| 2 | -4,177 | -6,208 | -3,239 |
| 3 | -5,528 | -12,417 | -5,395 |
| Δ | 1,351 | 15,968 | 3,201 |
| Sıra | 3 | 1 | 2 |

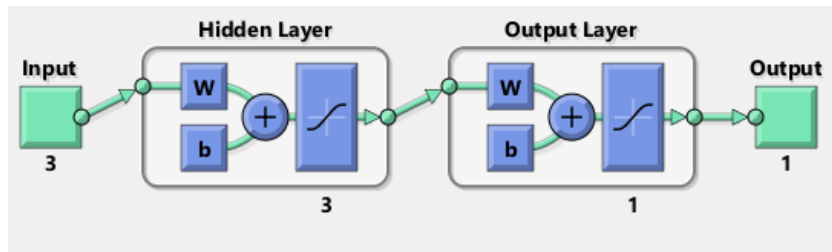
Regresyon modeli

Çoklu regresyon modeli Minitab paket programı ile oluşturulmuştur. Çoklu regresyon tahmini için ikinci dereceden regresyon denklemi kullanılmıştır. İkinci dereceden regresyon denkleminin kullanılması bundan önceki çalışmalarımızda göz önünde bulundurulduğunda regresyon modelleri içinde en iyi sonucu vermesidir (Akkuş ve Yaka, 2011). Elde edilen ikinci dereceden regresyon denklemi denklem (1)'de verilmiştir. İkinci dereceden regresyon denklemi için belirtme katsayısı %98,72 olarak bulunmuştur. Regresyon denklemini incelendiğinde denkleme en çok etki eden parametrenin ilerleme olduğu görülmektedir.

$$Ra = 1,587 + 0,01346 * V - 6,833 * f - 2,139 * a - 0,000068 * V^2 + 17,46 * f^2 + 0,2569 * a^2 + 0,04936 * V * f + 0,003819 * V * a \quad (1)$$

Yapay sinir ağı modeli

Matlab programının Neural Network Toolboxes kullanılarak yapay sinir ağı modeli oluşturulmuştur. Yapay sinir ağı modelinde üç giriş (kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği) ve bir çıkış (Ra) bulunmaktadır. Yapay sinir ağının eğitiminde deneysel çalışma sonucunda elde edilen veriler kullanılmıştır. Tahmin içinde deneysel test verileri kullanılmıştır. Birçok ağ mimarisi denenerek en iyi sonucu verebilen veriler ve ağ yapısı seçilmiştir. Deneme yanılma ile en uygun düğüm sayısı ve öğrenme derecesi belirlenmiştir. Oluşturulan yapay sinir ağı modeli Şekil 4'te gösterilmiştir.

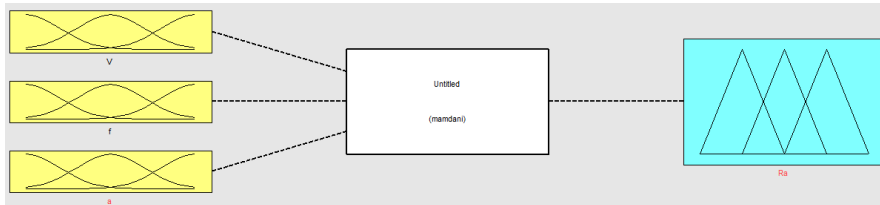


Şekil 4. Oluşturulan YSA Modeli

İleri beslemeli geriye yayılım algoritmasının (feedforward backprop) Levenberg-Marquardt (LM) eğitim fonksiyonu ve tansigmoid aktivasyon fonksiyonu yapay sinir ağının eğitilmesi için kullanılmıştır. Sigmoid aktivasyon fonksiyonunun kullanılma sebebi; doğrusal olmayan sistemler için modellerde en iyi sonuçları elde etmesidir.

