

## Yapay Sinir Ağları Kullanarak Yüzey Pürüzlülüğü Tespiti

Kubilay HAN<sup>1\*</sup>, Gökhan ÖZTÜRK<sup>2</sup> ve Ammar ASLAN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Makine Mühendisliği / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup>Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü Otomotiv Teknolojileri Programı, Batman Üniversitesi, Türkiye

<sup>3</sup>Bilgisayar Teknolojileri Bölümü Bilgisayar Teknolojisi Programı, Batman Üniversitesi, Türkiye

\*(kubilayhan@subu.edu.tr) Başlıca yazarın mail adresi

**Özet** – Talaş kaldırma işlemlerinde kesici alet türü, işleme koşulları ve diğer faktörler, istenmeyen işleme izlerinin oluşmasına sebep olabilir. Bu izler, fiziksel, kimyasal, ısı ve mekanik etkilerle meydana gelir. Yüzey pürüzlülüğü, işlenen parçaların kalitesini etkileyen önemli bir faktördür. Pürüzlülüğü minimize etmek ve istenilen kaliteyi elde etmek için doğru kesici aletlerin seçimi, kesme parametrelerinin doğru kullanımı ve işleme şartlarının kontrolü gerekmektedir. Yüzey kalitesi, yataklama, aşınma ve malzeme yorulması gibi faktörler için de önemlidir. Yüzey pürüzlülüğünün ölçümü için indüktif prob tabanlı cihazlar kullanılarak doğru ve hızlı sonuçlar elde edilebilir. Talaş kaldırma işleminin temel amacı, parçalara istenen şekli vermek ve toleranslara uygun üretim yapmaktır. Yüzey kalitesinin iyileştirilmesi için malzeme, kesici takım, takım tezgahı ve işleme yöntemleri gibi alanlarda gelişmeler yaşanmaktadır. Bu çalışmada, yapay sinir ağları kullanılarak yüzeyde oluşan girinti ve çıkıntıların alan bakımından eşitlendiği orta eksenin üstünde ve altında kalan alanların aritmetik ortalaması tespit edilmiştir. Model içerisinde 6033 parametre ile işlem yapılmış ve tespit sonucunda yüzde 98 başarımla elde edilmiştir. R2 değeri 0,94 olarak ölçülmüştür. Toplamda 3262 veri ile model eğitilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay Sinir Ağları, Yüzey Pürüzlülüğü, Pürüzlülük, Yapay Zeka,

### I. GİRİŞ

Talaş kaldırarak şekillendirme işlemleri sırasında, kullanılan yöntem, kesici aletin cinsi ve işleme koşulları gibi faktörler işlenen yüzeylerde istenmeyen işleme izlerinin oluşmasına neden olabilir. Bu izler, fiziksel, kimyasal ve ısı etkilerinin yanı sıra kesici alet ile iş parçası arasındaki mekanik hareketlerin etkisiyle ortaya çıkar. Genellikle çizikler, oyuklar veya kesikler şeklinde görülen bu izler, nominal yüzey çizgisinin altında ve üstünde düzensiz sapmalar meydana getirerek yüzey pürüzlülüğünü artırır [1].

Yüzey pürüzlülüğü, işlenen parçaların kalitesini etkileyen önemli bir faktördür. İşleme izlerini minimize etmek ve istenilen yüzey pürüzlülüğünü elde etmek için uygun kesici aletlerin seçilmesi, doğru kesme parametrelerinin kullanılması ve işleme şartlarının kontrol edilmesi gerekmektedir.

Böylece, daha düzgün ve istenilen özelliklere sahip yüzeyler elde etmek mümkün olur, nihai ürünün görünümü ve performansı iyileştirilir [1].

