

## ANFIS ve YSA Yöntemleri ile İşlenmiş Doğal Taş Üretim Sürecinde Verimlilik Analizi

Barış Gökçe<sup>1</sup>, Güray Sonugür<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.

<sup>2</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, Afyonkarahisar

e-posta: bgokce@aku.edu.tr

Geliş Tarihi:28.11.2015; Kabul Tarihi:09.02.2016

### Özet

Bu çalışmada bir doğal taş üretim işletmesine blok taş olarak giren bir hammaddenin ebatlı ham plaka olarak çıkmasına kadar gerçekleşen üretim süreçlerinin kontrolü, kayıt altına alınması, planlanması, stok yönetimi, doğal taş blokların verimlilikleri ve üretimin tahminlerinin yapılması amaçlanmıştır. Bunun için işletmenin üretim karakterini yansıtacak kurallı ve ilişkisel bir veri tabanı geliştirilmiş ve aynı zamanda, üretimin planlanması ve yönetimi için işletme yöneticilerine destek olabilecek bir yardımcı sistem oluşturulmuştur. Ayrıca, oluşturulan veri tabanındaki bilgiler kullanılarak yapay sinir ağları ve ANFIS ile iki farklı model geliştirilmiş ve bu modeller vasıtasıyla blokların verimlilikleri ve üretim süreleri tahmini gerçekleştirilmiştir. Modelleme ve veri giriş işlemleri tamamlandıktan sonra verimlilik tahmin sonuçları incelendiğinde yeterli başarının yapay sinir ağı modelinde ve % 4.9 en yüksek hata oranı ile gerçekleştiği tespit edilmiştir.

### Anahtar kelimeler

Üretim Kontrolü; Doğal Taş; Matlab, Yapay Sinir Ağları; ANFIS

## Productivity Analysis in Processed Natural Stones Production Process by Neural Networks and ANFIS Methods

### Abstract

In this study, productivity of processed natural stones and production estimations such production management, storing, planning, inventory management were aimed in whole manufacturing process includes natural stone from quarry to sized raw plate in a natural stone productive facilities. Therefore a technically well designed and relational database developed to reflect the character of production of a company. A subsystem was designed to company managers for assisting in terms of production planning. Besides, two different estimation model such artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference system were developed and productivity estimation of raw natural stone blocks and production time estimation of the whole process were done by using this system. After modeling and data input operations were completed, the productivity estimation results were analyzed, a sufficient success was obtained in artificial neural network model with maximum error rate 4.9%

### Keywords

Manufacturing Planning; Natural Stone; Matlab; Artificial Neural Networks; ANFIS

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

### 1. Giriş

Doğal taş sektöründe her ne kadar bilgi teknolojilerinin kullanımı yaygınlaşsa da teknolojinin kullanımı bölgesel olarak farklılıklar göstermektedir. Mevcut durumda pek çok işletme halen üretim kayıtlarını düzenli olarak tutmamakta ya da işlevsel olmayan yöntemlerle kâğıt ortamında veya Excel ortamında kayıtlarını tutmaya çalışmaktadır. Doğal

olarak bu şekilde toplanan veriler gereği gibi yorumlanıp planlama noktasında stratejik kararlar vermeye yardımcı olamayacağı gibi, herhangi bir maliyet tespiti, verimlilik tespiti vs. çalışması da yapılamayacaktır. Bu nedenle yapılan çalışmada

sektörün bölgesel olarak eksiklik hissedilen bu noktadaki ihtiyacını karşılama amacı güdülmüştür. Doğal taş işletmelerinde verimliliği ve işlem hızını etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır:

- Blok taş cinsleri, blok özellikleri, blok kalite sınıfı: İşletmelerin en büyük çıkmazlarından biri olan fire oranlarının kontrol altına alınması ve en aza indirgenmesi büyük önem taşımaktadır. Ancak; başta ocaklardan temin edilen blok taşların hiçbiri diğeriyle aynı olmamaktadır. Hatta aynı ocaklardan aynı gün elde edilen blok taşların her biri renk, desen, fosil barındırma, kırık-çatlak oranı vs. özellikler bakımından farklı öznelilikler barındırmaktadır. Bu nedenle de aynı cins doğal taş bloklarının fire oranları ve verimlilikleri farklı olabilmektedir.
- Makineler: Blok taşların işletmeye getirilmesi sonrasında dairesel testereler ile kesilerek işlendiği ST, baş kesme vb. diğer makinelerin performans, kapasite, kaynak sarfiyatı, arızalı kalma süreleri gibi özellikleri sürekli değişkenlik gösterebilmektedir. İşletmenin makine parkı yüksek performanslı ve kolay kullanılabilme özelliklerine sahip olan ve yüksek teknoloji otomasyon sistemleri bulunan makinelerden oluşuyorsa; işletmenin toplamda taş işleme hızı artmakta, enerji ve personel giderleri azalmaktadır. Bu da verimliliğe olumlu katkı sağlamaktadır.
- Personel (Operatör): Blok taşların işlenmesi sırasında makineleri kullanan operatörlerin tecrübeleri de blok verimliliği açısından büyük önem arz etmektedir. İki farklı operatör aynı özelliklerdeki blok taşı farklı sürelerde ve farklı fire oranlarında işleyebilmektedir.
- **Vardiya Sayısı:** İşletmelerde uygulanan vardiya sayıları da üretim planı ve verimlilikte etkili bir faktördür. Özellikle büyük blok taşların işlenmesinde sürelerin uzamasına ya da kısalmasına, toplamda işlenen ürünün miktarına etkisi vardır.

Bu şekilde doğrusal olmayan faktörlerin etkilediği süreçlerin matematiksel olarak modellenmesi mümkün değildir. Bu nedenle bu çalışmada doğrusal olmayan modelleme teknikleri kullanılmıştır.

Bu çalışmada; birinci aşama olarak yukarıda bahsedilen taş cinsi, makine tip ve özellikleri (ST ve Baş kesme makineleri), vardiya sayısı, blok kalitesi, blok boyutları gibi parametreler ile blok taştan ST plakalarına dönüşüm, ST plakalarından Baş kesme ebatlı plakalarına dönüşüm süreçleri yazılım vasıtasıyla kayıt altına alınmaktadır. Bu şekilde işletmenin üretim karakteristiğini yansıtan bir veri tabanı oluşturulmaktadır. İşletme yetkilileri tarafından anlık olarak üretim miktarları ve üretim hızları, makine ve vardiya performansları vs. bilgiler takip edilebilmektedir. Ancak; söz konusu bilgilerin yazılım vasıtasıyla veri tabanına kayıt edilmesi işleminde verilerin doğruluğu çok büyük önem taşımaktadır. Eğer veriler, çalışanlar tarafından doğru olarak tespit edilmez ise kayıtlar güvenilir olmayacak ve kurulacak model ile tahmin edilecek olan verimlilik değerlerinde de sapmalar oluşacaktır. Yapılan çalışmada ölçümlerin yapıldığı işletme tarafından yapılan kayıtların bir kısmında güvenilir olmayan yüksek salınlı girdiler tespit edilmiş ve bu veriler elenmiştir. Üretim ile ilgili yapılan ölçüm ve tespitlerde büyük ölçüde işletme yetkililerinin uzmanlıklarından faydalanılmıştır.

