

# YERALTI MADENCİLİĞİ ÜRETİM YÖNTEMİ SEÇİMİNDE YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANARAK TAVANIN KONTROL ALTINA ALINMASI PARAMETRESİNİ TEMEL ALAN BİR MODELİN GELİŞTİRİLMESİ

## DEVELOPING A MODEL BASED ON THE STRATA CONTROL PARAMETER IN THE SELECTION OF UNDERGROUND MINING METHOD BY USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Meriç Can Özyurt<sup>1,\*</sup>, Abdulkadir Karadoğan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Maden Mühendisliği Bölümü, 34320, Avcılar – İstanbul*

Yayına Geliş (Received): 02.03.2019 Yayına Kabul (Accepted): 03.06.2019

\* Corresponding author

### Öz

Bu çalışmada, yeraltı madenciliği üretim yöntemi için çevresel hasara neden olmadan, güvenli ve sağlıklı bir çalışma ortamı sağlanması koşulu ile tavan kontrolü parametresini esas alan, göçertmeli ve topuklu yöntemlerin tek başına uygulanıp uygulanamayacağını değerlendiren bir yapay sinir ağı (YSA) modeli geliştirilmiştir. Bu amaçla; “syntax” programlama dili kullanılarak, literatürdeki kalıplaşmış kabul edilen bilgilere dayalı hipotetik örnekler hazırlanmış ve bir YSA modeli eğitilmiştir. Tamamlanan eğitim sonucunda, çok düşük performans fonksiyonu ve çıkışlar ile hedefler arasında oldukça yüksek korelasyonla bir ilişki elde edilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Tavan Kontrolü, Yapay Sinir Ağları

### Abstract

In this study, an artificial neural network (ANN) model has been developed which evaluates whether the methods of caving and pillar methods can be applied alone based on the strata control parameter for the underground mining method, with the condition of providing a safe and healthy working environment without causing environmental damage. For this purpose; by using the syntax programming language, hypothetical examples based on information considered stereotyped in the literature were prepared and an ANN model was trained. As a result of the completed training, a very low correlation was found between targets and outputs and a very low performance function was obtained.

**Keywords:** Strata Control, Artificial Neural Networks

### GİRİŞ

Yeraltı madencilik uygulamaları sırasında açılan her boşluk, civarında yeni bir gerilme dağılımının oluşmasına neden olmaktadır. Özellikle, yeraltı madenciliğinde gün geçtikçe daha derinlerde ve geniş alanlarda üretim yapılması, kazı boşlukları etrafında oluşan bu gerilme büyüklüğünü de arttırmaktadır. Oluşan bu gerilme karşısında yeraltı boşluğunun, işin gerektirdiği sürece emniyetli şekilde tutulması madencilikteki en önemli konulardan biridir (Gazanfer, 1976; Birön ve Arıoğlu, 1999). Bu amaç doğrultusunda yapılan işlemler, birincil olarak işletmede çalışan personelin güvenliğini sağlamak

amacıyla yapılmaktadır. Bu kıstas sağlandıktan sonra yapılan işlemlerin ekonomikliği, farklı sistemlerin birbirine göre avantajları ve dezavantajları ortaya konulması gerekmektedir (Mamat, 2014).

Yeraltı madenciliği üretim yöntemi için çevresel hasara neden olmadan, güvenli ve sağlıklı bir çalışma ortamı sağlanması koşulu ile tavan kontrolü parametresini esas alan, göçertmeli ve topuklu yöntemlerin tek başına uygulanıp uygulanamayacağını değerlendiren bir birçok geleneksel algoritma mevcuttur. Bu algoritmaların çözüm sunabilmesi, ihtiyaç duyulan tüm parametrelerin bilinmesi esasına dayanmaktadır. Ancak, ön fizibilite aşamasında bir

veya daha fazla ölçüt hakkında bilgide eksiklik olabilir veya bu aşamada elde edilen bulgular ile hazırlık aşamasında elde edilen bulgular farklılık gösterebilir.

Geleneksel algoritmaların bir diğer dezavantajı ise, sadece sınırları belirlenmiş bir sistem içerisinde çözüm sunmasıdır. Bu da, etkisi ve/veya etki derecesi henüz bilinmeyen veya bulgularla desteklenmemiş birçok ölçütün, problemin çözümünde kullanılmaması ve birer bilinmeyen olarak kalmaya devam etmesi demektir.

Yukarıda verilen bilgiler ışığında, akıllı sistemlerden biri olan yapay sinir ağlarından yararlanmanın faydalı olacağı düşünülmüştür. Literatürde birçok biliminsanı, YSA'yı madencilik işlemleri sırasında karşılaşılan problemleri çözebilmek için de kullanmıştır. Adeli ve We (1998) bir kazı faaliyetinin ekonomik sonuçlarını tahmin etmiş; Leu vd (2001) tahkimat sisteminin gerilmeler karşısındaki davranışını, Ambrozic ve Turk (2003), Yılmaz (2009) ve Lee vd (2012) göçük riskini, Düzgün (2005), Zhang vd. (2007) Guo vd. (2009), He vd. (2009), Hu (2010) ve Liu (2014) metan konsantrasyonundaki değişimi, Singh vd. (2004), Singh ve Singh (2005), Khandelwal ve Singh (2006), Sawmliana vd (2007), Singh vd. (2008), Mohammad (2009) ve Özer vd. (2019) patlatma ve çevresel çıktılarını modellemiş; Özyurt (2018) bir maden yatağı için en uygun üretim yöntemini belirleyen bir model geliştirmiş; Özyurt ve Karadoğan (2018) tam mekanize kazı yapılabilirliğini

değerlendirmiş; Cheng vd (2005) ise bir yeraltı işletmesinin havalandırma sistemini optimize etmiştir.

Yapılan çalışma ile, yeraltı maden ocakçılığı için, tavan kontrolü parametresini esas alan YSA modeli geliştirilerek göçertmeli ve topuklu yöntemlerin seçiminde yeni bir alternatif ortaya konmaya çalışılmıştır. Kaya kütle özelliklerini tanımlamak için ise Bieniawski (1989)'nin geliştirdiği kaya kütleli sınıflama sistemi (RMR) kullanılmıştır.