İmal edilen iş parçalarının yüzey pürüzlülüğü, yapılan çalışmalar sonucunda elemanların yataklama ve aşınma özelliklerinin incelenmesi ile malzeme yorulması için son derece önemli olduğu belirlenmiştir. Yüzey kalitesinin değerlendirilmesi ve matematiksel parametrelere dönüştürülmesi için pürüzlülük değerinin ölçülmesi gerekmektedir. Pürüzlülük ölçümlerinin değerlendirilmesi amacıyla, ölçülen profilde pürüzlülük, form ve dalgalılık sapmaları ayrı ayrı ele alınır. Günümüzde, temaslı ölçüm yapan indüktif prob tabanlı yüzey pürüzlülük cihazları, bu ölçümleri yeterli doğruluk, hassasiyet ve hızla gerçekleştirebilmektedir [1],[2].

Pürüzlülük ölçümünün doğru ve hassas bir şekilde yapılması, aynı zamanda hangi pürüzlülük parametrelerinin kullanılacağına doğru bir şekilde

belirlenmesi ve bu parametrelerin doğru bir şekilde değerlendirilmesi büyük önem taşır. İşlenmiş yüzeylerde, kullanılan iş malzemesi ve işleme yöntemi ne olursa olsun (tornalama, frezeleme, taşlama vb.), yüzey pürüzlülüğü kaçınılmaz bir şekilde ortaya çıkar. İmalat sektöründe, işlenen malzemelerdeki yüzey pürüzlülüğü büyük önem arz etmektedir ve üretici firmalar, ticari paylarını artırmak için bu alanda araştırma ve geliştirme faaliyetlerine önemli yatırımlar yapmaktadırlar [1],[2].

Talaş kaldırma işleminin temel amacı, parçalara istenen şekli vermek ve bunları geometri, boyut ve yüzey özellikleri açısından imalat resimlerinde belirtilen toleranslar dahilinde üretmektir. Seri üretimin artmasıyla birlikte standart ürünlerin üretimi önem kazanmıştır. Bu standart ürünlerin üretiminde, ölçü hassasiyeti yanında yüzey kalitesi de önemli bir faktördür. Malzeme bilimi, yüzey kalitesini iyileştirmek için sürekli olarak yeni malzemelerin arayışı içindedir. Yüzey kalitesini iyileştirmek için sadece malzeme alanında değil, kesici takım malzemesi, geometrisi, takım tezgahı, takım tutucu, soğutma sıvısı ve işleme yöntemi gibi birçok alanda da gelişmeler yaşanmaktadır [3].

#### *A. Yüzey Pürüzlülüğünü Etkileyen Faktörler*

Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. İşlenen malzemelerde deformasyona neden olan bağlantılar, ilerleme mekanizmasındaki düzensizlikler, yapı bozuklukları, düzensiz talaş akışıyla birlikte kırılmalı malzemelerin işlenmesi, düşük kesme hızlarında yüzeyde oluşan yırtılmalar gibi faktörler işleme sırasında tekrarlanabilir sorunlara yol açabilir. Bununla birlikte, talaş akışından kaynaklanan bozukluklar, kesme hızındaki ve ilerleme hızındaki düzensizlikler, talaş derinliği, kesici takımın soğutma ve yağlama koşulları, işlenen malzemenin kimyasal bileşimi ve atomik yapısı, kesici takımın tasarımı, geometrisi ve kesme kapasitesi, takım tezgahının tipi, rijitliği ve çalışma şartları, kalıp ve bağlama aparatları, işlenen malzemedan talaş kaldırma yöntemi, yatak ve takımlarda oluşabilecek geometrik bozukluklar gibi diğer etkenler de tekrarlanabilirlik sorunlarının ortaya çıkmasında rol oynayabilir.

Bu faktörler, yüzey pürüzlülüğünü etkileyerek işlenen malzemelerin kalitesini ve performansını belirler. İşleme sürecinde bu faktörlerin kontrol edilmesi ve optimize edilmesi, istenilen yüzey kalitesini elde etmek için önemli bir rol oynar [4].