İkinci aşamada ise oluşturulmuş olan veri tabanından faydalanılmaktadır. Bu veri tabanında farklı cins, kalite ve boyutlardaki blok taşların farklı personel ve farklı makineler tarafından işlenerek ne kadar kayıpla ne miktarda ürün elde edildiğine dair verimlilik modellemesi açısından çok kıymetli bilgiler bulunmaktadır. Bu verilerin değerlendirilerek blok taşların verimlilik tahminlerinin yapılabilmesi için iki farklı yöntem kullanılmış ve bu yöntemlerin performans analizleri yapılmıştır. Birinci tahmin yöntemi olarak geri beslemeli yapay sinir ağı (YSA) modeli kullanılmıştır. İkinci yöntem olarak ise uyarlamalı sinirsel bulanık çıkarsama sistemi (ANFIS) kullanılmıştır. Tasarlanan ağlarda girdi olarak blokların en, boy ve yükseklik değerleri kullanılırken çıktı olarak da üretim süresi ve çıkan ürünlerin metreküp cinsinde hacmi kullanılmıştır. Bu şekilde blokların giriş hacmi ve çıkış hacimlerinin karşılaştırılarak bir verimlilik hesabı yapılması amaçlanmıştır. Çıkış verilerini baz alarak örneğin üretim saatine göre blok taş işlenirken ne kadar enerji tüketildiği bilgisi de tahmin edilebilmektedir.

## 2. Doğal Taş Üretim Süreçleri

Mermer fabrikalarında üretim sistemi ocaklarda ham blokların seçilmesi ile başlar. Bazı firmalar kendi ocaklarına sahip iken kimileri de başkalarına ait olan ocaklardan blok satın alma yoluna giderek ham blok tedarik ederler. Her iki durumda da blokların seçimi üretimin diğer aşamaları için hayati önem taşımaktadır çünkü seçilen blokların ürün kalitesi ile ilgili olumlu ya da olumsuz özelliklerini bu aşamadan sonra değiştirmek çok daha zor olacaktır. Ocaktan getirilen bloklar fabrikada stoklanırlar. Bundan sonraki adım blokların kesilmesidir. Kesilme adımında ilk işlem kesim hattının seçilmesidir. Mermer fabrikalarında iki temel kesim hattı bulunur, bunlar levha hattı ve plaka hattı ya da hatların başındaki ana makine adları ile isimlendirilerek katrak ve ST hattı olarak adlandırılırlar. Blok boyutları ve planlanan ürünlere bağlı olarak hatlar seçildikten sonra kesim işlemine geçilir (Akkoyun and Ankara 2007).

Bir doğal taş işletmesindeki ocaklardan gelen mermer blokları fabrikada farklı ürünlere dönüştürülmektedir. Bunlar aşağıdaki gibi sınıflandırılırlar (Akkoyun, 2006).

- Ham Levha
- Honlama Levha
- Cila Levha
- Ham Ebatlı (Ham Strip)
- Honlama Ebatlı (HonluStrip)
- Cila Ebatlı (Cila Strip)
- Fayans

Yukarıda sıralanmış olan her bir ürün için kullanılan makine ve işlem adımları Çizelge 1'da verildiği gibidir.

### 2.1. Doğal Taş Üretim Süreçlerinde YSA Modellerinin Kullanımı

Yapay sinir ağı modelleri geleneksel yöntem ve doğrusal mantık ile işleyen bilgisayar programlarının çözmede yetersiz kaldığı sınıflandırma, kümeleme, veri işleme, tahmin gibi alanlarda başarılı sonuçlar

verdiği için doğal taş üretim süreçlerinin modellenmesinde de sıklıkla kullanılmıştır.

Güvenç ve ark. (2011) tarafından, Mermer Kesme İşleminde Kesim Süresinin Yapay Sinir Ağı Tabanlı Modellenmesi çalışması da bu konuda yapılan çalışmalara örnek olarak gösterilebilir. Bu çalışmada; doğrusal olmadığı için matematiksel olarak modellenemeyen dairesel testerelerin kesim hızının yapay sinir ağı tabanlı modeller ile modellenmesine çalışılmıştır. Çalışma sırasında mermer kesme makinesi üzerinde yapılan kesme deneyleri sonucu elde edilen verilerle ileri beslemeli geri yayımlı danışmanlı bir öğrenme yöntemi kullanılmıştır. Vagon ilerleme hızı, testere devir sayısı ve kesim anında testerenin mermerin kaç cm'lik bölümünü kestirdiği verileri giriş olarak, bitiş süresi verisi ise çıkış olarak YSA'na verilmiştir. Tasarlanan bu YSA modeliyle, mermer kesme makinelerinde kesim işleminin bitiş süresinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Yapılan deneysel çalışmada elde edilen sonuçlarda modelden çıkan sonuçlar ile test verilerinin sonuçlarının birbirine oldukça yakın çıktığı görülmüştür.

Caner ve Akarslan (2009) tarafından yapılan çalışmada; mermer kesme parametrelerinin enerji tüketimine etkisi, Yapay Sinir Ağları ve ANFIS kullanılarak tahmin edilmiştir. Tahmin metodlarında giriş olarak mermerin sertliği, testere dönüş hızı ve kesme hızı parametreleri kullanılmış ve birim hacim başına harcanan kesme enerjisinin bir ifadesi olan spesifik enerji faktörü çıkış olarak alınmıştır. Ağların eğitimi için kullanılan veriler, Afyon Kocatepe Üniversitesi laboratuvarlarında bulunan, mermer kesilebilirlik analizleri için geliştirilmiş, bilgisayar tabanlı, dairesel testereli blok kesme (S/T) makinesinde yapılan bir deneysel çalışmadan alınmıştır. Bu veriler Denizli Traverteni ve Bilecik Bej tipi mermerlere ait kesim parametreleridir. Bu verilerin bir kısmı eğitimde kullanılmış ve tüm veriler daha sonra eğitilen ağlarda test edilmiştir. Tahmin edilen sonuçlar elde edilmiş deney sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada yapılan tahmin işlemlerinin doğruluğu daha önce yapılan deney sonuçları ile test edilmiştir. ANFIS yöntemi kullanıldığında 0.024'lük test hatası, YSA yöntemi

kullanıldığında ise tahmin işlemi sonucunda % 0,4865'lik bağıl hata ortalaması elde edilmiştir. Tahmin sonuçları karşılaştırıldığında, özellikle YSA ile daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Alarjin ve ark. (2005) tarafından mermer plakaların desenlerini ayrıştırmak ve sınıflandırabilmek amacıyla yapılan çalışma, doğal taş üretiminde kullanılacak bilimsel yöntemlere örnek olarak gösterilebilir. Bu çalışma; plakaların sınıflandırılmasında insan hatasını en aza indirgeyebilmek amacıyla bulanık mantık ve yapay sinir ağları teknolojileri kullanılarak yapılmış ve çalışma neticesinde desen ayrıştırma işleminin otomasyon ile gerçekleştirildiği bir sistem oluşturulmuştur.

