

## Sınıflama Tipi Modeller ile Çoklu Regresyon Modellerinin Değerlendirilmesi: Taş Kömürü Sektörü Örneği<sup>1</sup>

Gülsüm Merve GÖKÇİN\*

Şenol ALTAN\*\*

Geliş Tarihi (Received): 15.04.2020 – Kabul Tarihi (Accepted): 10.06.2020

### Öz

Stok yönetimi, işletme yönetiminin bir dalı olup, tüm şirketler için kritik bir yönetim konusudur. İşletmelerin başarılı olabilmesi için tedarik zinciri yönetimlerinde de stok yönetimine ayrıca önem vermeleri gerekmektedir. Stok yönetimine vurgu yapmak amacıyla bu çalışmada Türkiye taş kömürü sektörü incelenmiş ve önemli bir maliyet unsuru olan stok miktarının tahmin modelleri üzerine denemeler yapılmıştır. Bu tahmin modelleri sayesinde Taş kömürü stok miktarını belirleyen faktörler tespit edilmiştir. Taş kömürü sektörüne ait modellerin kurulumu aşamasında Türkiye Taş Kömürü Kurumu (TTK) tarafından düzenli olarak derlenen aylık istatistiksel tablolar ile T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yayınlanan ekonomik gösterge verilerinden yararlanılmıştır. Çalışma dönemi 2010 Ocak - 2015 Aralık olup, Armutçuk Müessesesi için aylık verilerle modellemeler gerçekleştirilmiştir. Armutçuk Müessesesi taş kömürü "stok miktarı" kapasitesi fazla ve stok verisi eksik olmayan bir müessese olduğu için tercih edilmiştir. Modellerde bağımlı değişken olarak "stok miktarı" ile stok miktarını etkilediği önsel olarak belirlenen 6 bağımsız değişken kullanılmıştır. Bu değişkenler arasındaki ilişkiler, Hendry'nin "Genelden-Özele" modelleme yöntemi ile incelenmiştir. Elde edilen özel modelde belirlenen değişkenlere ilişkin sınıflama tipi modeller olan "yapay sinir ağları (YSA)" ve karar ağaçları ile çoklu regresyon modelleri kurularak, tüm modellerin tahmin performansları karşılaştırılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre taş kömürü sektöründe "Armutçuk" müessesesi ele alınmış ve en yüksek performanslı stok miktarı tahmini için yapay sinir ağı" modeli seçilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Stok Tahmini, Sınıflama Tipi Modeller, Çoklu Regresyon Modelleri, Yapay Sinir Ağları, Karar Ağaçları

### Evaluation of Classification and Multiple Regression Models: Hard Coal Sector Example

#### Abstract

Inventory management is defined as a part of business management and is a critical management issue for all companies. In order for companies to be successful, they need to give importance to inventory management in Supply Chain Management. In order to emphasize inventory management, in this study, the Turkish hard coal sector was examined, and experiments were carried out on the estimation models of the amount of stock, which is an important cost element. During the installation phase of the models belonging to the hard coal sector, monthly statistical charts compiled regularly by the Turkish Hard Coal Authority (TCC) and economic indicator data are prepared by the T.C. Ministry of Energy and Natural Resources have been used for the paper. The working period is January 2010 - December 2015 and monthly data modelling was carried out for the Armutçuk institution. Armutçuk institution has been preferred because of hard coal "stock quantity" capacity as excess and stock data is not missing in. Six independent variables, which were determined a priori to affect the amount of stock, and "amount of stock" as the dependent variable were used in the statistical analysis. The relationship between variables has been studied by Hendry's General-to-special modeling method. Later, special models were obtained for example selected institutions. Classification type models (Artificial Neural Networks, Decision Trees) and multiple regression models related to the variables determined in the special models were obtained and the prediction performances of all models were compared. According to the results, "Armutçuk" institutions was discussed in the hard coal sector and the "Artificial Neural Network (ANN)" model was selected in Armutçuk Institution for the estimation of the highest performance quantity of inventory.

**Keywords:** Stock Estimation, Classification Type Models, Multiple Regression Models, Artificial Neural Networks, Decision Trees

---

<sup>1</sup> Bu çalışma ilk yazarın doktora tezinden türetilmiştir. Çalışmada ifade edilen görüşler tamamen yazarlara aittir ve Türkiye İstatistik Kurumu'nu bağlamaz.