## GENEL BİLGİLER

### Tavanın Kontrol Altına Alınması İçin Yöntemler

Kazı boşluğunda kalıcı topuk bırakmak (topuklu yöntemler), kazı boşluğunun tavanını göçertmek (göçertmeli yöntemler), kazı boşluğuna dolgu malzemesi yerleştirmek (dolgu yöntemler) veya birden fazla yöntemin aynı anda uygulanması (birleşik yöntem) yeraltında tavan kontrolünün sağlanması için yapılan işlemlerdir (Şimşir, 2015). Yöntemlerin uygulanabilirliği, maden yatağının teknik özellikleri ve kaya kütleli özelliklerine bağlı olarak değişebilmektedir (Köse ve Tatar, 2003; Karpuz ve Hindistan, 2008; Arıoğlu ve Tokgöz, 2011; Köse ve Kahraman, 2014). Bu yöntemlerin avantajları, dezavantajları ve ön koşulları Çizelge 1'de sunulmaktadır (Cumming ve Given, 1973; Nicholas, 1981; Hartman, 1992; Gertsch ve Bullock, 1995; Miller vd., 1995; Köse ve Tatar, 2003; Yalçın, 2012; Kuzu, 2013; Bayraktar, 2013; Şimşir, 2015).

**Tablo 1.** Tavanın kontrol altına alınmasına göre yöntemler için gereken ön koşullar.

**Table 1.** Prerequisites for methods according to the strata control.

.	Avantaj	Dezavantaj	Ön Koşullar
Topuklu	En Ucuz	Cevher kaybı çöktür ve karmaşıktır.	Sağlam cevher, tavan taşı ve taban taşı ve oksidasyon riskinin bulunmaması
Göçertmeli	Ucuz	Cevher seyrelmesi çöktür ve tasman etkisi yüksek	Zayıf tavan taşı, Yeraltı suyu, Patlayıcı gaz/toz ve tasmandan etkilenebilecek yeryüzü yapısı bulunmaması
Dolgulu	-	Pahalı	Topuklu ve göçertmeli yöntemlerin uygulanamayacağı koşullarda uygulanır.
Birleşik	-	-	Bir yöntemin tek başına uygulanamayacağı koşullarda uygulanır.

### Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay sinir ağları; biyolojik sinir ağlarını taklit eden, örneklerden veya geçmiş çalışmalarda elde edilen bulguları çalışarak, benzer veya daha önce karşılaşılmamış örnekler hakkında yeni bilgiler üretebilme veya bulabilme gibi kabiliyetleri, kendi kendine yapabilmek için geliştirilen yapay zeka teknikleridir (Rajasekaran ve Pai, 2005; Öztemel, 2016).

YSA'da kullanılan eğitim algoritmaları, danışmanlı öğrenme ve danışmansız öğrenme başlıkları altında 2 ana grupta incelenir. Danışmanlı öğrenme kuralları en uygun değeri bulma (eğri uydurma) ve sınıflandırma problemlerinde, danışmansız öğrenme kuralları ise kümeleme

problemlerinde tercih edilmektedir. Bu çalışmada, ilgili problemler eğri uydurma ve YA sınıflandırma kapsamına girdiğinden danışmanlı öğrenme kuralları, bu kurallardan da hatayı minimize etmede en etkili çözümleri sunan geri yayılım öğrenme kuralları kullanılmıştır. Levenberg-Marquadt (LM), Bayes (BR) ve ölçekli eşlenik indirgeme (SCG) algoritmaları bu kurallara girer. BR en yavaş, SCG ise en hızlı sonuç veren geri yayılım algoritmasıdır (Mathworks, 2017).

Bu çalışmada en düşük performans fonksiyonu ve hedefler ile çıkışlar arasında en yüksek korelasyonla ilişkiler sunan YSA modeli, Bayes (BR) algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiş bir eğitim prosesi sonucunda elde edilmiştir.

### Bayes Geriayılım Algoritması (BR)

Bayes geriayılım algoritması (BR), ağırlıkları ve bias değerini LM algoritmasına göre günceller (Mackay, 1991; Foresee ve Hagan, 1997). Performans fonksiyonunu düşürmek için hata karelerinden ve ağırlıklardan oluşan bir kombinasyon minimize edilir (Pan vd., 2013).

BR, ağırlıkların eğitim fonksiyonuna dahil eder (Eşitlik 1) (Yue ve Rue., 2011). Burada;  $E_W$  ağırlık kareleri toplamı,  $E_D$  hata kareleri toplamı (mse),  $\alpha$  ve  $\beta$  ise fonksiyon parametreleridir.

$$F(w) = \alpha E_W + \beta E_D \quad (1)$$

$\alpha$  ve  $\beta$ 'nin belirlenmesinde Bayes teoremi kullanılır. Bayes teoremi, öncelikli ve arka olasılıkları temel alan iki değişken ile ilişkilidir (Eşitlik 2).  $P(A|B)$  A'nın B üzerindeki arka olasılığı,  $P(B|A)$  ise B'nin A üzerindeki öncelikli olasılığıdır. (B), B'nin sıfıra eşit olmayan öncelikli olasılığıdır ve normalize sabiti olarak tanımlanır.

$$\frac{P(A|B)}{P(A)} = \frac{P(B|A)}{P(B)} \quad (2)$$

Bayes teoremi ile ağırlıkların belirlenmesinde ise Eşitlik 3 kullanılır. Burada;  $\alpha$  ve  $\beta$  optimize edilecek parametreler, D ağırlık dağılımı, M yapay sinir ağırları mimarisi,  $P(D|M)$  normalizasyon faktörü,  $P(D|\alpha, \beta, M)$  D'nin  $\alpha$ ,  $\beta$  ve M için D'nin benzerlik fonksiyonudur. Arka fonksiyonu  $P(\alpha, \beta | D, M)$ 'in maksimize edilmesi benzerlik fonksiyonunun maksimize edilmesine denktir.

$$P(\alpha, \beta | D, M) = \frac{P(D|\alpha, \beta, M) P(\alpha, \beta | M)}{P(D|M)} \quad (3)$$

Uygun  $\alpha$  ve  $\beta$ 'nin belirlenmesi ile ağırlıkların alabileceği değer aralıkları bulunur. Ardından, LM algoritması ile hata ve ağırlıklar belirlenir. Yakınsama sağlanamazsa;  $\alpha$  ve  $\beta$  revize edilir (Yue ve Rue., 2011; Baghirli, 2015).