### 3. Materyal ve Metot

Bu çalışmada kullanılan materyal ve metotlar aşağıda sıralanan bölüm başlıklarında açıklanmıştır.

Tablo 1. Uygulama Yazılımı Menü Yapısı

Yönetim	Tanımlama	Stok	Planlama	Raporlar	Tahmin
Kullanıcı Giriş ve Yetkilendirme	Taş Cinsi Girişi	Mermer Stok Kart Giriş	Blok Girişi	Blok Raporu	Tahmin Ekranı
	Taş Kalite Kodu Girişi	Kasa Stok Kart Giriş	Makine Girişi	Makine Ürün Raporu	
	Stok Birim Girişi	Kasa İçerik Oluşturma	Personel Girişi	Makine Toplu Ürün Raporu	
	Stok Grup Girişi	Kasa Stok Takip	Vardiya İşlemleri	Tarih Aralığı Üretim Raporu	
	Müşteri Girişi	Stok Satış	Blok İşleme		
	Ocak Girişi, Boyut Girişi		ST Plaka İşleme		

Geliştirilen sistemde; yazılımın istemci bilgisayarlara kurulumu sırasında kapladığı büyük alan ve müşteri tarafında ücretli lisanslaması zorunlu olan büyük veri tabanı yazılımları yerine, istemci tarafta çok az kaynak tüketen ve ücretsiz bir yazılım olan Firebird 2.0 sürümü kullanılmıştır.

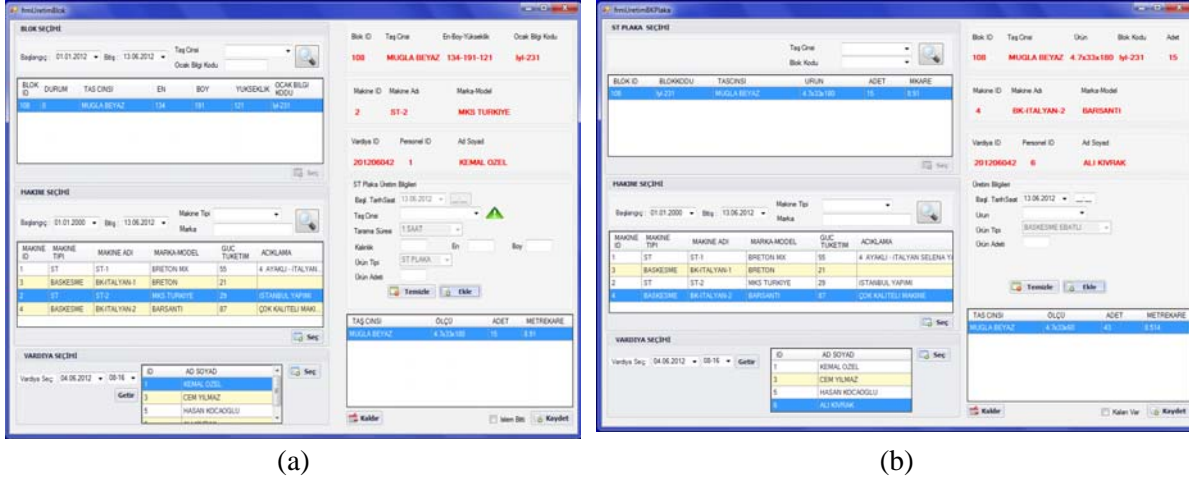
Bu veri tabanı sistemi; üretimin kontrol ve planlamasında kullanılacak olan üretim verilerinin kurallı ve ilişkisel olarak kayıtlanabilmesi ve üretim işletmelerinin üretim karakteristiklerini yansıtacak

### 3.1. Uygulama Yazılımı

Uygulama yazılımı, bir sonraki aşama olan blok verimliliği ve işlem süreleri tahmini öncesinde gerekli olan verilerin elde edilmesinde kullanıldığı gibi mermer üretim işletmelerinin üretim süreçlerini kontrol altına alabilecekleri, üretim verilerini anlık olarak görebildikleri, anlık stok kontrolü yapabildikleri, satışlarını gözlemleyebilecekleri bir ara yüz sunmaktadır. Visual Studio 2010 Platformunda C# yazılım dilinde gerçekleştirilmiştir.

Doğal taş üretim işletmelerinin plaka üretim planlamalarında bir blok üzerinden üretilen plakaların takibi ancak baş kesme makinelerine kadar takip edilebilmektedir. Sonrasında tüm baş kesme makinelerinde üretilen plakalar tek bir yatay yarma makinesinde işlenmekte bu nedenle de hangi plakanın hangi blok taştan üretildiği bilgisi kaybolmaktadır. Bu yüzden bu çalışmada; doğal taşların blok taş halinden plaka olarak çıkışına kadar olan üretim kontrol süreçleri ele alınmış ve yazılım kapsamında değerlendirilmiştir. Yazılımın menü yapısı Tablo 2. de verilmiştir.

görüntüsü (view) bulunmaktadır. Performansı ve olarak 42 adet tablo ve 30 adet veri tabanı bir veri bankasının oluşturulabilmesi için kullanılmıştır. Veri tabanı bünyesinde yaklaşık oluşabilecek hataları en aza indirgeyebilmek amacıyla ilişkisel veri tabanı özellikleri kullanılmıştır. Tablolarda gerekli alanlara yabancı (foreign) ve tekil (unique) anahtarlar konulmuştur. Uygulama yazılımının blok işleme ve plaka işleme modüllerinin ekran görüntüleri Şekil-1 (a) ve Şekil-1 (b)'de verilmiştir.