\*TÜİK Uzmanı, Türkiye İstatistik Kurumu, merve.gokcin@tuik.gov.tr

\*\*Prof. Dr., Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, İİBF, Ekonometri Bölümü, senol.altan@hbv.edu.tr

## Giriş

Stok, işletme literatüründe, “envanter” sözcüğü ile aynı anlamda kullanılmaktadır. Diğer taraftan, stok kavramı sadece fiziksel varlıkları değil, bir üretim sisteminde üretilen mal ve hizmete dolaylı veya dolaysız olarak katılan bütün fiziksel varlıkların parasal tutarı olarak da tanımlanabilmektedir.

Stok yönetimi, işletme yönetiminin bir dalı olarak tanımlanmış olup, tüm şirketler için kritik bir yönetim konusudur. Stok yönetimi “tedarik zinciri yönetimi'nin” önemli bir parçasıdır. Tedarik zinciri yönetimi müşteriye, doğru ürünün, doğru zamanda, doğru yerde, doğru fiyatta tüm tedarik zinciri için mümkün olan en düşük maliyetle ulaşmasını sağlayan malzeme, bilgi ve para akışının bütünleşmiş yönetimidir ve son yıllarda şirketlerin rekabet gücünü artırmak için başvurdukları önemli bir alandır (Goldsby ve Martichenko, 2005: 9).

İşletmelerin başarılı olabilmesi için tedarik zinciri yönetimlerinde stok yönetimine ayrıca önem vermeleri gerekmektedir. Şirketlerin temel olarak stok yönetiminde karşılaştıkları zorluk, stok arzının taleple dengelenmesidir. Şirketler müşterilerinin taleplerini karşılamak için yeterli stoklara sahip olmak isterler. Ancak diğer taraftan stok tutma maliyeti de göz önüne alındığında şirketler çok fazla stok tutmak istememekte ve nihai hedef, stokların yeterli olması fakat çok fazla olmamasıdır.

Bu çalışmada Türkiye’de imalat ve madencilik sektöründe önemli paya sahip taş kömürü sektörü incelenmiş ve önemli bir maliyet unsuru olan stok miktarının tahmin modelleri üzerine denemeler gerçekleştirilmiştir. Tahmin modelleri olarak veri madenciliği yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bilimsel araştırmalarda veri madenciliği

yöntemlerinden olan sınıflama ve regresyon modelleri kullanılmaktadır. Özellikle karar ağaçları ve herhangi bir istatistiksel varsayım içermeyen yapay sinir ağları en çok tercih edilen modellerdir. Çalışmada yöntem olarak taş kömürü sektöründe stok miktarının tahmini için öncelikle regresyon modeli kurulacak, “taşkömürü stok miktarını” belirleyen faktörler tespit edilecek daha sonra da sınıflama modellerinden yapay sinir ağları ve karar ağaçları yöntemleri ile model performansları karşılaştırılacaktır.

### **1. Taş Kömürü Sektörü**

Taş Kömürü, sanayiden elektrik ve enerji üretimine kadar aktif rol alan en önemli yer altı zenginliklerindedir. Kömür başlıca karbon, hidrojen ve oksijen gibi elementlerin bileşiminden oluşan, az miktarda kükürt ve nitrojen içeren, kimyasal ve fiziksel olarak farklı yapıya sahip bir madendir. Diğer kaya tabakalarının arasında damar halinde milyonlarca yıl ısı, basınç ve mikrobiyolojik etkilerin sonucunda meydana gelmiş, yanabilen sedimanter (çökel) organik bir kayadır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2016).

Kömür, bilinen en karbon yoğun fosil yakıt olması nedeniyle dünya elektrifikasyonundaki kullanımının payı büyüktür. Ülkelerin ve sanayilerin enerji kaynaklarına olan ihtiyaçları ile bağlantılı olarak taş kömürüne ilgi gittikçe artmaktadır. Dünya enerji konseyinin 2016 yılı enerji kaynakları raporuna göre elektrik enerjisi üretiminde ucuz ve rekabetçi bir yakıt olması nedeniyle dünya elektrik üretiminin yaklaşık % 40'ı kömürden karşılanmaktadır (World Energy Council, 2016: 6).

## 1.1. Türkiye’de Kömür Sektörünün Yeri

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın 2015 yılı faaliyet raporuna göre ülkemizde taş kömürü rezervi sadece Zonguldak yöresinde bulunmakta olup toplam taş kömürü rezervimiz 1,3 milyar tondur. Türkiye'nin 1981 - 2015 yılları arasındaki kömür üretimi incelendiğinde 1999 yılına kadar üretimin devamlı arttığı görülmektedir. Daha sonra 2001 krizinin etkisiyle ani bir düşüş yaşanmıştır. Piyasalardaki belirsizliklerin de etkisiyle üretim 2003 yılına kadar düşmüştür. Ancak sektör toparlanarak 2009 yılına kadar yükselişe geçmiştir. Daha sonra tekrar kömür üretiminin azaldığı görülmüştür. Bunun nedenleri arasında hükümet politikalarının ve alternatif enerji kaynaklarına yönelmenin de etkisinin olduğu söylenebilir.