### ÇALIŞMA SAHASI

Kiremitçiler Madencilik Ltd. Şti'nin yeraltı linyit madeni, Edirne İli, Uzunköprü İlçesi Kırköy Mahallesi sınırları içerisinde bulunmaktadır (Şekil 1). Günümüz itibarı ile üretim açık işletme şeklindedir (Şekil 3.2). Ancak, 60 m'den daha derinde yataklanmış linyitin üretilmesinde yeraltı işletmesine geçilmesi için projelendirme çalışmaları başlamıştır. Firma dokümanlarından alınan bilgilere göre; yeraltı linyit madenin uzunluğu 5.000 m, genişliği 2.000 m olup görünür rezerv 37.500.000 ton, muhtemel rezerv 22.500.000 ton, mümkün rezerv 3.750.000 tondur (Yılmaz vd., 2016).

İnceleme alanında danışent formasyonu hâkimdir. Kahve gri ve sarı renkli olarak izlenen

formasyon, kumlu killi ve siltli birimlerden oluşmaktadır. Danışent Formasyonu sahil boyunca geniş bir alanı kaplamış ve kıyı şeridinde yer yer üzerine güncel denizel sahil dolgu malzemesi ve alüvyon çökelleri kaplamıştır. Zengin kömür yatakları içeren Danışent Formasyonu yer yer tüf arakatlıdır (Mutlu, 2017).

Çalışma sahasının, bu çalışma kapsamında ihtiyaç duyulan bilgiler saha çalışması ve laboratuvar deneyleri yapılarak elde edilmiştir (Çizelge 2).

**Tablo 2.** Çalışma sahasının özellikleri.

**Table 2.** Properties of study area

Ölçüt	Değer
Cevher - RMR	52 (Orta Sağlam)
Tavan Taşı - RMR	59 (Orta Sağlam)
Taban Taşı - RMR	53 (Orta Sağlam)
Tasman Etkisi	Yok
Ocak Havası	Metan Gazı ve Kömür Tozu
Oksidasyon Riski	Var
Yeraltı Suyu	Yok

### BULGULAR

#### Bir YSA Modelinin Geliştirilmesi

Problemin girişlerine karşılık gelen çıkışlar incelendiğinde, söz konusu problemin sınıflandırma veya eğri uydurma kapsamına girebileceği anlaşılmıştır. Sınıflandırma problemlerinde, iki ayrı sınıfı temsil eden iki çıkış bulunmaktadır. İlgili örneğin ait olduğu sınıfı temsil eden çıkış 1, diğeri ise 0 değerini alır. Bu ağlarda her iki çıkışında 0 olması veya 1 olması söz konusu değildir. Dolayısıyla, söz konusu problem sınıflandırma kapsamında değerlendirildiği takdirde, hem göçertmeli yöntemlerin, hem de topuklu yöntemlerin uygulanabilirliğini tek bir YSA modeli ile değerlendirmek mümkün olmayacak, bunun için iki ayrı model geliştirilme zorunluluğu doğacaktır.

Bu çalışmada ise ilgili problem eğri uydurma kapsamında değerlendirilmiş; hem göçertmeli, hem de topuklu yöntemlerin uygulanabilirliği bir arada değerlendiren tek bir YSA modeli geliştirilmiştir. Bu modelin giriş katmanında yeraltı suyunun debisini (lt/dk), cevher, tavan ve taban taşının kaya kütle indekslerini (RMR), yeryüzünde meydana gelebilecek tasman ve bu tasmandan etkilenecek yapıları (tasman etkisi), cevherin kendiliğinden yanmasını ve yeraltı havasındaki patlayıcı gaz/tozları temsil eden 7 nöron, çıkış katmanında ise maden yatağında göçertmeli ve topuklu yöntemlerin uygulanabilirliğini temsil eden 2 nöron yer almaktadır. Eğer yöntemler, herhangi bir çevresel hasara neden olmaksızın, güvenli ve sağlıklı bir çalışma ortamı sağlanması koşulu ile uygulanabiliyor ise ilgili çıkış yaklaşık olarak 1, uygulanamıyor ise yaklaşık olarak 0 olacaktır.



**Şekil 1.** Kiremitçiler Madencilik Ltd. Şti'nin yeraltı linyit madeni  
**Figure 1.** Kiremitçiler Madencilik Ltd. Şti's underground lignite mine

Geliştirilen YSA modelini eğitebilmek için, problemin büyük bir kısmını ifade edebilecek aralıkta ve kalitede örneklere ihtiyaç duyulmuştur. Ocak havasına ve kaya özelliklerine ait bilgiler, şirket içi özel bilgi olmalarından dolayı firmalardan temin edilememekte, temin edilen bilgilerin ise güvenilirliği veya uygulamaların doğruluğu bilinmemektedir. Bununla birlikte, YSA'nın sadece firmalardan temin edilen ve/veya edilebilecek bilgiler ile eğitilmesi sonucunda, literatürdeki kalıplaşmış kabul edilen bilgiler yerine uygulayıcıların kararları baz alınarak çıkışlar sunan bir model geliştirilmiş olacaktır. İhtiyaç duyulan tüm bilgiler, yüksek bir güven aralığında temin edilebilse dahi, bu bilgiler problemin sadece bir bölümünü ifade edebilecektir. Ayrıca, firmalar ülkemiz yasalarına ve yönetmeliklerine uygun şekilde üretim yaptığından, örnek setleri sadece "UYGUN" koşullardan oluşacak, "UYGUN OLMAYAN" veya "UYGULANAMAZ" koşullar YSA'ya öğretilmeyecektir.

Yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı; tüm yeraltı madenleri için yüksek bir güven aralığında çözüm sunabilecek bir modelin, sadece firmalardan alınan bilgiler ile geliştirilemeyeceği anlaşılmıştır. Sonuç olarak, "syntax" program dili kullanılarak, literatürdeki kalıplaşmış kabul edilen bilgilere dayalı 7643 adet hipotetik örnek hazırlanmış (Çizelge 3). Örneklerin %85'i eğitim, %15'si ise test işlemi için kullanılmıştır. Doğrulama işlemi ise, ağır performans fonksiyonu minimize edilmeden eğitimin durdurulmasına neden olabilme ihtimali nedeniyle tercih edilmemiştir.