(a)

(b)

Şekil-1. (a) Uygulama yazılımının blok kesme modülü görüntüsü (b) plaka kesme modülü görüntüsü

### 3.2. Yapay Sinir Ağları

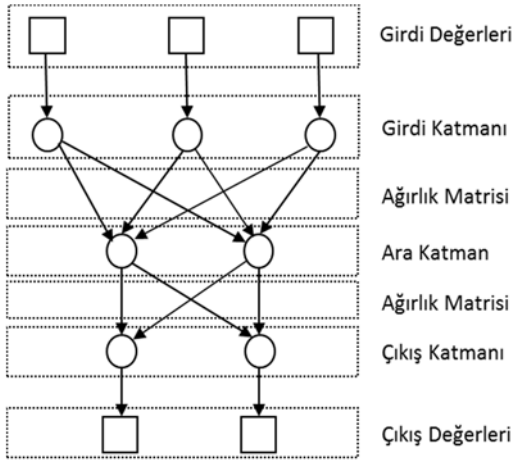
Yapay sinir ağı, beynin bazı fonksiyonlarını ve özellikle öğrenme yöntemlerini benzetim yolu ile gerçekleştirmek için tasarlanır ve geleneksel yöntem ve bilgisayarların yetersiz kaldığı sınıflandırma, kümeleme, veri işleme, çok duyulu makine gibi alanlarda başarılı sonuçlar verir. Yapay sinir ağının özellikle tahmin problemlerinde kullanılabilmesi için çok fazla bilgi ile eğitilmesi gerekir (Öztemel 2003). Yapay sinir ağları nöron olarak da adlandırılan düğümlerden oluşurlar. Bir yapay sinir ağı düğümünün görevi, girişindeki sayıları kendi ağırlık değerleri ile çarpıp, sonra çarpımları toplayıp, toplamı bir yumuşatma fonksiyonundan (genelde sigmoid veya tanh) seçildikten sonra çıkışa vermektir.

Ancak giriş ve çıkış katmanındaki nöronlar bu kuraldan hariçtir. Giriş katmanındaki nöronlar sadece içerdikleri değerleri çıkışa aktarırlar. Çıkış katmanındaki nöronlar ise sadece kendi girişlerindeki verilerin uygun ağırlıklarla çarpılmış hallerini toplayıp saklarlar. Aktivasyon fonksiyonun görevi hem çıkışları belirli değerler arasında tutmak hem de sürekli bir fonksiyon oluşturmaktır. Fonksiyonun sürekli olması türevinin alınması için, türevinin alınması ise eğitme aşamasındaki algoritmalar için gereklidir. Fonksiyonun türev karakteristikleri eğitme aşamasının hızını ve başarısını

da etkiler. Bu nedenle yaygın olarak kullanılan fonksiyonlar önceden de belirtilen sigmoid ve tanh fonksiyonlarıdır (Zurada, 1992).

Yapay sinir hücreleri bir araya gelerek yapay sinir ağını meydana getirmektedir. Yapay sinir hücrelerinin bir araya gelmesi rastgele değildir. Yapay sinir hücrelerinin genellikle birbiriyle bağlantılı 3 katman halinde ve her katman içinde birbirine paralel olacak şekilde bir araya gelerek ağı oluşturdukları görülür. Bu 3 katman, girdi katmanı (input layer), ara katman (hidden layer) ve çıktı katmanı (output layer) olarak adlandırılır. Girdi katmanı, dış ortamdan bilgileri alarak ara katmanlara iletmekle görevlidir. Bazı yapay sinir ağlarında bu katmanda herhangi bir bilgi işleme olmamaktadır. Ara katman, girdi katmanından gelen bilgileri işleyerek çıktı katmanına iletmekle görevlidir. Gizli katman olarak da adlandırılan ara katman birden fazla olabilmektedir. Ara katmanlar çok sayıda yapay sinir hücresi içermektedirler ve bu hücreler yapay sinir ağı içindeki diğer hücrelerle bağlantılıdır. Çıktı katmanı, ara katmandan gelen işlenmiş bilgileri dış ortama aktarmakla görevlidir (Baş, 2006). İleri Beslemeli YSA mimarisinin bir örneği Şekil 2. de verilmiştir.





**Şekil 2.** Tipik 3 Katmanlı İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağı Mimarisi (Int.Kyn.1)

Mühendislikte ve pek çok alanda en çok kullanılan öğrenme algoritması, geriye yayılma algoritmasıdır. Bunun en büyük nedeni, öğrenme kapasitesinin yüksek ve algoritmasının basit olmasıdır(Kaya *et al.* 2005). Geriye yayılma algoritması, gerçek çıktı  $\hat{C}$  ile istenen çıktı  $B$  arasındaki karesel hatayı minimum yapmak için gradyan azalma algoritmasını (gradient descent algorithm) kullanır ve hata Denklem 1 'de gösterildiği gibi hesaplanır(Caner and Akarslan 2009).

$$E = \frac{1}{n} \left[ \sum_{i=1}^n (C_i - B_i)^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

E: Ortalama karesel hata (MSE)

$B_i$ : Beklenen çıktı değeri

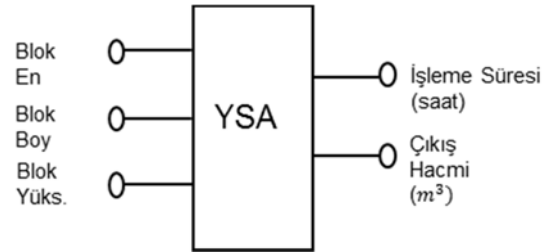
$C_i$ : Gerçek çıktı değeri (ağ çıkışı)

n: Ağın çıkış sayısı

### 3.2.2. Yapay Sinir Ağı Modelinin Tasarımı

Bu çalışmada YSA kullanılarak yapılmak istenen; ham doğal taşların en, boy ve yükseklik bilgilerini kullanarak sinir ağını eğitmek ve henüz işlenmemiş blok taşların işleme sürelerini ve blok taştan elde edilebilecek verimi tahmin etmektir. Tahmin işleminin doğruluğunu arttırmak amacıyla tahmini yapılacak ham doğal taş ile aynı kategoride (doğal taş cinsi, doğal taş kalitesi, işlenen makineler, işlem yapan personel) bulunan veriler ile eğitim yapılmaktadır.

Bir doğal taş bloğunun ham halinden baş kesme makinesi plakası haline gelinceye kadar olan süreçte; sürekli değişkenlik gösteren bloğun renk, desen, kırık-çatlak oranı, fosil oranı vs. özneliklerinin yanında üretimin gerçekleştirildiği makinelerin performansı ve üretim yapan personelin bilgi ve becerileri de etkilidir. Dolayısıyla yukarıda sayılan faktörlerin matematiksel bir model olarak tanımlanması oldukça zordur. Bu nedenle bu çalışmada doğrusal olmayan problemlerin çözümünde kullanılan yapay sinir ağları metotları kullanılmıştır. Bu çalışmada; doğal taş üretim ve verimlilik tahmini yapılabilmesi için 3 giriş ve 2 çıkıştan oluşan ileri beslemeli bir yapay sinir ağı tasarlanmıştır. Tasarlanan ağ Şekil 3.'de gösterilmiştir.