Bu çalışmada örnek olarak seçilen Türkiye Taş Kömürü Kurumu (TTK)’nin verilerine göre Zonguldak yöresi havzasından toplam 1.434.986 ton taş kömürü üretimi gerçekleşmiştir (TTK, 2016: 26). Beş farklı müessese (Amasra, Armutçuk, Karadon, Kozlu, Üzülmöz) ayrımında verilen bilgilere göre 2010-2015 yılları arasında ortalama “tuvenan fiili taş kömürü” üretimi en yüksek derecede Karadon müessesinde gerçekleşirken (737000 ton), en az üretim Armutçuk müessesinde (230.000 ton) gerçekleşmiştir. Bu yıllar arasında üretim giderek azalmış ve 2015 yılı tüm müesseseler için en düşük üretimin elde edildiği yıl olmuştur. Bunun en önemli nedeni diğer enerji kaynaklarına olan taleptir. Söz konusu yıllar arasında ortalama olarak en çok satış Karadon müessesinden (489.000 ton), en az satış ise Amasra müessesinden (125.000 ton) yapılmaktadır. Tüm serilerin en düşük seviyelerinin yine 2015 yılında gerçekleştiği görülmektedir. Üretim ve satışla paralel olarak ortalama stok miktarı en

yüksek olan müessese Armutçuk olurken ( 170.000 ton), en az stok Üzülmez müessesinde (7.000 ton) bulunmaktadır.

Türkiye'nin kömür dış ticareti verileri incelendiğinde 1975'li yıllarda çok düşük seviyelerde başlayan kömür ithalatının günümüzde artık 30 milyon tonun (mt) üzerinde olduğu görülmektedir. Bunun en önemli sebebi, elektrik üretimi amacıyla kullanılan buhar kömürüne olan talebin artmasıdır. 1975'li yıllarda 0,2 mt kömür ithal edilirken, 1995'den sonra kömür ithalatı hızlı bir şekilde artmıştır ( International Energy Agency (IEA), 2016: 73 - 438). 1995 - 2005 yılları arasında bu artış oranı 1975 seviyesine göre % 190 iken; 2005 - 2015 yılları arasında artış oranı % 95'tir. Söz konusu elektrik üretimine olan talep dikkate alındığında, ithalatın önümüzdeki yıllarda da talebe bağlı olarak artması beklenmektedir. Bununla birlikte üretilen kömür daha çok iç piyasada tüketilmektedir ve sadece 2014 yılında 0,1 mt kömür ihracatı gerçekleşmiştir.

## **1.2. Alan Yazın Taraması**

Kömür üretimine ilişkin ilk tahmin çalışması Griffith ve Clarke (1979) tarafından gerçekleştirilmiştir. İlgili çalışmada ikinci dünya savaşından sonra artan petrol kullanımına bağlı olarak kömür üretimi değerlendirilmiş ve 1985 yılından 2000 yılına kadar ekonomik büyüme, enerji fiyatları ve hükümet politikaları gibi çeşitli varsayımlara göre kömür üretimi tahmini yapılmıştır. Kulshreshtha ve Parikh (2000)'e ait çalışmada ise Hindistan'da kömür talebi için bir model belirlenmiş ve kömür talebi modeli, fiyat ve gelir değişkenleri ile uzun vadeli yapısal ilişki VAR yöntemi ile incelenmiştir.

Uzun vadede dünya kömür üretimi için elde edilecek bir tahmin, enerji kaynakları ve iklim değişikliği için alternatif politikalar geliştirmede de yararlı olacaktır. Bu nedenle Dünya Enerji konseyi, Uluslararası Enerji Ajansı, BP başta olmak üzere birçok kurum/kuruluş tarafından enerji sektörüne ve temiz kömür teknolojilerine ilişkin çalışmalar yapılmakta olup, bu çalışmalarda taş kömürü ile iklim değişikliğine neden olan emisyonların ilişkisi incelenmektedir. Bu ilişkinin belirlenmesinin yanında çalışmalarda taş kömürü üretimiyle ilgili de tahminler elde edilmektedir. Örneğin, Patzek ve Croft (2010) çalışmalarında 2047 yılına ilişkin dünya toplam kömür üretimi için tahminlerde bulunmuşlardır. Elde edilen sonuçlara göre mevcut kömür alanlarından küresel kömür üretiminin devam edeceği ve bu bölgelerden gelen kömür üretiminin gelecek 40 yılda % 50 azalacağı belirtilmiştir.