#### *B. Yüzey Kalitesini Etkileyen Faktörler*

Talaş kaldırma işlemlerinde temel hedef, iş parçasının istenen geometrisini elde etmek ve hassas bir bitirme yüzeyi oluşturmaktır. Bu işlemlerde, iki önemli kalite karakteristiği üzerinde durulmaktadır: istenilen geometri ve yüzey pürüzlülüğü. Talaş kaldırma işlemlerinde talaş akışı ve malzeme taşınımı oldukça karmaşık olduğundan, matematiksel modellenmesi için çoklu değişkenlere ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak bu karmaşık yapıya rağmen, yüzey pürüzlülüğünün kısmen kontrol edilebilmesi için kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği gibi üç önemli talaş kaldırma değişkeni için uygun değerler seçilerek sağlanabilir. Genel olarak, talaş derinliği ve ilerleme miktarının artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülüğü artarken, kesme hızının artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülük değerleri azalmaktadır [5].

Takım tezgahlarının yetersiz rijitliği, işlenen malzemede bağlamanın deformasyona neden olması, talaş akışından kaynaklanan bozukluklar, ilerleme hızındaki düzensizlikler, işlenen malzemede yapı bozuklukları gibi faktörler tekrarlanabilirlik sorunlarının ortaya çıkmasına katkıda bulunabilir. Ayrıca, kolay şekillendirilebilen malzemelerin düşük kesme hızlarında işlenmesiyle oluşan yüzey yırtılmaları, tezgahın kinematik mekanizması, yataklama sisteminden kaynaklanan tezgah hataları, takım ucu ve takım tutucunun yetersiz rijitlikten kaynaklanan imalat hataları, kesici takımın tasarımı, geometrisi ve kesme kapasitesi, takım konumlandırma ve bağlama hataları, takım aşınmasından kaynaklanan hatalar, işlenen malzemedan kaynaklanan talaş kaldırma yöntemi ve çevresel etkilerle oluşan hatalar da tekrarlanabilirlik sorunlarını etkileyebilir.

#### *C. Yüzey Pürüzlülük Parametreleri*

Yüzey kalitesinin sayısal değerlendirme yöntemlerinden biri olan "ortalama çizgi" (M) yöntemi, gelişmiş ülkelerin çoğunluğu tarafından benimsenmektedir. Bu yöntemde, yüzeyin

pürüzlülük profilinin ortalama çizgisi çizilir ve bu çizginin üzerindeki dalgalanmalar değerlendirilir. Bu değerlendirme genellikle ortalama pürüzlülük (Ra) değeri kullanılarak yapılır. Ra değeri, yüzeyin profil çizgisinin ortalamasından ne kadar sapma olduğunu ifade eder. Daha düzgün bir yüzey için Ra değeri düşük olmalıdır [6],[7],[8].

Diğer bir yöntem olan "zarf sistemi" ise yüzeyin en büyük pürüzlülüğünü (Rmax) ve diğer parametreleri değerlendirmektedir. Rmax değeri, yüzeydeki en yüksek noktanın ortalama çizginin üzerine olan maksimum uzaklığını temsil eder. Bu değer, yüzeyin en yüksek noktalarının ne kadar belirgin olduğunu gösterir [6],[7],[8].

Yüzey pürüzlülüğü ölçümü, belirli bir "değerlendirme uzunluğu" kullanılarak yapılır. Bu değerlendirme uzunluğu, yüzey profilinin ne kadar uzun bir kesiti üzerinden pürüzlülük değerlerinin hesaplandığını belirtir. Bu, yüzeyin farklı bölgelerindeki pürüzlülük farklarını değerlendirebilmek için önemlidir. Bu sayısal değerlendirme yöntemleri, yüzey pürüzlülüğünün objektif bir şekilde ölçülmesini ve farklı endüstri sektörlerindeki gereksinimlere uygun şekilde değerlendirilmesini sağlar. Bu sayede üretim süreçlerinde kalite kontrolü ve iyileştirme çalışmaları daha etkili bir şekilde gerçekleştirilebilir [6],[7],[8].