**Şekil 3.** Tasarlanan Yapay Sinir Ağı Modeli

Tasarlanan yapay sinir ağı gizli katmanlarda 10 tane nöron bulunan 3 adet katmandan oluşmaktadır. Matlab programının yapay sinir ağı modülünde yapılan deneme yanılma çalışmalarında en olumlu sonuçların; hiperbolik tanjant ve doğrusal fonksiyonlu aktivasyon fonksiyonuna sahip 10 nöron ve 3 katmandan oluşan ağlarda alındığı tespit edilmiştir. Ağda hatanın geriye doğru yayılarak düzeltilmesi (backpropagation) modeli temel alınmıştır. Bu modelde eğitim algoritması olarak Levenberg-Marquardt optimizasyonu kullanılmıştır. Bu yöntemlerin bir arada kullanılmasıyla YSA'na ait ağırlık değerleri epoch ismi verilen döngüler içinde hesaplanır. Eğitim işlemi; döngülerin her iterasyonunda çıkıştan elde edilen sonuçlar ile beklenen değerler arasındaki fark değerlerin (hata) en aza indirgenmesi için ağırlıkların yeniden belirlenmesi çalışmasıdır. Hata azaltma fonksiyonu olarak ortalama karesel hata (MSE) fonksiyonu kullanılmıştır.

Verilerin seçilmesi için hazırlanan yazılım kullanılmaktadır. Hali hazırda yazılım üzerinde üretim kontrol ve yönetimi için sürekli veri girişi yapılmaktadır. Bu şekilde her cinsten ve özellikten doğal taşlara ait blok ölçüleri ve her bloktan elde edilmiş olan ham plaka miktarları (metrekare ve metreküp cinsinden) ve üretim süreleri veri tabanında hazır olarak bulunmaktadır. Ayrıca bir blok taşın üretim sürecinde kullanılan makineler ve bu makineleri bulunmaktadır. Yazılım üzerinde bulunan bir menü ile tahminde bulunulacak olan blok taş ile aynı özelliklere ve aynı üretim süreçlerine sahip olmuş olan blok taşların verileri çekilir. Yani; kullanıcı tarafından talep edilen taş cinsinde ve kalitesinde olan ve yine kullanıcının belirlediği makinelerde işlenmiş olan blokların en, boy, yükseklik değerleri girdi verilerini oluşturmaktadır. Beklenen veriler ise seçilen blokların işleme sürelerini ve bloklardan elde edilen ürünlerin metreküp cinsinden değerini içermektedir. Bu ekranın görüntüsü Şekil 7. 'de verilmiştir.

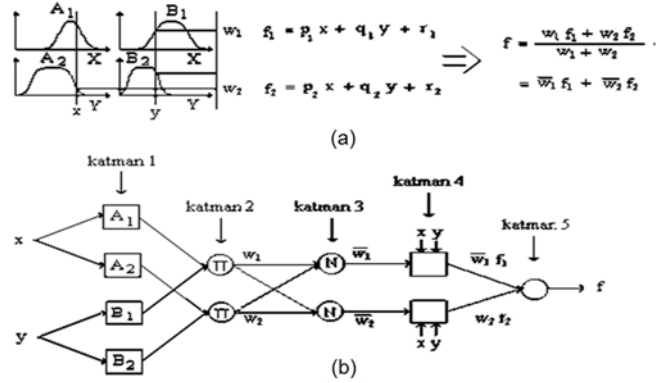
### 3.3. ANFIS Yöntemi

ANFIS kısaltması, Adaptive Neuro Fuzzy Inference System isimlerinin baş harflerinden oluşturulmuştur. Literatürde uyarlanabilir sinirsel bulanık çıkarım sistemi, Adaptif Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi veya Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi vb. isimlerle anılmaktadır. ANFIS, yapay sinir ağları topolojisinin bulanık mantık ilkeleriyle birlikte kullanılabilirdiği adaptif bir ağıdır. Her iki yöntemin özelliklerini taşıdığı gibi yöntemlerin tek başlarına kullandıkları durumlardaki bir kısım dezavantajları da bertaraf etmektedir.(Atmaca *et al.* 2001). Giriş ve çıkış değerleri bilinen sistemlerin bulanık mantık ile modellenebilmesi için kural tabanı ve üyelik fonksiyonu değerlerinin optimize edilmesini sağlar. Optimizasyon işlemi YSA'nın öğrenme metodları ile yapılır. Bu şekilde normalde öğrenme yeteneği olmayan bulanık sistemlere modelleyeceği veri setlerini öğrenme kabiliyeti sağlanmış olunur. ANFIS öğrenme metodu olarak geri yayılım metodu veya geri yayılım metodu ile en küçük kareler kestirim metodu kombinasyonunu kullanılmaktadır(Jang,

1993). ANFIS bulanık mantığın Sugeno (Takagi and Sugeno 1985) ve Tsukamoto (Tsukamoto, 1975) çıkarsama yöntemleriyle birlikte kullanılabilir (Atmaca *et al.* 2001).

#### 3.3.1. ANFIS Mimarisi

ANFIS 5 adet katmandan oluşmaktadır. Her katmanda bulanık mantık kural sayısı kadar nöron bulunur. Bu mimaride her katman farklı bir işlev icra eder(Tsukalas *et al.* 1996). Şekil-4 (a)'da 2 girişli ve 2 kurallı bulanık mantık sisteminin Sugeno yöntemiyle modellenmiş çıkarsama yapısı ve Şekil-4 (b)'de bu modelin eşdeğer ANFIS mimarisi verilmiştir.



Şekil 4. (a) Birinci dereceden iki girişli ve iki kurallı "Sugeno Bulanık Modeli"; (b) Eşdeğer ANFIS yapısı(Jang, 1996).

ANFIS ağ yapısında yuvarlak biçimde gösterilmiş olan düğüm noktaları statik olup, kare biçiminde olan düğüm noktaları ise uyarlanabilir. Yani kare düğüm noktalarında model parametreleri uyarlama veya eğitim sırasında değişmektedir (Yılmaz *et al.* 2002)

Bulanık mantık yaklaşımında bir kuralın sonuç bölümü uzman görüşü ile alınmış dilsel bir ifadedir. Ancak bu dilsel bilgi Sugeno çıkarsama yöntemiyle girişlerin doğrusal toplamı olarak ifade edilebilir. Örneğin;

Kural1:

$$\text{IF } x=A_1 \text{ and } y=B_1 \text{ THEN } f1 = p_1 x + q_1 y + r_1 \quad (2)$$

Kural2:

$$\text{IF } x=A_2 \text{ and } y=B_2 \text{ THEN } f_2 = p_2x + q_2y + r_2 \quad (3)$$

En son çıkış her bir kuralın ağırlıklarının ortalamasıdır (Jang, 1993).