İlgili problemin girişleri ile çıkışları arasında non-linear bir ilişki olmasından ötürü, geri yayılım öğrenme algoritmalarının ve Tanjant Hiperbolik aktivasyon fonksiyonunun kullanıldığı bir fitnet (eğri uydurma ağı) oluşturulmuştur. Bu ağ, farklı mimarilerde ve farklı geri yayılım öğrenme algoritmaları ile eğitilmiştir. Bu denemelerde, performans fonksiyonunun 0,0009'den düşük seviyelere indiği takdirde eğitim verileri için başarıda artma,

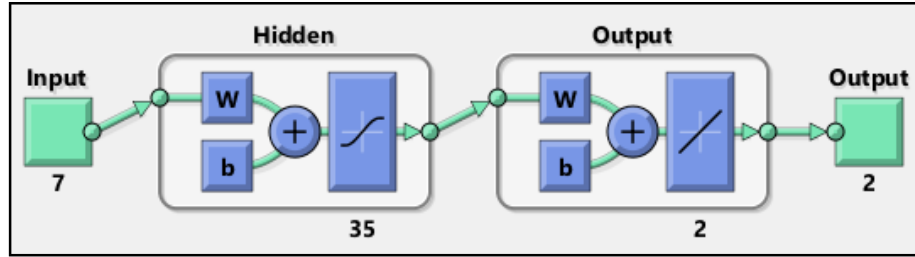
ancak test verileri için ise başarıda azalma başladığı tespit edilmiştir. Bir başka deyişle, model öğrenme değil ezberleme yapmıştır. Bu nedenle, performans fonksiyonunun 0,0009 olduğu noktada eğitim işlemi durdurulmuştur. Denemeler neticesinde en başarılı

sonuçları sunan YSA'nın modeli Şekil 2'de, performans bilgileri ise Çizelge 4'te sunulmuştur.

**Tablo 3.** YSA'nın eğitilmesinde kullanılan 7643 adet örneğin bir bölümü.

**Table 3.** Several of 7643 samples used in ANN's training.

Girişler						
Yeraltı Suyunun Debisi lt/dk	Tavan Taşı RMR	Taban Taşı RMR	Cevher RMR	Tasman Etkisi 1: Var 0: Yok	Oksidasyon 1: Var 0: Yok	Patlayıcı Gazlar ve Tozlar 1: Var 0: Yok
0	52	94	4	1	1	0
0	18	65	29	0	1	0
0	7	89	26	1	0	1
0	8	72	55	1	0	1
13	91	70	65	1	1	1
0	95	71	6	0	1	0
0	87	87	20	0	1	0
30	69	93	71	0	0	1
0	58	98	8	0	1	0
0	13	86	39	0	0	0
0	23	98	58	0	0	1
0	95	94	38	0	1	0
13	85	60	81	1	0	1



**Şekil 2.** YSA'nın mimarisi.

**Figure 2.** Structure of ANN

**Tablo 4.** YSA'nın performans bilgileri.

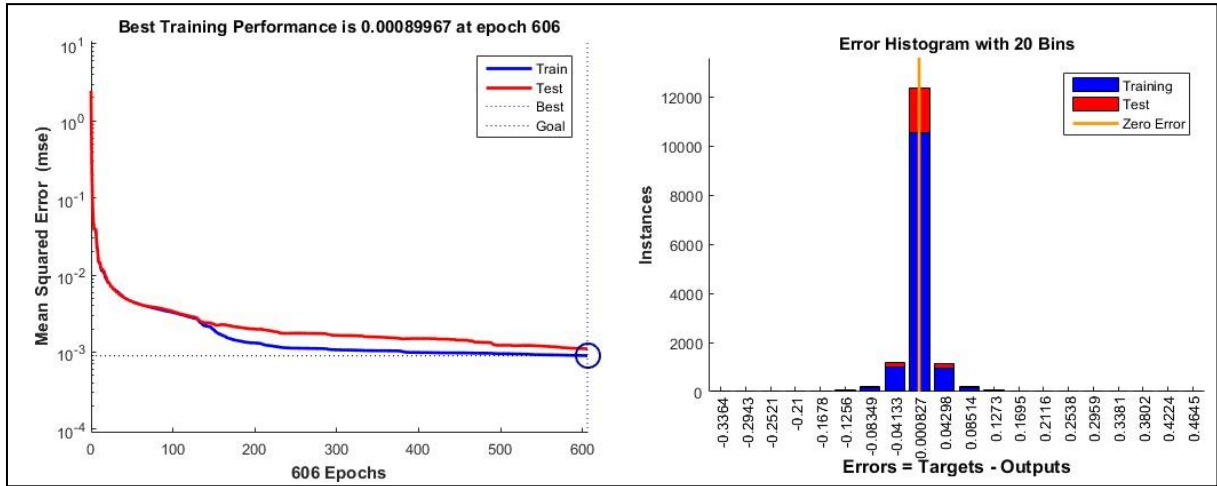
**Table 4.** Performance Information of ANN

Parametre	Değer			
Eğitim Algoritması	Bayes Geri Yayılım			
Aktivasyon Fonksiyonu	Tanjant Hiperbolik			
Gizli Katmanda Nöron Adedi	35			
İterasyon	606			
Performans Fonksiyonu	0,0009			
Çıktılar ile Hedefler Arasındaki İlişkiler	Eğitim	6497 adet örnek	$O = 0,99 * T + 0,00056$	$r = 0,995$
	Test	1147 adet örnek	$O = T + 0,0014$	$r = 0,994$
	Toplam	7643 adet örnek	$O = 0,99 * T + 0,00069$	$r = 0,995$