Bulanık mantık modeli

Bulanık mantık modeli için çok girişli-tek çıkışlı bir sistem Matlab paket programının Fuzzy Toolbox ile oluşturulmuştur. Bulanık mantık çıkarım mekanizması olarak Mamdani yaklaşımı seçilmiştir. Kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği giriş değişkenleridir. Üç adet üyelik derecesi ve üçgen üyelik fonksiyonu kullanılarak giriş değerleri tanımlanmıştır. Ra değeri çıkış değişkenleri olarak alınmıştır. Ra değeri on bir adet üyelik derecesi ve üçgen üyelik fonksiyonu tanımlanmıştır. Oluşturulan bulanık mantık modelinin yapısı Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Oluşturulan Bulanık Mantık Modeli

Tablo 6'da kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği için belirlenen üyelik dereceleri gösterilmiştir. Düşük (D), Orta (O), Yüksek (Y) olarak üç dilsel ifadeye dönüştürülmüştür.

Tablo 6. Giriş Değerleri İçin Belirlenen Üyelik Dereceleri

| Kesme hızı | İlerleme | Talaş derinliği | Üyelik dereceleri |
|------------|-----------|-----------------|-------------------|
| 200-240 | 0,13-0,26 | 1,2-2,4 | Düşük (D) |
| 200-280 | 0,13-0,39 | 2,4-3,6 | Orta (O) |
| 240-280 | 0,26-0,39 | 0,41-4,43 | Yüksek (Y) |

Yüzey pürüzlülüğü Çok Çok Çok Çok Düşük (ÇÇÇÇD), Çok Çok Çok Düşük (ÇÇÇD), Çok Çok Düşük (ÇÇD), Çok Düşük (ÇD), Düşük (D), Orta (O), Yüksek (Y), Çok Yüksek (ÇY), Çok Çok Yüksek (ÇÇY), Çok Çok Çok Yüksek (ÇÇÇY), Çok Çok Çok Çok Yüksek (ÇÇÇÇY) olarak on bir dilsel ifadeye dönüştürülmüştür. Tablo 7'de Ra için oluşturulan üyelik derecelerinin aralıkları verilmiştir.

Tablo 7. Ra İçin Belirlenen Üyelik Dereceleri

| Ra | Üyelik dereceleri |
|-----------|------------------------|
| 0,41-0,81 | Çok Çok Çok Çok Düşük |
| 0,41-1,22 | Çok Çok Çok Düşük |
| 0,81-1,62 | Çok Çok Düşük |
| 1,27-2,02 | Çok Düşük |
| 1,62-2,42 | Düşük |
| 2,02-2,82 | Orta |
| 2,42-3,22 | Yüksek |
| 2,82-3,62 | Çok Yüksek |
| 3,22-4,02 | Çok Çok Yüksek |
| 3,62-4,43 | Çok Çok Çok Yüksek |
| 4,02-4,43 | Çok Çok Çok Çok Yüksek |

Tornalamada değişik kesme şartlarında girilen giriş parametrelerine karşılık ölçülen Ra tahmini için belirlenmiş olan kurallar Tablo 8'de verilmiştir. Kurallar elde edilen deneysel çalışma sonuçlarına göre oluşturulmuştur.

Tablo 8. Bulanık Mantık Kuralları

| | V | | f | | a | | Ra |
|---|---|----|---|----|---|-------|-------|
| 1 | D | ve | D | ve | D | Sonuç | ÇÇÇD |
| 2 | D | ve | O | ve | O | Sonuç | ÇD |
| 3 | D | ve | Y | ve | Y | Sonuç | ÇÇY |
| 4 | O | ve | D | ve | O | Sonuç | ÇÇÇÇD |
| 5 | O | ve | O | ve | Y | Sonuç | D |
| 6 | O | ve | Y | ve | D | Sonuç | ÇÇÇÇY |
| 7 | Y | ve | D | ve | Y | Sonuç | ÇÇÇÇD |
| 8 | Y | ve | O | ve | D | Sonuç | D |
| 9 | Y | ve | Y | ve | O | Sonuç | ÇÇÇY |