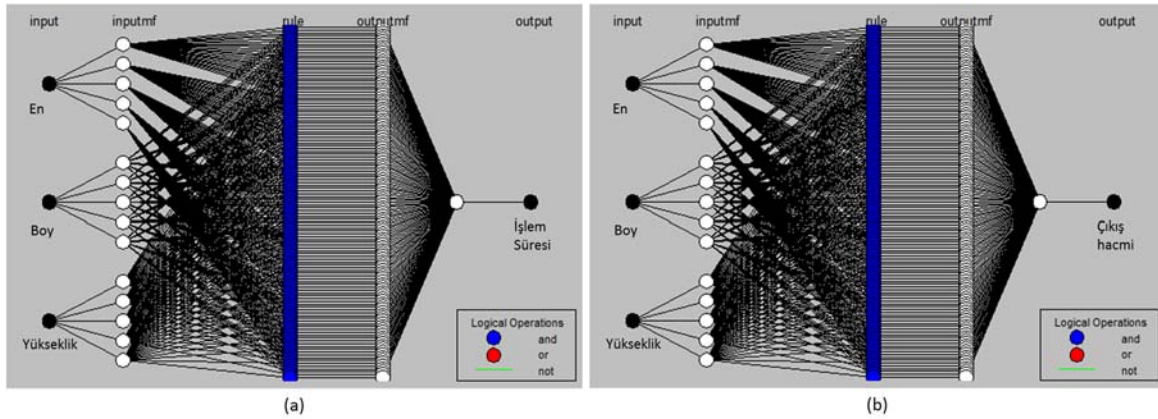
$$f = \frac{w_1f_1 + w_2f_2}{w_1 + w_2} \quad (4)$$

w: Yöntem tarafından belirlenen ağırlık.

Giriş ve çıkışların bilindiği durumlarda ANFIS ağı tarafından YSA öğrenme yöntemleri kullanılarak w ağırlık değerleri öğrenilmekte sonuçları bilinmeyen veri setleri için sistem modellenmektedir.

Bu çalışmada ANFIS ağını gerçekleştirmek üzere Matlab R2014a sürümü kullanılmıştır. Tasarlanan sistem YSA

mimarisinde olduğu gibi ham doğaltaş bloklarının en, boy ve yüksekliğinden oluşan 3 girişe, işlem süresi ve çıkış hacmi olmak üzere 2 çıkışa sahip olmalıdır. Ancak ANFIS mimarisi gereği girişlerde sınırlama olmamasına rağmen çıkışın tek olması zorunluluğu bulunmaktadır. Bu nedenle 2 farklı ağı tasarlanıp çıkışlar ayrı ayrı bulunmuştur. Tasarlanan ağlar Şekil-5(a) ve Şekil-5(b)'de verilmiştir. Matlab ANFIS uygulamasında eğitim ve test giriş veri setleri sütun matris şeklinde olup son sütun bilinen çıkış değerleri olarak algılanmaktadır.



Şekil 5.(a) İşlem süresi için hazırlanan ağı, (b) çıkış hacmi için hazırlanan ağı

### 3.3.2. YSA ve ANFIS Arayüzleri

Matlab programı üzerinde yapay sinir ağları modülü bulunduğu için YSA uygulamaları daha kolay bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca program "GUI" adı verilen kullanıcı ara yüzü tasarlama modülüne de sahiptir. Tasarlanan yapay sinir ağını uygulamak için Matlab üzerinde bir ara yüz geliştirilmiştir. İşlem adımları bu ara yüz üzerinden tek tek uygulanacak şekilde tasarlanmıştır. Matlab ara yüzünün ekran görüntüsü Şekil 6.'da verilmiştir.



Şekil 6. Matlab GUI kullanılarak oluşturulan ara yüz

Tasarlanan ara yüzde başlıca dört bölüm bulunmaktadır. Bunlar; girdi ekranı, beklenen ekranı, eğitim ve simülasyon bölümleridir.

Girdi ve beklenen ekranı bölümlerinde C# uygulaması tarafından transfer edilen veriler



işlenerek yapay sinir ağı modelinin girişlerine uygulanabilecek duruma getirilir. Her iki bölümde de aynı işlemler yapılır. Aradaki tek fark birinci bölümde girdi verileri işlenirken, ikinci bölümde beklenen değerlerin bulunduğu veri kümesi işlenmektedir. Verilerin işlenmesi üç adımda gerçekleştirilir. Birinci adımda C# uygulamasından transfer edilen veriler matris haline getirilir. Elde edilen matris ikinci adımda normalizasyon işlemine tabi tutulur. Normalizasyon tüm verilerin 0 ile 1 arasındaki sayılara belirli kurallar çerçevesinde dönüştürülmesidir. Formülü Denklem 5 'de verilmiştir.

$$X_n = \frac{X_t - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (5)$$

$X_n$  :Normalize edilmiş değer

$X_t$  :Normalize edilecek değer

$X_{min}$  :Değerler kümesinin minimumu

$X_{max}$  :Değerler kümesinin maksimumudur.

Üçüncü adımda ise elde edilen normalize edilmiş matris yapay sinir ağı girişlerine uygulanmak üzere vektör haline getirilir.

Eğitim bölümünde hem YSA hem de ANFIS ağlarının eğitimleri yapılabilmektedir. YSA eğitiminde iki farklı aktivasyon fonksiyonu kullanılabilir. Bunlar; tanjant hiperbolik ve doğrusal aktivasyon fonksiyonlarıdır. ANFIS ağının eğitiminde ise en iyi sonuçların alındığı parametreler grubu tek paket olarak kullanılmıştır. Kullanıcı tarafından yapılan seçimler sonucunda sinir ağları eğitilir ve ağırlıklar

hesaplanır. Bu şekilde giriş ve çıkışları bilinen bir sistem yapay zeka teknikleriyle modellenmiş olur.

Dördüncü bölümde ise yapılan eğitim işleminin testleri gerçekleştirilir. YSA 'ya daha önce uygulanmamış blok en, boy ve yükseklik değerleri ilgili alanlara girilerek bloğun işleme süresi ve metreküp cinsinden elde edilecek ürün miktarlarının tahminleri yaptırılır.

Sistem sürekli canlı olup C# uygulamasına yapılan veri girişleri sayesinde yapay zeka modülü sürekli beslenmektedir. YSA ve ANFIS eğitimleri her defasında daha fazla veri ile eğitim yapabilmekte bu da tahminlerin hata paylarını düşürmektedir.