Yüzeydeki girinti ve çıkıntıların ölçümü için farklı parametreler kullanılmaktadır. Bu parametreler, yüzeyin pürüzlülüğü hakkında daha detaylı bilgiler sağlar. İşte bazı önemli pürüzlülük parametreleri:

Ra (ortalama çizgi): Yüzeyde oluşan girinti ve çıkıntıların alan bakımından eşitlendiği orta eksenin üstünde ve altında kalan alanların aritmetik ortalamasını verir. Ra değeri, yüzeyin genel düzgünlüğünü gösterir.

Rq (RMS): Orta eksenin altında ve üstünde meydana gelen sapmaların geometrik ortalamasıdır. Rq, yüzeydeki dalgalanma ve düzensizlik miktarını ölçer.

Rz: Değerlendirme aralığındaki en yüksek beş çıkıntı ile en derin beş girintinin mutlak değerlerinin

ortalamasıdır. Rz, yüzeydeki en belirgin çıkıntı ve girintileri temsil eder.

Rmax (Ry): Değerlendirme aralığındaki filtre edilmemiş pürüzlülüğün en yüksek çıkıntısı ile en derin girintisi arasındaki mesafedir. Rmax, yüzeydeki maksimum yükseklik farkını gösterir.

Rt: Filtre edilmiş pürüzlülüğün en yüksek tepesi ile en derin girintisi arasındaki mesafeyi ifade eder. Rt, yüzeydeki en yüksek tepeleri ve en derin girintileri dikkate alır.

Bunlar sadece bazı örneklerdir ve pürüzlülükle ilgili daha birçok parametre bulunmaktadır. Bu parametreler, yüzeyin farklı özelliklerini ve pürüzlülük profilini detaylı bir şekilde analiz etmek için kullanılır [9],[10],[11].

#### *D. Literatürdeki Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yöntemleri*

Yapılan araştırmalar sonucunda yüzey pürüzlülüğü ile ilgili birçok ölçüm yöntemleri literatürde kullanılmaktadır [4].

Dokunma yöntemi, mekanik çalışma yöntemi, hidrolik yöntem, pnömatik yöntem, yüzey dinamometresi yöntemi, kapasitans yöntemi, X ışını yöntemi, elektron mikroskobu yöntemi, optik mikroskop yöntemi, kesit alma yöntemi gibi çeşitli teknikler tekrarlanabilirlik analizinde kullanılan yöntemlerdir. Ayrıca, karşılaştırma mikroskobu yöntemi, optik yansıtma yöntemi, optik parazit aletleri yöntemi, ışık yansımaları (interferometri) yöntemi, replika (mask) yöntemi, standard örnek yüzeyler yöntemi, ışık bantlı mikroskop yöntemi, elektro-fiber optik sistem yöntemi, interferans mikroskop yöntemi, kisilev profilometresi yöntemi, yaylı tip profilometreler yöntemi, elektrikle çalışan profilometreler yöntemi, Levin profilografi yöntemi, Linnik ikili mikroskobu yöntemi, hava mastarı yöntemi, fotoğraf yöntemi, görsel komparatörler yöntemi, çok sayıda yüksekliğin mastarla okunması yöntemi, kaydedici indikatör yöntemi, izleyici uçlu (stylus) cihazlar yöntemi gibi diğer yöntemler de tekrarlanabilirlik analizi için kullanılan teknikler arasındadır.

Yapay sinir ağları (YSA), bilgisayar sistemlerinde öğrenme kavramının modellediği bir

yapay zeka yöntemidir. Yapay sinir ağları, özellikle sabit yöntemlerin kullanılmadığı alanlarda başarıyla kullanılmaktadır. Bu yöntem, birçok alanda geniş kullanım alanlarına sahiptir. Örneğin, mali işlerde yapay sinir ağları, risk analizi, hisse senedi tahminleri ve kredi değerlendirmeleri gibi alanlarda kullanılabilir. Bilgisayarlı görüde, yapay sinir ağları nesne tanıma, yüz tanıma ve görüntü sınıflandırma gibi verilerin işlenmesinde etkili olabilir. Yapay sinir ağları sınıflandırma ve regresyon işlemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır[12]. Yapay sinir ağları, büyük miktarda veriyi işleme kapasiteleri ve karmaşık ilişkileri modelleme yetenekleri nedeniyle popüler bir makine öğrenme yöntemidir [13]. Makine öğrenmesi, yapay zekâ alanının bir alt dalıdır ve bir sistem veya makinenin veri kullanarak kendini geliştirmesine olanak tanır [14]. Yapay sinir ağları (YSA) ise makine öğrenmesinde sıkça kullanılan bir tekniktir [15].