Tahmin Modellerinin Kıyaslanması

Taguchi, ikinci dereceden regresyon, yapay sinir ağı ve bulanık mantık modeli sonucu elde edilen tahmin sonuçları ve deney test sonuçları Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Test Verileri Ve Tahmin Modelleri Sonuçları

| Test deney no | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------|------|------|------|------|------|
| Test verisi deney | 4,44 | 0,55 | 4,56 | 2,01 | 2,04 |
| Taguchi tahmini | 4,23 | 0,51 | 4,22 | 2,1 | 2,32 |
| Regresyon tahmini | 4,88 | 0,63 | 4,44 | 2,25 | 2,29 |
| YSA tahmini | 4,43 | 0,45 | 4,51 | 1,66 | 1,61 |
| Bulanık mantık tahmini | 4,31 | 0,53 | 4,28 | 2,02 | 2,02 |

Tahmin modellerinin kıyaslamasının kolay bir şekilde yapılabilmesi için yüzdesel hatalar hesaplanmıştır. Mutlak fark denklem (2) ile yüzdesel hata denklem (3) ile hesaplanmıştır. Tablo 10’da hesaplama sonucu elde edilen yüzdesel fark verilmiştir.

$$\text{Mutlak Fark} = \text{Test deneyi sonucu} - \text{Tahmin modeli sonucu} \quad (2)$$

$$\text{Yüzdesel Hata} = (100 * \text{Mutlak Fark}) / \text{Test deneyi sonucu} \quad (3)$$

Tablo 10 incelendiğinde Taguchi yaklaşık %86,27, çoklu regresyon modeli yaklaşık %85,85, yapay sinir ağı yaklaşık %78,92 ve bulanık mantık yaklaşık %93,86 doğrulukla test sonuçlarını tahmin etmiştir.

Tablo 10. Tahmin Modelleri İçin Elde Edilen %Hata

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------------|-------|-------|------|-------|-------|
| Taguchi % hata | 4,73 | 7,27 | 7,46 | 4,48 | 13,73 |
| Regresyon % hata | 10,00 | 14,15 | 2,63 | 11,90 | 12,13 |
| YSA % hata | 0,23 | 18,18 | 1,10 | 17,41 | 21,08 |
| Bulanık mantık % hata | 2,93 | 3,64 | 6,14 | 0,50 | 0,98 |

SONUÇLAR

Bu çalışmada yapılan işlemler, elde edilen sonuçlar ve bundan sonraki çalışmalar için öneriler aşağıda verilmiştir.

Tornalama işlemi için uygun kesme parametreleri (kesme hızı, ilerleme oranı ve talaş derinliği) belirlenerek Taguchi L₉ ortogonal tasarıma göre deney listesi oluşturulmuştur. Bu deney tasarımına ek olarak beş adet test deney parametresi oluşturulmuştur.

AISI 1040 çeliği oluşturulan deney tasarımlarına göre tornalama işlemine tabi tutulmuştur. Deney sonucu yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüştür.

İstatistik analize başlamadan önce normallik testi gerçekleştirilmiş ve verilerin normal dağıldığı sonucu elde edilmiştir.

Taguchi ve regresyon modelleri sonucu tornalama işleminde Ra'ya en fazla etki eden kesme parametresinin ilerleme olduğu sonucu elde edilmiştir.

Ra değerleri Taguchi, çoklu regresyon modeli, yapay sinir ağı ve bulanık mantık ile modellenmiştir. Bu modeller arasındaki yüzdesel fark belirlenmiştir.

Taguchi yaklaşık %86,27, çoklu regresyon modeli yaklaşık %85,85, yapay sinir ağı yaklaşık %78,92 ve bulanık mantık yaklaşık %93,86 doğrulukla test sonuçlarını tahmin etmiştir.

En iyi tahmin modeli yaklaşık %93,86 doğrulukla bulanık mantık ile elde edilmiştir.

Bilgisayar teknolojilerindeki gelişmelerle büyük ilerleme kazanan yapay zeka yöntemlerinden yapay sinir ağı ve bulanık mantık non lineer bir problemi modellemede kullanılmıştır.

Aynı giriş ve çıkış parametreleri için kullanılan Taguchi, çoklu regresyon, yapay sinir ağı ve bulanık mantık modellerinin karşılaştırılması ile özgün bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Gelecek çalışmalarda farklı malzemeler, farklı uçlar, farklı işleme yöntemleri, aşınma, kuvvet, ses şiddeti, titreşim, enerji tüketimi, akustik emisyon ölçümlerinin yapılması önerilir. Elde edilen sonuçlar farklı istatistik ve farklı yapay zeka yöntemleri ile değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

Akkuş, H., & Asiltürk, İ. (2011). Predicting surface roughness of AISI 4140 steel in hard turning process through artificial neural network, fuzzy logic and regression models. *Scientific Research and Essays*, 6(13), 2729-2736.