Wang v.d.,(2011) tarafından da benzer bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarında Çin’de kömür üretimi tahmini ve düşük karbon elde etmeye ilişkin politikalara değinilmiştir. Rutledge (2011) de çalışmasında ülkeler için lojit ve probit regresyon yöntemleri ile uzun dönem kömür üretimini tahmin etmiştir. Mohr ve Evans (2009) da 2100 yılına kadar dünya kömür üretimi tahminine ilişkin senaryolar geliştirmişlerdir. Diğer bir çalışma Babbitt ve Lindner (2005) tarafından hazırlanmış ve çalışmalarında kömürle çalışan enerji santrallerinin emisyona katkısı incelenmiştir. Kömür madenciliği ve hazırlanması dahil enerji girdileri, malzemeleri ve emisyonlara ait dört kömür yakma tesisinden toplanan veriler kullanılarak emisyona ait bir envanter ortaya çıkarılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kömür yanmasının hava emisyonlarına olan büyük katkıları doğrulanmaktadır.

Ülkemizde de enerji sektöründe kullanılması nedeniyle çok büyük öneme sahip olan taş kömürüne ilişkin Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, T.C. Kalkınma Bakanlığı, Türkiye Taş Kömürü Kurumu Genel Müdürlüğü tarafından faaliyet raporları düzenlenmekte ve bu raporlarda taş kömürü sektörüne ilişkin bilgiler düzenli olarak yayınlanmaktadır. Özellikle T.C. Kalkınma Bakanlığı tarafından 5 yıllık kalkınma planları için sektörün önemini anlatan madencilik özel ihtisas komisyonu enerji hammaddeleri (linyit - taş kömürü - jeotermal) çalışma grubu raporları hazırlanmaktadır (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2015: 105 - 106). Sektörle ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında Elibüyük ve Güler (2015) tarafından hazırlanan çalışma dikkat çekmektedir. Çalışmada Zonguldak ilinde gerçekleşen tarım, hayvancılık, ormancılık, sanayi ve ticari faaliyetlerin Türkiye Taş Kömürü Kurumunun etkisinde kaldığı tespit edilmiştir.

Zonguldak ilinde taş kömürü üretiminin ekonomik etki analizi üzerine diğer bir çalışma Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı, Bülent Ecevit Üniversitesi iş birliği ile Vergil vd. (2015) tarafından hazırlanmıştır. Projede sektörün üretim seviyelerinin belirlenmesi ve sektörün üretim faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan toplam üretim etkilerinin hesaplanması amacıyla NACE'nin ikili kod sınıflamasından hareketle 19 sektörde yer alan 1101 firma ile anket çalışması yapılmış ve taş kömürü üretiminin il ekonomisi içerisindeki yeri ve diğer sektörlerle bağlantı yapısı ortaya konulmuştur.

## 2. Yöntem

### 2.1. Veri Madenciliği Modelleri

Genel olarak veri madenciliği modelleri “tanımlayıcı” ve “tahmin edici” modeller olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Tanımlayıcı modeller sayesinde verilerdeki örüntüler ortaya çıkarılmaktadır. Sonuçları bilinen verilerden hareket edilerek bir model geliştirilmesi ve kurulan bu modelden yararlanılarak sonuçları bilinmeyen veri kümeleri için sonuç değerlerin tahmin edilmesi amaçlanmaktadır. Tanımlayıcı modeller kendi içinde üçe ayrılmaktadır. Bu modeller “kümeleme”, “birliktelik” ve “ardışık zamanlı örüntüler”dir. Tahmin edici modeller ise sınıflama ve regresyon modellerinden oluşmaktadır. Sınıflama modelleri de kendi içinde beşe ayrılmaktadır. Bu modeller “karar ağaçları”, “yapay sinir ağları”, “bellek tabanlı öğrenme yöntemleri”, “Bayes sınıflandırma” ve “genetik algoritmalar”dır.

Bu çalışmada amaç, taş kömürü sektöründe faaliyet gösteren örnek bir müessese için stok miktarının tahmin edilmesi olduğundan bu kapsamda kullanılan sınıflama ve regresyon modellerinin tahmin performansları karşılaştırılmıştır. Dolayısıyla aşağıda tahmin edici model kategorisinden sınıflama modelleri kapsamında karar ağaçları, yapay sinir ağları (YSA) ile regresyon modelleri açıklanmıştır.