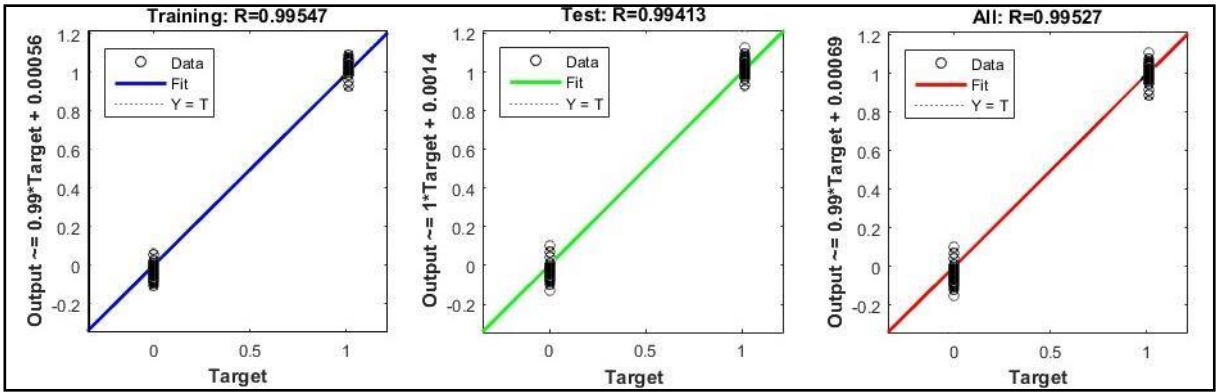
Bir YSA modelinin başarısı, hedefler ile modelin çıktıları arasındaki ilişki ile değerlendirilir ve bu ilişkinin mümkün olduğunca "Hedef (T) = Çıkış (O), ( $r = 1$ )" ilişkisine yakın olması istenir. Şekil 4'te de görüldüğü üzere, geliştirilen modelin hedefleri ile çıktıları arasındaki ilişki, hem eğitimde, hem de testte

istenilen seviyeye çok yakındır. Modelin çıktıları en yakın tamsayıya yuvarlandığı takdirde "Hedef (T) = Çıkış (O), ( $r = 1$ )" ilişkisi elde edileceği açıktır. Geliştirilen modelin, Çizelge 3'te verilen örnekler ait hedefleri, çıktıları ve hata miktarları Çizelge 5'te sunulmuştur.





Şekil 3. YSA'nın Performans Fonksiyonu ve Hata Histogramı  
Figure 3. Performance Function and Error Histogram of ANN



Şekil 4. YSA'nın hedefleri ile çıktıları arasındaki ilişkiler  
Figure 4. Relationships between targets and outputs of ANN

Tablo 5. 7643 adet örneğin hedefleri, çıktıları ve hatalarının bir bölümü  
Table 5. Targets, Outputs and Errors of a several of 7643 samples.

Çıktıların Gerçek Değerleri						Çıktıların En Yakın Tamsayıya Yuvarlanması					
Göçertmeli Yöntemler			Topuklu Yöntemler			Göçertmeli Yöntemler			Topuklu Yöntemler		
Hedef	Çıkış	Hata	Hedef	Çıkış	Hata	Hedef	Çıkış	Hata	Hedef	Çıkış	Hata
0	0	0,00	-0,01	0,00	0,01	0	0	0,00	-0,01	0,00	0,01
1	0	1,00	-0,03	0,00	0,03	1	0	1,00	-0,03	0,00	0,03
0	0	0,00	0,02	0,00	-0,02	0	0	0,00	0,02	0,00	-0,02
0	0	0,00	-0,06	0,00	0,06	0	0	0,00	-0,06	0,00	0,06
0	0	0,00	0,01	0,00	-0,01	0	0	0,00	0,01	0,00	-0,01
0	0	0,00	-0,02	0,00	0,02	0	0	0,00	-0,02	0,00	0,02
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
0	1	0,00	1,05	0,00	-0,05	0	1	0,00	1,05	0,00	-0,05
1	0	1,00	-0,01	0,00	0,01	1	0	1,00	-0,01	0,00	0,01
1	0	1,00	0,01	0,00	-0,01	1	0	1,00	0,01	0,00	-0,01
0	0	0,00	0,04	0,00	-0,04	0	0	0,00	0,04	0,00	-0,04
0	0	0,00	-0,01	0,00	0,01	0	0	0,00	-0,01	0,00	0,01

Tüm bu sonuçlardan yola çıkarak geliştirilen modelin, herhangi bir çevresel hasara neden olmaksızın, güvenli ve sağlıklı bir çalışma ortamı sağlanması koşulu ile bir yeraltı madeninde tavan kontrolü için göçertmeli ve topuklu yöntemlerin tek

başına uygulanıp uygulanamayacağını değerlendirilmesinde hiç hata yapmadığı ve konusunda uzman olduğu söylenebilir.

## MODELİN FARKLI KAYNAKLAR İLE TEST EDİLMESİ

“Uzman Bir Yapay Sinir Ağları Modelinin Geliştirilmesi” başlığı altında elde edilen bulguları desteklemek amacı ile geliştirilen 8 adet bilimsel çalışma ve 2 adet yeraltı maden sahası üzerinde test edilmiş (Çizelge 6 ve 7) ve modelin çıkışları ile kaynağı önerdiği/uyguladığı yöntemlerin örtüştüğü görülmüştür.

Burada ilgi çekici nokta, Karadoğan (2001) örneğinde görülmüştür. İlgili örnekte yer alan kömür madeni, yerleşim birimlerinin hemen altında ve sığ derinlikte bulunmakta olup, kaya kütlesi özellikleri zayıftır. tasman etkisini göz önünde bulundurulmuş ve uzunayak üretim yöntemini seçim alternatiflerinden

elenmiş ve diğer bir alternatif olan oda topuk yönteminde karar kılınmıştır. Ancak, kaya kütlesi özelliklerinin zayıf olması nedeniyle tavan kontrolünün sadece bırakılan topuklar sağlanamayacağı, tavanın ayrıca dolgu malzemesi ile de desteklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu sonuç, bu çalışma kapsamında geliştirilen modelin ilgili örnek için sunduğu çözüm ile de örtüşmüştür.

Geliştirilen modelde ilgili örnek için topuklu ve göçertmeli yöntemlerin tek başına uygulanamayacağı sonucunu vermiştir. Bu örnekte elde edilen sonuçlar, yeraltı demir ve bakır madenleri içinde elde edilmiştir.

Elde edilen bu bulgular ışığında geliştirilen modelin konusunda uzman olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Tablo 6.** Geliştirilen modelin test edilmesinde kullanılan kaynakların girişleri.