Bu çalışmada, yapay sinir ağları kullanılarak yüzeyde oluşan girinti ve çıkıntıların alan bakımından eşitlendiği orta eksenin üstünde ve altında kalan alanların aritmetik ortalaması tespit edilmiştir. Model içerisinde 6033 parametre ile işlem yapılmış ve tespit sonucunda yüzde 98 başarımla elde edilmiştir. R2 değeri 0,94 olarak ölçülmüştür. Toplamda 3262 veri ile model eğitilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde kullanılan yöntem, veri kümesi, yapay sinir ağı konusuna, geliştirme ortamına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde bulgular, dördüncü bölümde ise sonuçlara yer verilmiştir.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

### A. Model Yapısı

Oluşturulan modelde öncelikle veri kümesine ön işleme yapılmıştır. Ön işlemede sayısal olmayan değerler sayısal değerlere eşleştirilmiş Ra'yı etkilenmeyen alanlar korelasyon yardımı ile tespit edilip veri kümesinden çıkarılmıştır. Daha sonrasında düzenlenen veri kümesi oluşturulan modele girdi olarak verilip tahmin için işlemi için kullanılmıştır. Toplamda 6033 parametre ile işlem yapılmıştır. Model Yapısı Tablo 2.1'de verildiği gibidir.

Tablo 2.1 Model Yapısı

Katman	Boyut	Parametre
Dense	52	468
Dropout	52	0
Dense	52	2756
Dropout	52	0
Dense	52	2756
Dropout	52	0
Dense	1	53

### B. Yapay Sinir Ağı

Makine öğrenmesi tabanlı teknikler, verilerin işlenmesine yardımcı olarak karar destek sistemlerinde kullanılmaktadır. Ancak, veri büyüklüğü arttıkça bazı makine öğrenmesi yöntemlerinin istenilen performansı göstermede zorluklar yaşadığı görülmüştür. Bu sorunu aşmak için derin öğrenme teknikleri geliştirilmiştir. Derin öğrenme, makine öğreniminin bir alt alanıdır ve yapay sinir ağları adı verilen bir makine öğrenme tekniğinin daha fazla gizli katman ve ön işlemlerle birlikte kullanıldığı bir yöntemdir. Bu yöntemde, yapay sinir ağları birden fazla gizli katmanla çalıştırılarak maliyet fonksiyonunun minimum olması hedeflenir. Ancak, gizli katman sayısının artması daha güçlü donanımlar gerektirebilir. YSA, finans, bilgisayarlı görü, sınıflandırma gibi birçok alanda başarıyla kullanılmaktadır.

### C. Veri Kümesi

Bu çalışmada kullanılan veri kümesi ki deneyden oluşan bu çalışmanın sonuçlarının oluşmaktadır. Kesme sıvısıyla bir AISI H13 çeliğini işleme üzerine dayanmaktadır. İlk deneyde, teorik olarak yeni takım koşulları kullanılarak her bir ölçülen pürüzlülük parametresi için 324 örnek üretilmiştir. İkinci deneyde ise takım yavaş yavaş aşınması üç farklı seviyede değiştirilerek her bir ölçülen pürüzlülük parametresi için 288 örnek üretilmiştir. Deney1 ve Deney2'de, yüzey pürüzlülüğü her işleme çalışmasından sonra altı farklı noktada ölçülmüştür. Toplamda 3262 veri ile model eğitilmiştir.

#### D. Geliştirme Ortamı

Google Colab, Google tarafından GPU ve TPU sağlayan bir geliştirme ortamıdır. Python ve R dilleri ile geliştirme yapılmasına izin verir. Google colab Google drive üzerinden erişime izin veren platform bağımsız bir yapıdır.