#### 2.1.1. Karar ağaçları.

Karar ağaçları ilk defa Breiman ve Friedman tarafından 1973 yılında önerilmiş olup, hedef fonksiyonlarını öngörmek ve sınıflamak için kullanılan tüm öğrenme



fonksiyonlarının düzenlenmesiyle ortaya çıkan bir grafiktir. Grafik, şekil olarak köklerden dallara ayrıldığı için “karar ağaçları” adıyla bilinmektedir. Karar ağaçları tanımlayıcı ve tahmin edici modellerdir. Bu modeller, karar alırken hangi faktörlerin göz önüne alınması ve her bir faktörün kararın farklı çıktıları ile geçmişte nasıl ilişkili olduğunun belirlenmesi konularında karar alıcıya yardımcı olmaktadır (Bounsaythip ve Esa, 2001: 20).

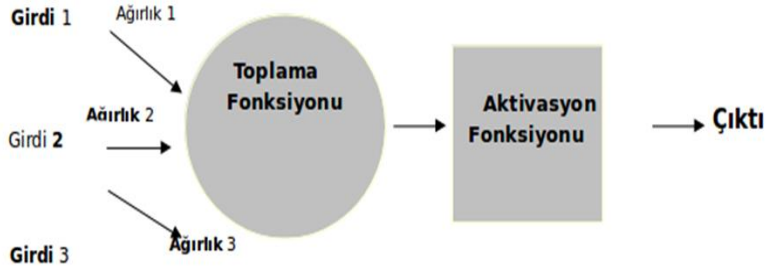
Karar ağaçları bilgi keşfi sırasında pek çok test gerçekleştirerek, hedefi tahmin etmede en iyi sırayı bulmaya çalışır. Ağaç yapısında her bir test, ağacın dallarını oluşturur ve bu dallar da diğer testlerin gerçekleşmesine neden olur. Bu durum, test işleminin bir yaprak düğümünde sonlanmasına kadar devam eder. Kökten hedef yaprağa kadar olan yol, hedefi sınıflandıran “kural” olarak adlandırılır. Kurallar “eğer-ise (if-then)” yapısındadır (Bounsaythip ve Esa, 2001: 18).

Kullanılan algoritmaya bağlı olarak her düğüm, iki ya da daha çok dala ayrılabilir ve farklı sınıflama modelleri elde edilebilir. En yaygın kullanılan karar ağacı algoritmaları ID3, C4.5, C5, QUEST, C&R veya CHAID’dir. Kullanılan algoritmaya bağlı olarak her düğüm, iki ya da daha çok dala ayrılabilir. C&R ağaçları ile her bir düğüm iki dala ayrılmaktadır. Hedef değişkeni sürekli olmalıdır, girdi değişkenleri kategorik ya da sürekli olabilir. CHAID ağaçları, ki-kare testleri sayesinde sınıflandırma işlemini gerçekleştirir ve hedef değişkeni sürekli ya da kategorik olabilir. (IBM, 2010: 30 - 31).

### 2.1.2. Yapay sinir ağıları.

Yapay sinir ağıları, insan beyninin çalışma yapısından esinlenilerek oluşturulmuş öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri, herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacıyla geliştirilen bilgisayar sistemleridir.

Şekil 1’den de görüleceği üzere yapay sinir hücreleri dışarıdan gelen bilgileri bir toplama fonksiyonu ile toplar ve aktivasyon fonksiyonundan geçirir. Daha sonra çıktıyı üretip ağıın bağlantılarının üzerinden diğer hücrelere (proses elemanlarına) gönderir. Yapay sinir ağılarını birbirlerine bağlayan bağlantıların değerlerine ağırlık değerleri denilmektedir. Proses elemanları birbirlerine paralel olarak 3 katman halinde bir araya gelerek bir ağı oluştururlar. Bunlar; girdi katmanı, ara katmanlar ve çıktı katmanıdır (Öztemel, 2012: 29 - 54).



Şekil 1: Yapay Sinir Hücresinin Yapısı

Bir yapay sinir hücresine dışarıdan ya da başka hücrelerden gelen bilgilere “girdi” denilmektedir. Girdiler, ağın öğrenmesi istenen örnekler tarafından belirlenmektedir. Bir yapay hücreye gelen bilginin önemini ve hücre üzerindeki etkisini “ağırlıklar” göstermektedir. Toplama fonksiyonu ise bir hücreye gelen net girdiyi hesaplamakta ve en yaygın olanı ağırlıklı toplamı bulmakla elde edilmiştir. Ağırlıklı toplam her bir girdinin kendi ağırlığı ile çarpılarak toplanmasından oluşmaktadır. Aktivasyon fonksiyonunda ise hücreye gelen net girdi işlenerek hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktı belirlenmektedir (Öztemel, 2012: 48 - 54).