**Table 6.** Inputs of the sources used in testing the developed model.

Kaynak	Girişler						
	Yeraltı Suyunun Debisi lt/dk	Tavan Taşı RMR	Taban Taşı RMR	Cevher RMR	Tasman Etkisi 1: Var 0: Yok	Oksidasyon 1: Var 0: Yok	Patlayıcı Gazlar Tozlar 1: Var 0: Yok
Guray vd. (2003)	0	60-80	60-80	60-80	0	0	0
Azadeh vd. (2010)	0	20-40	20-40	20-40	0	0	0
Karadogan (2001)	10-20	40-60	40-60	40-60	1	1	1
Kose & Tatar (2003)	0	40-60	40-60	40-60	0	0	0
Miller vd. (1995)	0	20-40	20-40	40-60	0	0	0
Kahriman vd. (1996)	0	60-80	60-80	40-60	0	0	0
Bitarafan & Ataei (2004)	0	20-40	20-40	20-40	0	1	0
Gélvéz vd. (2015)	0	20-40	20-40	20-40	0	1	1
Demir Madeni (Özyurt, 2018)	1060	20-40	20-40	40-60	0	1	0
Bakır Madeni(Özyurt, 2018)	40	20-40	40-60	40-60	1	1	0

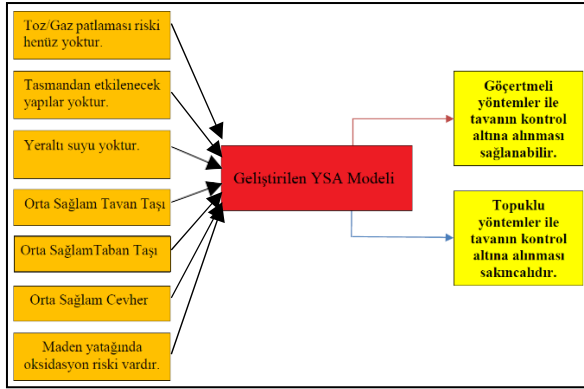
**Tablo 7.** Geliştirilen modelin test edilmesinde kullanılan kaynakların hedefleri ve çıkışları.

**Table 7.** Targets and outputs of the sources used in testing the developed model.

Kaynak	Hedef Kaynağın Önerdiği veya Uyguladığı Yöntemler	Çıkış	
		Göçertmeli	Topuklu
Guray vd. (2003)	Topuklu veya Dolgulu	1	1
Azadeh vd. (2010)	Göçertmeli	1	0
Karadogan (2001)	Birleşik (Dolgu + Topuk)	0	0
Kose & Tatar (2003)	Göçertmeli veya Topuklu	1	1
Miller vd. (1995)	Topuklu veya Göçertmeli	1	1
Kahriman vd. (1996)	Göçertmeli veya Dolgulu	1	1
Bitarafan & Ataei (2004)	Göçertmeli	1	0
Gélvéz vd. (2015)	Göçertmeli	1	0
Demir Madeni (Özyurt, 2018)	Birleşik (Dolgu + Topuk)	0	0
Bakır Madeni (Özyurt, 2018)	Birleşik (Dolgu + Topuk)	0	0

## GELİŞTİRİLEN MODELİN ÇALIŞMA SAHASI ÜZERİNDE ETÜDÜ

Geliştirilen model, Kiremitçiler Madencilik Ltd. Şti.'ne ait yeraltı linyit madeni üzerinde uygulanmış ve tavanın kontrol altına alınmasında göçertmeli yöntemler uygulanabilirken, topuklu yöntemlerin sakıncalı olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 5). Bu sonuçtan yola çıkarak, maden yatağında hem kömürün kendiliğinden yanma özelliği nedeniyle geniş topuklar bırakılmayacağı, ancak kaya kütlesi özelliklerinin düşük olması nedeniyle de küçük ve orta büyüklükteki topuklar ile kazı boşluğunun stabilizasyonunun sağlanamayacağı söylenebilir.



Şekil 5. Modelin linyit madeni üzerinde uygulanması.  
Figure 5. The application of the model on the lignite mine.

## SONUÇLAR

Bu çalışmada, herhangi bir çevresel hasara neden olmaksızın, güvenli ve sağlıklı bir çalışma ortamı sağlanması koşulu ile bir yeraltı madeninde tavan kontrolü için göçertmeli ve topuklu yöntemlerin tek başına uygulanıp uygulanamayacağını değerlendiren bir yapay sinir ağı modeli geliştirilmiştir.

Mevcut yaklaşımlar, bilgide eksiklik olması durumunda çözüm sunmamaktadır. Yapay sinir ağlarının, bilgide eksiklik olması durumunda da çalışması, bu problemin önüne geçmiştir. Geliştirilen model, bilgide eksikliğin olduğu problemlerde dahi, eksik bilgiyi yorumlayarak tahmin yapabilmektedir. Ancak, bilgide eksiklik olması durumunda ağın verdiği çıkışlar tahminlerden ibarettir. Ağı doğru ve net çıkışlar sunabilmesi için eksik bilginin tamamlanması gerekmektedir.

Geleneksel algoritmaların bir diğer dezavantajı ise, sadece sınırları belirlenmiş bir sistem içerisinde çözüm sunmasıdır. Bu da, etkisi ve/veya etki derecesi henüz bilinmeyen veya bulgularla desteklenmemiş birçok ölçütün, problemin çözümünde kullanılmaması ve birer bilinmeyen olarak kalmaya devam etmesi demektir. Yapay sinir ağları, tüm girişler ile çıkış arasında, doğrusal olmayan bir ilişki kurarak çözüm üretmektedir. Bu da, etkisi henüz bilinmeyen veya belirlenmemiş bir girişin çözüm üzerindeki etkisinde değerlendirildiği anlamına gelmektedir. Ancak, yapay

sinir ağlarının genel özelliklerinden ve bu çalışmanın amacının farklı olmasından ötürü bu etki ve derecesi net olarak belirlenmemiştir. Geliştirilen model bu amaç doğrultusunda kullanılarak, herhangi bir ölçütün, tavan kontrolünü ne yönde etkileyeceği belirlenebilir.

Geliştirilen modelin, ülkemizdeki değişik yeraltı maden yataklarında kullanılması ile bölgesel sonuçlar elde edilebilir. Bir başka deyişle, bir bölgede yataklanmış madenlerin üretilmesinde uygulanan mevcut kazı ve üretim yöntemleri dahilinde ne derecede riskli olduğu belirlenebilir. Bu da, madenlerce zengin olan ülkemiz için madencilik faaliyetlerinde izlenebilecek bir yol haritası oluşturulabileceği anlamına gelmektedir.