#### 4. Bulgular

Sistemde 3 ayrı veri grubu için eğitim ve tahmin çalışması yapılmıştır. 1. Grup veriler ile 2. Grup veriler öznelik ve işlendikleri makineler açısından benzerlik gösterir. Aralarındaki fark; 1.grup veriler A Kalite bloklardan elde edilmişken 2. Grup veriler B Kalite bloklardan elde edilmiştir. Burada; A Kalite doğal taşlar ile B Kalite doğal taşların işleme süreleri ve elde edilen verim açısından karşılaştırılması ve tasarlanan yapay zeka modellerinin de bu farkı öğrenip öğrenemeyeceğinin test edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan 3. Grup veriler ile 1. Grup veriler arasındaki fark ise blokların işlendikleri makinelerdir. Bu farkın nedeni ise tasarlanan YSA modelinin makineler arasındaki işleme hızı ve verim farkını öğrenip öğrenemeyeceğinin test edilmesidir. Özellikleri ile beraber veri grupları tablosu Tablo 2. 'de de sunulmuştur

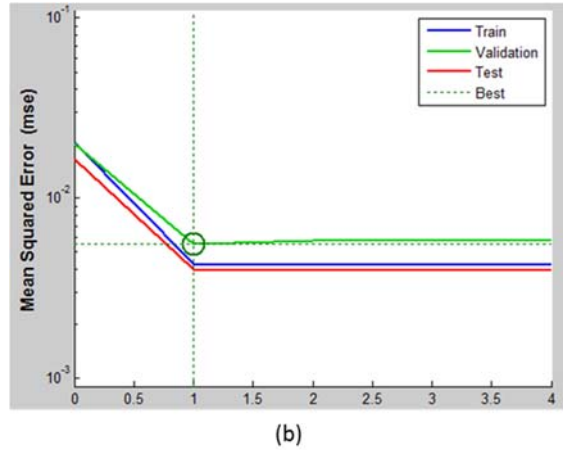
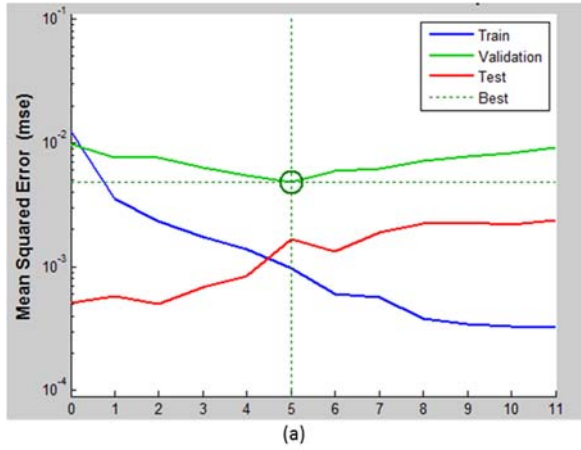
Tablo 2. Veri Gruplarının Özellikleri

	Taş Cinsi	Kalite	ST Makine	Başkesme Makine	Eğitim Veri Sayısı	Test Veri Sayısı
1.Grup Veri	AFYON BEYAZ	A KALİTE	ST-1	BK-İTALYAN-1	50	10
2.Grup Veri	AFYON BEYAZ	B KALİTE	ST-1	BK-İTALYAN-1	50	10
3.Grup Veri	AFYON BEYAZ	A KALİTE	ST-2	BK-İTALYAN-2	50	10

#### 4.1. Eğitim İşlemi

Bu çalışmada iki farklı sinir ağı tasarımı ile üretim ve süre tahminleri yapılmıştır. Ağların girdileri metre cinsinden blok doğaltaşların en, boy ve yükseklik değerleridir. Çıktılar ise saat cinsinden süre ve m<sup>3</sup> cinsinden işlenmiş doğaltaş miktarıdır. İlk tasarım olan YSA modelinin 10 adet nörondan oluşan bir gizli katmanı bulunmaktadır. Ağın eğitimlerinde aktivasyon fonksiyonu olarak hiperbolik tanjant ve doğrusal aktivasyon fonksiyonları kullanılmıştır.

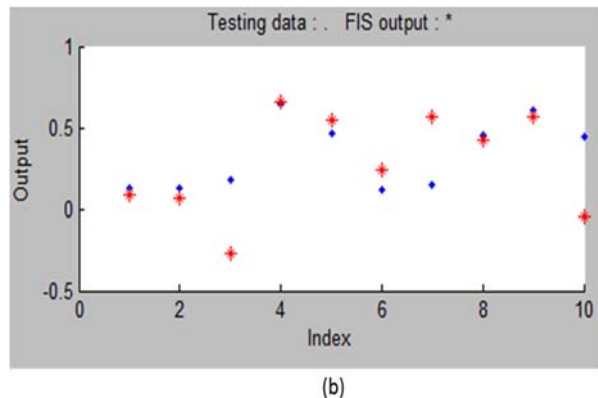
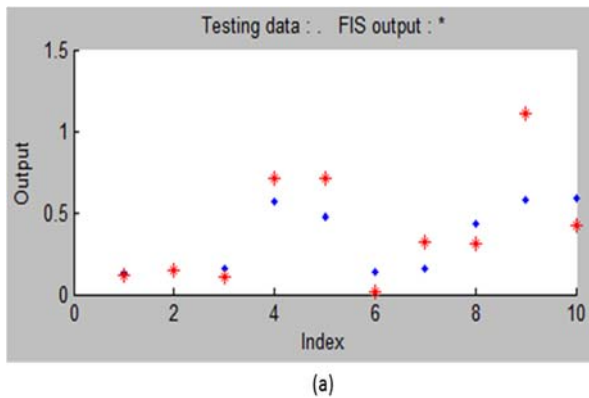
Aktivasyon fonksiyonlarının performansları ayrı ayrı test edilerek değerlendirilmiştir. Şekil 7. (a) ve (b)'de Matlab yazılımından alınan performans grafikleri verilmiştir. Grafiklerde dikey eksen ortalama karesel hatayı gösterirken, yatay eksen ise epoch yani iterasyon sayısını göstermektedir. Yazılım tarafından gerçekleştirilen eğitim sırasında 50 adet giriş verisinin 10 adeti doğrulama, 10 adeti de test amacıyla kullanılmıştır. Bu değerler grafik üzerinde sırasıyla yeşil ve kırmızı renklere gösterilmiştir.



Şekil 7. (a) Hiperbolik tanjant fonksiyonu, (b) doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanılarak elde edilen performans grafiği.