Günümüzde, belirli amaçlarla ve değişik alanlarda kullanılmaya uygun birçok yapay sinir ağı modeli (Perceptron, Adaline, MLP, LVQ, Hopfield, Recurrent, SOM, ART ve PCA gibi) geliştirilmiştir. Öğrenme çeşitleri olarak öğreticili, öğreticisiz, destekleyicili öğrenme ve karma stratejiler kullanılmaktadır ( Uğur ve Kınacı, 2006).

Genel olarak yapay sinir ağları modelleri ağı yapısına ve öğrenme türüne göre sınıflandırılırlar. Ağı yapısına göre ileri beslemeli ve geri beslemeli olmak üzere ikiye ayrılırlar. İleri beslemeli yapıda, sinir ağının yapısındaki bağlantılar yalnızca daha sonraki katmanlara doğrudur. Geri yayılım algoritması sinir ağlarında, deneme için ayrılan örnek setinin iteratif süreçleri ile öğrenme aşamasına geçer ve her bir örneğin tahmin değeri ile gerçek sınıfını karşılaştırır. Her bir örnek için ağırlıklar, tahmin ile gerçek sınıf arasındaki ortalama hata karesini minimize edecek şekilde ayarlanır (Han ve Kamber, 2001: 18).

### **2.1.3. Regresyon modelleri.**

Regresyon analizi, iki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek için sıklıkla kullanılan bir analiz yöntemidir. Regresyon modellerinde amaç, her bağımsız

değişkenin bağımlı değişkendeki toplam değişmeye olan katkısının saptanması ve bağımsız değişkenlerin doğrusal kombinasyonunun değerinden hareketle bağımlı değişkenin tahmin edilmesidir.

Çoklu doğrusal regresyon modeli,  $p$  adet açıklayıcı değişken ve  $n$  adet gözlem için;

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 * x_{i1} + \beta_2 * x_{i2} + \dots + \beta_p * x_{ip} + \varepsilon_i \quad i = 1, 2 \dots n \quad (1)$$

şeklinde yazılabilmektedir (Kutner v.d., 2005: 237). Burada  $y_i$  bağımlı değişkeni,  $x_i$  bağımsız (açıklayıcı) değişkenleri,  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_j, \dots, \beta_p$  bilinmeyenleri ise regresyon katsayılarını ifade etmektedir.  $\varepsilon_i$  'ler bir rastlantı değişkeni olup sıfır ortalama ve  $y$  alt kümelerinin ortak varyansı olan  $\sigma^2$  ile normal ve birbirinden bağımsızdırlar.

### **2.1.3.1. Hendry yaklaşımı.**

Hendry'nin “ Genelden - Özele” modelinde modellerin parametreleri tahmin edilmekte ve her adımda anlamsız değişkenler elenerek genelden özele ulaşılmaktadır. Her aşamada klasik  $F$  testi kullanılarak gerçekleştirilen indirgemenin istatistiksel olarak geçerliliği sınanmaktadır (Yurdakul, 1999: 84-91).

$H_0$  : Kısıtlama geçerlidir

$H_1$  : Kısıtlama geçerli değildir.

$$F = \frac{\frac{\sum u_2^2 - \sum u_1^2}{m}}{\frac{\sum u_1^2}{n-k}} \quad (2)$$

Eşitlik (2)'de;

$\sum u_1^2$  : kısıtlanmamış regresyondaki artık kareler toplamı,

$\sum u_2^2$  : kısıtlanmış regresyondaki artık kareler toplamı,

$m$  : doğrusal kısıt sayısı,

$k$  : kısıtlanmamış regresyondaki parametre sayısı,

$n$  ise gözlem sayısıdır.

Eğer bulunan  $F$  hesap değeri  $F$  tablo değerinden küçükse ( $F_{hes} < F_{tab}$ ) kısıtlama geçerli olacaktır ve kısıtlanmalı özel model seçilecektir.