## SUMMARY

In this study, an artificial neural network (ANN) model has been developed which evaluates whether the methods of migration and heeled methods can be applied alone based on the strata control parameter, provided that a safe and healthy working environment is provided without causing environmental damage for the underground mining production method.

For this purpose, firstly, a literature review was made; parameter of strata control in the selection of underground mining method and prerequisites for methods according to the strata control were determined.

An ANN Model, where underground or ground water velocity (lt/m), RMR of ore, footwall and hanging wall, existence of surface structures that may be effected by subsidence, oxidation of ore and existence of explosive gas or dust were inputs and the applicability of caving and pillar methods were outputs, were developed.

In order to train the developed model, there was a need for samples that express a major part of the problem. The technical characteristics of the mine deposits were not be obtained from companies, as the information was confidential and the reliability of such information or its acquisition accuracy was unknown. Moreover, training ANNs with only information provided by companies will result in a model that provides outputs based on the decisions of the implementers instead of the literature. In a similar deposit, even if the technical information of the ore deposits was obtained with high accuracy, this information only expresses a specific part of the problem. Moreover, such information consists of preferred conditions, and if it is used for training, the ANNs will not be trained by unlikely or eliminated conditions since companies operate according to laws and regulations. These indicate that information obtained from companies cannot be solely used to develop a model that can provide a solution with high accuracy for all underground mines. For this reason, by using the syntax programming language,



hypothetical examples based on information considered stereotyped in the literature were prepared and an ANN model was trained. As a result of the training, fitnet determined technically feasible mining methods for an underground mine with a very high correlation coefficient between outputs and targets ( $R = 0.99$ ) and a low mean square error ( $MSE = 0,0009$ ).

The developed model was tested with 8 samples, of which 6 were based on scientific studies and 2 were from the industry. The result of the test showed that the model produced the correct results. For this reason, it can be said that the developed model is an expert to evaluate whether the methods of caving and pillar methods can be applied alone based on the strata control parameter for the underground mining method, with the condition of providing a safe and healthy working environment without causing environmental damage. Based on this result, the developed model was applied on the study area which is an underground lignite mine; the pillar methods were inconvenient when the caving methods could be applied to control the strata.

The contributions that the developed model can provide to the problem investigated within the scope of this study are summarized below.

The developed model, even in the lack of information, can make predictions by interpreting the missing information. However, in case of a lack of information, the outputs of the network consist of estimates. In order for the network to provide accurate and clear outputs, the missing information must be completed.

ANN produce a nonlinear relationship between all inputs and outputs. This means that the effect of an input that is not known or has yet to be identified is influenced by the effect on the solution. However, due to the general characteristics of ANN and the purpose of this study, this effect and degree is not clearly determined. By using the developed model for this purpose, it can be determined how any criteria will effect the strata control.

Regional results can be obtained by using the developed model in different underground mines in our country. In other words, it is possible to determine to what extent risk is present within existing excavation and production methods used in the production of mines in a region. This means that a road map can be created for mining activities for our country, which is rich in mines.

## KAYNAKLAR

Allahverdi, N., 2002, Uzman sistemler, bir yapay zeka uygulaması, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul.  
Ambrozic, T., Turk, G., 2003. Prediction of subsidence due to underground mining. Computers & Geosciences, Vol. 29, Issue 5.

Arioğlu, E., Tokgöz, N., 2011, Design Essential of Hard Rock Mass & Coal Strength with Pratical Solved Problems, Evrim Publisher, ISBN:978-975-503-212-2.  
Azadeh, A., Osanloo, M., Ataei, M., 2010, A new approach to mining method selection based on modifying the nicholas technique, Applied soft computing 10.  
Baghirli, O., 2015, Comparison of Lavenberg-Marquardt, Scaled Conjugate Gradient and Bayes Regularization Backpropagation algorithms for multistep ahead wind speed forecasting using multilayer perceptron feedforward neural network, Thesis, Ippsala University Department of Earth Sciences, Campus Gotland.  
Bayraktar, A., 2013, Yeraltı maden işletmelerinde ocak yangınları, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Teftiş Kurulu Başkanlığı, İş Müfettişi Yardımcılığı Etüdü, Ankara.  
Bitarafan, M.R., Ataei, M., 2004, Mining method selection by multiple criteria decision making tools, the journal of the South African Instutre of mining and metallurgy.  
Birön C., Arioğlu, A., 1999, Madenlerde Tahkimat İşleri ve Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul, ISBN: 975-511-084-4.  
Cheng, L., Yang, Y., Xiong, Y., 2005, Study of mine ventilation system assessment based on artificial neural network, China safety science journal.  
Cummins, A.B., Given, I., 1973, Mining engineering handbook, Vol. 1, S. -12 -222,12-293.  
Düzgün, H.S.B., 2005, Analysis of roof fall hazards and risk assessment for Zonguldak coal basin underground mines, International Journal of Coal Geology 64.  
Elmas, Ç., 2003, Yapay sinir ağları, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2003, s. 23.  
Gazenfer, S., 1976, Tavan Saplamları ve G. L. İ. Müessesesi Yeraltı İşletmelerine Uygulama Olanakları, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Dergisi, Cilt XV, Sayı 3, Mayıs 1976.  
Gélvez, J.I.R., Aldana, A.C., 2014, Mining method selection methodology by multiple criteria decision analysis - case study in Colombian coal mining, International symposium of the analytic hierarchy process 2014, Washington D.C., U.S.A.  
Gertsch, R.E., Bullock, R.L., 1998, Techniques in underground mining, Society for mining, metallurgy, and exploration.  
Guray, C., Celebi, N., Atalay, V. and Gunhan, A., 2003, Ore-Age: a hybrid system for assisting and teaching mining method selection, Expert systems with applications, Volume 24, Issue 3, 261-271.  
Guo D.Y., Wang Y.B., Wei X.J., Wang X.Y, 2009, Early warning of coal and gas outburst by GIS