Ataseven, B., (2013). Forecasting by using artificial neural networks. *Institute of Social Sciences*, 41(11), 101-115.

Bagherzadeh, A., & Budak, E. (2018). Investigation of machinability in turning of difficult-to-cut materials using a new cryogenic cooling approach. *Tribology International*, 119, 510-520.

Barzani, M. M., Zalnezhad, E., Sarhan, A. A., Farahany, S., & Ramesh, S. (2015). Fuzzy logic based model for predicting surface roughness of machined Al-Si-Cu-Fe die casting alloy using different additives-turning. *Measurement*, 61, 150-161.

Das, D., Mukherjee, S., Dutt, S., Nayak, B. B., & Sahoo, A. K. (2018). High speed turning of EN24 steel-a Taguchi based grey relational approach, *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 4097-4105.

Debnath, S., Reddy, M.M., & Yi, Q.S. (2016). Influence of cutting fluid conditions and cutting parameters on surface roughness and tool wear in turning process using Taguchi method. *Measurement*, 78, 111-119.

Dursun, S., (2012). About fuzzy logic paradigm. *Batman University Journal of Life Sciences*, 1(2), 347-354.

Hanief, M., Wani, M. F., & Charoo, M. S. (2017). Modeling and prediction of cutting forces during the turning of red brass (C23000) using ANN and regression analysis. *Engineering science and technology, an international journal*, 20(3), 1220-1226.

- Hocheng, H., Tseng, H. C., Hsieh, M. L., & Lin, Y. H. (2018). Tool wear monitoring in single-point diamond turning using laser scattering from machined workpiece. *Journal of Manufacturing Processes*, 31, 405-415.
- Huang, L., & Chen, J. C. (2001). A multiple regression model to predict in-process surface roughness in turning operation via accelerometer, *Journal of Industrial Technology*, 17, 2, 1-8.
- Kohli, A., & Dixit, U. S. (2005). A neural-network-based methodology for the prediction of surface roughness in a turning process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 25(1-2), 118-129.
- Li, X., (2002). A brief review: acoustic emission method for tool wear monitoring during turning. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 42(2), 157-165.
- Mia, M., Dhar, N. R. (2016). Response surface and neural network based predictive models of cutting temperature in hard turning. *Journal of advanced research*, 7(6), 1035-1044.
- Palanikumar, K., Karunamoorthy, L., Karthikeyan, R., & Latha, B. (2006). Optimization of machining parameters in turning GFRP composites using a carbide (K10) tool based on the Taguchi method with fuzzy logics. *Metals and materials International*, 12(6), 483.
- Paturi, U. M. R., Devarasetti, H., & Narala, S. K. R. (2018). Application of regression and artificial neural network analysis in modelling of surface roughness in hard turning of AISI 52100 steel. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 4766-4777.
- Rech, J., & Moisan, A. (2003). Surface integrity in finish hard turning of case-hardened steels. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 43(5), 543-550.
- Tzeng, C. J., Lin, Y. H., Yang, Y. K., & Jeng, M. C. (2009). Optimization of turning operations with multiple performance characteristics using the Taguchi method and Grey relational analysis. *Journal of materials processing technology*, 209(6), 2753-2759.
- Wen, J. L., Yang, Y. K., & Jeng, M. C. (2009). Optimization of die casting conditions for wear properties of alloy AZ91D components using the Taguchi method and design of experiments analysis, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 41(5-6), 430.
- Xavior, M. A., & Vinayagamoorthy, R. (2014). Fuzzy inference system for prediction during precision turning of Ti-6Al-4V. *Procedia Engineering*, 97, 308-319.
- Zębala, W., Kowalczyk, R., & Matras, A. (2015). Analysis and optimization of sintered carbides turning with PCD tools. *Procedia Engineering*, 100, 283-290.