### 3. Bulgular

Bu çalışmada, örnek olarak seçilen müessese için “taş kömürü” modelinde stok miktarı ve stok miktarını etkilediği önsel olarak belirlenen değişkenler arasındaki ilişkiler, Hendry'nin “Genelden-Özele” modelleme yöntemi ile incelenmiştir. Daha sonra özel modellerde belirlenen değişkenlerle sınıflama tipi modeller (Yapay Sinir Ağları, Karar Ağaçları) ile çoklu regresyon modelleri kurularak, tüm modellerin tahmin performansları karşılaştırılmıştır.

#### 3.1. Veriler ve Değişkenler

Taş kömürü sektörüne ait modellerin kurulumu aşamasında Türkiye Taş Kömürü Kurumu (TTK) tarafından düzenli olarak derlenen aylık istatistiksel tablolar ile T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yayınlanan ekonomik gösterge verilerinden yararlanılmıştır. Çalışma dönemi 2010/1-2015/12 olup, Armutçuk Müessesesi için aylık verilerle modellemeler gerçekleştirilmiştir. Armutçuk

Müessesesi, taş kömürü “stok miktarı” kapasitesi bakımından fazla ve stok verisi eksik olmayan bir müessese olduğu için tercih edilmiştir. Toplam 72 veri (6 yıl\*12 ay) ile çalışılmıştır. Modellerde kullanılan değişkenler Tablo 1’de listelenmiştir.

TÜİK tarafından mevsim ve takvim etkilerinden arındırılarak yayımlanan seriler TÜİK veri tabanından elde edilmiştir. Diğer mevsimsellik içeren seriler TRAMO-SEATS mevsimsel düzeltme yöntemi kullanılarak mevsimsellikten arındırılmıştır. Seçilen tüm bu değişkenler “taş kömürü” sektöründe üretimi ve dolayısıyla stok politikasında etkin olduğu önsel bilgi olarak kabul edilen değişkenlerdir.

**Tablo 1: Model Değişkenleri**

No	Değişken	Birim	Değişken	Beklenti	Kısaltmalar
1	Fiili Üretim Miktarı	Ton	Bağımsız	+	URETIM
2	Fiili Satış Miktarı	Ton	Bağımsız	-	SATIS
3	Tuvenan Üretim Miktarı	Ton	Bağımsız	+	TUVENAN_ URETİM
4	İç Tüketim Miktarı	Ton	Bağımsız	-	IC_TUKETİM
5	Stok Miktarı	Ton	Bağımlı	+	STOK
6	İstihdam(memur+işçi)	Kişi	Bağımsız	+	ISTIHDAM
7	Türkiye Brüt Elektrik Enerjisi Üretiminde Taş Kömürünün Payı	GWh	Bağımsız	Belli değil	ELEK_ENERJİ

Tablo 1’de “Beklenti” sütununda, seçilen değişkenlerin stok miktarı üzerindeki beklenen etkisi özetlenmiştir. Girişimin stok tutma politikasına göre değişkenlik göstermesine rağmen genel beklenti, üretim arttıkça stok miktarının artması yönündedir. Aynı şekilde tuvenan üretim miktarı arttıkça da stok miktarının artması beklenmektedir. Bununla birlikte satış miktarı ve iç tüketim miktarı arttıkça stok

miktarının azalması, istihdam arttıkça da üretimin ve dolayısıyla da stok miktarının artması beklenmektedir. Elektrik enerjisi değişkeni ile de stok miktarı arasında tam belirli bir ilişki bulunmamaktadır. Birincil enerji kaynağı olan kömüre talep arttıkça üretim ve satışlar artacaktır ve stok miktarı, girişimin elinde bulundurduğu stok miktarına bağlı olarak değişkenlik gösterecektir.

Çalışmada regresyon analizi için durağanlık ve hata terimine ait varsayımların sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle seçilen müessese için ilk olarak regresyon modeli kurularak değişkenler için gerekli durağanlık koşulları sağlandıktan sonra YSA ve karar ağaçları modelleri elde edilecektir.

### 3.2. Durağanlık Testleri

Zaman serisi verilerinde durağanlık önkoşulunu sağlamak için değişkenlerin bir önceki döneme göre farkları hesaplanmış ve bütün değişkenlere Genişletilmiş Dickey-Fuller (Augmented Dickey Fuller-ADF) testi uygulanmıştır. Tablo 2'deki ADF testi sonuçlarına göre bütün değişkenler düzeyde durağandır.