- and neural network, *J Univ Sci Technol Beijing* 2009;31(01):15–24.
- Hartman, H.I., 1992, *SME mining engineering handbook*, 2nd Edition, Volume 2, Society Of Mining Metallurgy And Exploration Inc., Littleton, Co, Usa.
- He, G.J., Liu S.Y., Sun Y.B. 2009, Theory and practice of coal mine accident hidden danger monitoring and early warning, *J China Coal Soc* 2009;34(2):212–7.
- Hu, D.H., 2010, Analysis on coal mine safety accident causes and forewarning management research. Beijing: China University of Geosciences; 2010.
- Kahriman, A., Ceylanoğlu, A., Demirci, A., 1996, Kayseri Pinarbaşı-Pulpinar krom cevheri için en uygun yeraltı üretim yöntemi seçimi, *TMMOB madencilik Dergisi*, Cilt 35, Sayı 4, s. 27-41.
- Karadoğan, A., 2001, Çiftalan Linyit Sahası için en uygun yeraltı üretim yöntemi seçimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Aralık, 2001.
- Karpuz, C., Hindistan, M.A., 2008, Kaya mekaniği ilkeleri, uygulamaları, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Ankara.Mathworks, 2017, Matlab Documentations.
- Khandelwal, M., Singh, T.N., 2006, Prediction of blast induced ground vibrations and frequency in opencast mine: a neural network approach. *J Sound Vib*, 289.(4–5):711–25.
- Köse, H., Kahraman, B., 2014, Kaya mekaniği, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, No: 223, 4.Baskı, İzmir.
- Köse, H., Tatar, Ç., 2003, Madenlerde yeraltı üretim yöntemleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:014.
- Kuzu, C., 2013, MAD243 - Underground mining methods dersi, metod seçimi ders notları, <http://web.itu.edu.tr/~kuzu/pro/MethodSecimi.pdf> [Ziyaret Tarihi: 06.05.2016].
- Lee, S., Park, I., Choi, J.K., 2012. Spatial prediction of ground subsidence susceptibility using an artificial neural network, *Environ Manage*, Feb;49(2):347-58. doi: 10.1007/s00267-011-9766-5. Epub 2011 Oct 18.
- Leu, S., Chen, C., Chang, S., 2001, Data mining for tunnel support stability: neural network approach, *Automation in Construction*, Vol. 10, Issue 4, Pg. 429-411.
- Liu, L., 2014. Modeling and evaluation of the safety control capability of coal mine based on system safety. *Journal of Cleaner Production* 84.
- Mamat, H.S., 2014, Metal Madencilğinde Yeraltı Açıklıklarının Tahkimatı ve Nümerik Yöntemler ile Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Mayıs 2014.
- Miller vd., L., Pakalnis, R., Poulin, R., 1995, UBC mining method selection, Mine planning and equipment selection, ISBN 90 510 569 0.
- Mohammad, M.T., 2009, Artificial neural network for prediction and control of blasting vibration in Assiut (Egypt) limestone quarry, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*, 46, pp. 426–431.
- Mutlu, E.N., 2017., Edirne ili Uzunköprü ilçesi Kirköy mevkii Kiremitçiler Madencilik Ltd.Şti'ne ait kömür ocağında yapılan şev stabilite raporu, Mart 2017.
- Nicholas, D.E., 1981, Method selection – a numerical approach, SME, New York
- Özer, Ü., Karadoğan, A., Özyurt, M.C., Şahinoğlu Ü.K., Sertabipoğlu, S., 2019, Environmentally sensitive blasting design based on risk analysis by using artificial neural networks, *Arabian Journal of Geosciences*, Vol. 12, Issue 2.
- Özyurt, M.C., 2018, “Yeraltı Üretim Yöntemi Seçiminde Yapay Sinir Ağları ve Oyun Teorisinin Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- Özyurt, M.C., Karadoğan, A., 2018, Evaluation of the Feasibility of Fully Mechanized Excavation by Artificial Neural Networks, 13-14th September 2018, Istanbul, Turkey, 299-306.
- Öztemel, E., 2016, Yapay sinir ağları, Papatya Yayıncılık, 4.Basım, 230s.
- Pan, X., Lee, B., Zhang, C., 2013, A comparison of neural network backpropagation algorithms for electricity load forecasting, *Intelligent Energy Systems (IWIES)*, 2013 IEEE, vol., no., pp.22,27, 14-14 Nov.
- Rajasekaran, S., Pai G., 2005, Neural networks, fuzzy logic and genetic algorithms: synthesis and applications, New Delhi: Prentice Hall.
- Sawmliana, C., Roy, P., Singh, R.K., Singh, T.N., 2007, Blast induced air overpressure and its prediction using artificial neural network, *International Journal of Mining Technology*, 116, pp. 41–48.
- Singh, T.N., Dontha, L.K., Bharadwaj, V., 2008, A study into blast vibration and frequency using ANFIS and MVRA Mining Technology (TIMM A), UK, 117 (3), pp. 116–121.
- Singh, T.N., Kanchan, R., Verma, A.K., 2004, Prediction of blast induced ground vibration and frequency using an artificial intelligent technique. *Blast Induced Ground Vibration and Frequency*, 7–15.
- Singh, T.N., Singh, V., 2005, An intelligent approach to prediction and control ground vibration in mines, *Geotechnical and Geological Engineering*, 23, pp. 249–262.
- Şimşir, F., 2015, Yeraltı madencilik yöntemleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:337.

- Yalçın, E., 2012, Yeraltı havalandırması, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, No:336, İzmir.
- Yılmaz, I., 2009. Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, artificial neural networks and their comparison: a case study from Kat landslides (Tokat-Turkey), *Computer and Geosciences*, 35.
- Yılmaz, Y., Çakır, F., Mutlu, Y., 2016, Edirne ili, Uzunköprü İlçesi, Kırköy Köyü, 1058 numaralı ruhsat için işletme projesi.
- Yue, Y. Rue, H., 2011, Bayesian inference for additive mixed quantile regression models, *Computational statistics and data analysis*, 55, 84-96.
- Adeli, H., Wu, M., 1998, Regularization neural network for construction cost estimation, *JCEM*, Vol. 124, Issue 1.
- Zhang, X., Wang, H., Yu, H. 2007., Neural network based algorithm and simulation of information fusion in the coal mine, *Journal of China University of Mining and Technology*, Vol. 7, Issue 4, Pg. 595-598.