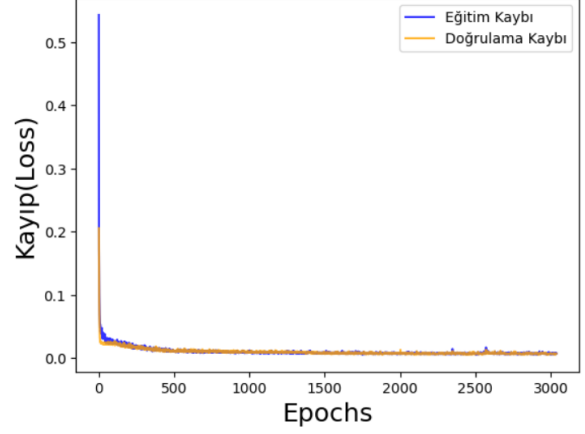
### III. BULGULAR

Çalışmada yapay sinir ağları kullanılarak yüzeyde oluşan girinti ve çıkıntıların alan bakımından eşitlendiği orta eksenin üstünde ve altında kalan alanların aritmetik ortalaması tespit edilmiştir. Model içerisinde 6033 parametre ile işlem yapılmış ve tespit sonucunda yüzde 98 başarımla elde edilmiştir. R2 değeri 0,94 olarak ölçülmüştür. Toplamda 3262 veri ile model eğitilmiştir. Şekil 3.1. 'de verildiği gibi eğitim ve doğrulama kayıpları(loss) 3000 epochs ile gösterilmektedir. Ayrıca tablo 3.1'de hesaplanması istenilen alan ile diğer parametreler arası korelasyon değerleri verilmiştir.

Tablo 3.1 Korelasyon Değerleri

Parametreler	Korelasyon Değeri
Ra	1
Rz	0,975
Rt	0,972
RSm	0,80
F	0,75
Rsk	0,46
Fy	0,20

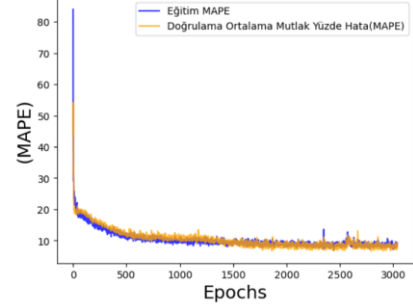
#### Eğitim ve Doğrulama Kaybı



Şekil 3.1. Eğitim ve doğrulama kayıpları(loss) 3000 epochs

Şekil 3.2'de gösterilen grafikte Eğitim ve Doğrulama Ortalama Mutlak Yüzde Hataları görülmektedir.

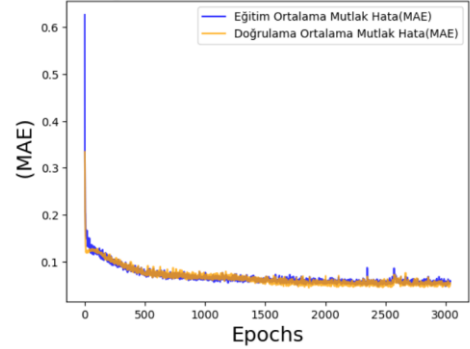
#### Eğitim ve Doğrulama Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE)



Şekil 3.2. Eğitim ve Doğrulama Ortalama Mutlak Yüzde Hataları

Şekil 3.3'te gösterilen grafikte Eğitim ve Doğrulama Ortalama Mutlak Hataları gösterilmektedir.