İkinci tasarım olan ANFIS ağına 5 adet üçgen üyelik fonksiyonu kullanılmıştır. Öğrenme metodu olarak geri yayılım metodu ile en küçük kareler kestirim metodu kombinasyonundan oluşan hibrit yöntemi kullanılmıştır. ANFIS ağı tasarım kısıtları nedeniyle aynı anda 2 çıkış kullanılamadığından her çıkış için ayrı bir ANFIS ağı tasarlanmıştır. 50 adet giriş verisi

ile eğitildikten sonra 10 adetlik veri grubu ile test edilen ANFIS ağının çıkış grafiği Şekil 8(a) ve Şekil-8(b) de verilmiştir. Grafiklerde mavi renkli noktacık ile gösterilen değerler gerçek sonuçlar olup kırmızı renkli yıldızlar ise gösterilenler ise ağ tarafından tahmin edilen sonuçlardır.



Şekil 8. (a) Süre çıkışı için gerçek ve tahmin edilen sonuçlar, (b) hacim çıkışı için gerçek ve tahmini sonuçlar.

YSA ve ANFIS ağlarına test verileri uygulandığında her bir veri için elde edilen sonucun beklenen değer ile arasındaki fark (hata) değerlerinin

ortalamalarının yüzde olarak ifadeleri Tablo 3. 'de verilmiştir. Bu verilere göre en başarılı tasarımın

doğrusal aktivasyon fonksiyonuna sahip olan tasarım olduğu görülmektedir.

Tablo 3. Eğitilen YSA Tasarımlarının Hata Oranları

	Hip.Tanjant Akt. Fonk (%)	Doğrusal Akt. Fonk. (%)	ANFIS
Grup-1 Veriler	5.2	4.5	10.6
Grup-2 Veriler	6	4.6	10
Grup-3 Veriler	5.2	4.9	11.4

## 5. Sonuçlar

Bu çalışmada; yapılan tahmin uygulamasında YSA ve ANFIS ağlarından oluşan 2 farklı sistem modellemesi yapılmıştır. Ayrıca YSA modeli 2 farklı aktivasyon fonksiyonu için ayrı ayrı tasarlanmıştır. Tasarlanan ağlar 3 grup farklı karakterlerdeki 60 adet giriş verisi ile simülasyona tabi tutulmuştur. Alınan sonuçlara göre en başarılı ağ doğrusal aktivasyon fonksiyonuna sahip olan ağdır. Ağ %4.5 ile %4.9 arasında değişen hata oranları ile çıkış bilgilerini tahmin etmiştir.

Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonuna sahip olan yapay sinir ağı modelinin hata oranı doğrusal aktivasyon fonksiyonuna sahip modele göre yüksek kalmıştır. Bu ağın hata oranları sırasıyla; %5.2, %6, %5.2 olarak gerçekleşmiştir.

ANFIS ağı ise YSA modellerine göre daha kötü bir tahmin performansı göstermiştir. Veri gruplarına göre sırasıyla % 10.6, %10 ve %11.4 hata oranlarında tahminler gerçekleştirmiştir.

Tasarlanan Matlab ara yüzüyle doğrusal aktivasyon fonksiyonlu ağ yapısından faydalanılarak en doğru tahmin çalışmaları yapılabilecektir. Bu ara yüz üzerinden blok taşların giriş ve çıkış hacimleri anında tespit edilebilmektedir.

Burada dikkat edilmesi gereken noktalardan biri de A Kalite doğal taş ile B Kalite doğal taşın verileri arasındaki farktır. 1.grup veriler A Kalite taşa ait verilerdir. 2. Grup veriler de B Kalite blok taşa ait olan verilerdir. Bu öznelikteki doğal taşların gerçek verileri incelendiğinde B Kalite taşlarda üretim süresinin hafifçe uzadığı ve verimin düştüğü görülebilir. Tasarlanan doğrusal olmayan modelleme sisteminin bu duruma uyum sağladığı,

özneliklerin değişmesine rağmen doğru tahminlerde bulunduğu görülmüştür.

Veriler incelendiğinde 3. Grup verilerde bulunan taşların 1. ve 2. Gruptakilerin aksine ST-2 ve BK-İtalyan-2 isimli makinelerde işlendiği görülecektir. Yine gerçek veriler analiz edildiğinde bu makinelerde yapılan üretimin diğer makine grubuna göre daha yavaş ve fireli olduğu gözlemlenebilir. Tahmin sistemi 3. Grup verilerde de %5.2 hata oranı ile doğruya yakın bir tahmin yapmış ve bu değişikliği de algılamıştır.

## Kaynaklar

- Akkoyun, Ö.,2006. Mermer İşletme Tesislerinde Kalite Maliyetlerine Bağlı Üretim Optimizasyonu. Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir,135
- Akkoyun, Ö. and Ankara, H. (2007). Kalite Maliyet Modelleri ve Mermer Fabrikaları için Bir Uygulama. *Madencilik Dergisi*, **46**,3-15 .
- Alarjin, J., Delgado, J. and Balibrea, L., 2005. Automatic System for Quality-Based Classification of Marble Textures. *IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics*, **35**,488-497.
- Atmaca, H., Cetisli, B., and Yavuz, H. S., 2001. The comparison of fuzzy inference systems and neural network approaches with ANFIS method for fuel consumption data. *In Second International Conference on Electrical and Electronics Engineering Papers ELECO*.
- Baş, N., 2006. Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı ve Bir Uygulama.Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 135
- Caner, M. and Akarşlan, E., 2009. Mermer Kesme İşleminde Spesifik Enerji Faktörünün ANFIS ve YSA Yöntemleri ile Tahmini. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **15**, 221-226.
- Güvenç, U., Dursun M. and Çimen, H., 2011. Mermer Kesme İşleminde Kesim Süresinin Yapay Sinir Ağı Tabanlı Modellenmesi. *SDU International Technologic Science*, **3**, 9-16.
- Jang, JSR., 1993. ANFIS—Adaptive-network-based neuro-fuzzy inference systems. *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics*, **20(03)**, 665–85.
- Kaya, İ., Oktay, S., Engin, O., 2005. Kalite kontrol problemlerinin çözümünde yapay sinir ağlarının kullanımı, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **21 (1-2)**, 92-107.
- Öztemel, E., 2003. Yapay Sinir Ağları. Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- Takagi, T., and Sugeno M., 1985. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and

- control. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 15, 116-132
- Tsukamoto, Y., 1979. Advances in fuzzy set theory and applications, editörler, Gupta, MM., Ragade, RK., and Yager, RR., North-Holland, Amsterdam, 137-149
- Yılmaz M., Çomaklı Ö. and Haşiloğlu, A.S., 2002. Kanallarda zamana bağlı zorlanmış ısı taşınımının bulanık-sinir ağı (neuro-fuzzy) ile tahmini, *GAP IV. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı*, 06-08 Haziran 2002, Şanlıurfa, Turkey.
- Zurada, J., 1992. Introduction to Artificial Neural Networks. West Publishing Company, St. Paul.

### **İnternet kaynakları**

- 1-<http://rfhs8012.fh-regensburg.de/~saj39122/jfroehl/diplom/e-1.html>  
(24.11.2015)