#### Eğitim ve Doğrulama Ortalama Mutlak Hata (MAE)



Şekil 3.3 Eğitim ve Doğrulama Ortalama Mutlak Hataları

#### IV. SONUÇLAR

Yüzey pürüzlülüğü, üretim kalitesini, sürtünme ve aşınmayı, yüzey kaplamalarını, yüzey işleme işlemlerini ve tribolojiyi etkileyen önemli bir faktördür. Düzgün bir yüzey pürüzlülüğü, parçaların doğru montajını sağlarken sürtünmeyi azaltır, aşınmayı önler ve enerji verimliliğini artırır. Ayrıca, kaplama işlemlerinde yapışmayı iyileştirir ve işleme gerektiren parçaların doğru bir şekilde birleştirilmesini sağlar. Yüzey pürüzlülüğü ayrıca tribolojik davranışı etkiler, sürtünme katsayısını, yağlama gereksinimlerini ve yüzeylerin etkileşimini belirleyebilir. Bu nedenlerle, yüzey pürüzlülüğü endüstriyel uygulamalar ve kalite kontrolü için hayati öneme sahiptir, çünkü doğru pürüzlülük değerleri ürünlerin dayanıklılığını, performansını ve verimliliğini artırabilir.

Bu çalışmada amaç, yüzey pürüzlülük değerinin yapay sinir ağlarıyla tespit edilebilirliğini öğrenmektir. Yapılan çalışmada içerisinde 6033 parametre ile işlem yapılmış ve tespit sonucunda yüzde 98 başarımla elde edilmiştir. R2 değeri 0,94 olarak ölçülmüştür.

#### KAYNAKLAR

- [1] İŞBİLİR F., (2006), Takım ömrünün sebep-sonuç diyagramları ile açıklanması, yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrüne etkili faktörlerin analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara
- [2] Güllü, A., “Silindirik Taşlamada İstenen Yüzey Pürüzlülüğünü Elde Etmek İçin Taşlama Parametrelerinin Bilgisayar Yardımıyla Optimizasyonu”, Doktora Tezi, Ankara, Eylül - 1995.
- [3] TEKAÜT İ., (2008), Takım tezgahlarındaki kesici takım titreşiminin yüzey pürüzlülüğüne etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara
- [4] Güllü A., ÖZDEMİR A. ve DEMİR H., (2003) “Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Yöntemleri ve Mukayesesi” TEKNOLOJİ, Cilt 6, (2003), Sayı 1-2, 79-92
- [5] NEŞELİ S., (2006), Tornalamada takım geometrisi ve tırlama titreşimlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya
- [6] Thomas, T. R. and Charton, G., “Variation of Roughness Parameters On Same Typical Manufactured Surfaces”. Precision Engng, 3 (2), 91-96, 1981.
- [7] King, T. G. and Spedding, T.A., On The Relationships Between Surface Profile Height Parameters. Wear, 83, 91-108, 1982.
- [8] Reason, R. E., The Measurement Of Surface Texture, 1970 (RTH).
- [9] A. J. T. Scar, “Metrology and Precision Engineering”, Mc. Graw-Hill Publishing Company Limited, New York, 1991.
- [10] ISO 4287 / 1 - 1984 (E / F / R).
- [11] Dagnall, H., Exploring Surface Texture, 1980 (RTH).
- [12] Aslan A. 1076-1082 (ICSAR'22) Akciğer Kanserinin Derin Öğrenme Yaklaşımları Kullanılarak Tespit Edilmesi
- [13] Birecikli, B., Karaman, Ö. A., Çelebi, S. B., & Turgut, A. (2020). Failure load prediction of adhesively bonded GFRP composite joints using artificial neural networks. Journal of Mechanical Science and Technology, 34, 4631-4640.
- [14] Aydın, I., Çelebi, S. B., Barmada, S., & Tucci, M. (2018). Fuzzy integral-based multi-sensor fusion for arc detection in the pantograph-catenary system. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit, 232(1), 159-170.
- [15] İ. Aydın, O. Yaman, M. Karaköse and S. B. Çelebi, "Particle swarm based arc detection on time series in pantograph-catenary system," 2014 IEEE International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA) Proceedings, Alberobello, Italy, 2014, pp. 344-349, doi: 10.1109/INISTA.2014.6873642.
- [16] André Dorigueto Canal, & Anderson Vicente Borille. (2022). <i>CNC turning: roughness, forces and tool wear</i> [Data set].Kaggle. <https://doi.org/10.34740/KAGGLE/DS/2205074>