**Tablo 2: Armutçuk Müessesesi Modeli Değişkenlerinin ADF Birim Kök Sonuçları**

No	Değişken	t istatistiği (sabit)	P değeri	
1	Fiili Üretim Miktarı	-12.97	0.0001*	I(0)
2	Fiili Satış Miktarı	-12.08	0.0001*	I(0)
3	Tuvenan Üretim Miktarı	-11.53	0.0001*	I(0)
4	İç Tüketim Miktarı	-7.48	0.0000*	I(0)
5	Stok Miktarı	-6.22	0.0000*	I(0)
6	İstihdam( Memur+ İşçi)	-7.78	0.0000*	I(0)

7	Türkiye Brüt Elektrik Enerjisi Üretiminin Taş kömürü'ne ait payı	-12.6847	0.0001*	I(0)
	Test Kritik Değerleri: $\alpha_{0.01}$	-3.527045		
	$\alpha_{0.05}$	-2.903566		
	$\alpha_{0.10}$	-2.589227		

\* : “Sabit + eğim” modelinde,  $\alpha_{0.05}$ ’ e göre  $H_0$  hipotezi reddedilmiştir.

### 3.3. Armutçuk Müessesesi Regresyon Modeli

Genel modelin belirlenmesi aşamasında öncelikle modelin gecikme sayısının belirlenmesi gerekmektedir. Tablo 3’de belirtildiği gibi SC değeri dikkate alındığında, en küçük değer “1” gecikmeli modele aittir. Elde edilen bu gecikme sayısına göre “1” gecikmeli otoregresif -dağıtılmış gecikme modeli kurulmuş ve kurulan genel modele ait parametreler Klasik En Küçük Kareler (KEKK ) yöntemi ile tahmin edilmiştir. Tahmin sonuçları Tablo 4’de verilmiştir.

**Tablo 3: Akaike (AIC) ve Schwarz (SC) Değerleri**

Gecikme Sayısı	AIC	SC
k=4	17.76	18.91
k=3	17.78	18.69
k=2	17.96	18.63
k=1	17.85	<b>18.29</b>



**Tablo 4: Armutçuk Müessesesi Genel Model Sonuçları**

Değişkenler	Katsayılar	t-istatistiği	P değeri
$\Delta$ STOK(-1)	0.756540	9.977288	0.0000 <sup>a</sup>
$\Delta$ CAL_SAY	-10.94696	-0.471898	0.6388
$\Delta$ CAL_SAY(-1)	15.00125	0.719310	0.4749
$\Delta$ ELEKTRK_ENERJİ	0.047321	0.064519	0.9488
$\Delta$ ELEKTRK_ENERJİ(-1)	1.668661	2.358710	0.0219 <sup>a</sup>
$\Delta$ FİİLİ_SATIS	-0.898874	-14.27684	0.0000 <sup>a</sup>
$\Delta$ FİİLİ_SATIS(-1)	-0.092071	-1.443140	0.1546
$\Delta$ FİİLİ_URETİM	2.155710	3.790477	0.0004 <sup>a</sup>
$\Delta$ FİİLİ_URETİM(-1)	-0.493663	-0.834041	0.4078
$\Delta$ İC_TUKETİM	-0.312663	-0.831934	0.4090
$\Delta$ İC_TUKETİM(-1)	0.689248	1.645342	0.1055
$\Delta$ TUVENAN_URETİM	-0.168366	-0.415261	0.6795
$\Delta$ TUVENAN_URETİM(-1)	0.599590	1.492705	0.1411
C	19.33934	0.074270	0.9411

$R^2 = 0.85$ ,  $DW = 2.17$ ,  $F = 24.59$  (p: 0.00)

a :  $\alpha_{0.05}$ ' e göre  $H_0$  hipotezi reddedilmiştir. Parametreler istatistiksel bakımdan anlamlıdır.

Genel modelde  $\alpha_{0.05}$  anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamsız olan parametrelere ait değişkenler ve iktisadi beklentilere uymayan parametrelere ait değişkenler modelden çıkartılarak Tablo 5'teki özel modele ulaşılmıştır. Elde edilen özel modele ait kısıtlamaların geçerliliği Hendry'nin "Genelden-Özele" modeli ile test edilmiş ve  $F_{hesap}$  değeri 1.014 olarak hesaplanmıştır.  $F_{tablo}(F_{10,56;1.99}) > F_{hesap}$

olduğundan  $H_0$  hipotezi reddedilemez ve kısıtlamalara ait özel modelin geçerli olduğu söylenebilir.

**Tablo 5: Armutçuk Müessesesi Özel Model Sonuçları**

Değişkenler	Katsayılar	t-istatistiği	P değeri
$\Delta$ STOK(-1)	0.782832	12.54155	0.0000
$\Delta$ ELEKTRK_ENERJİ(-1)	1.458344	2.533637	0.0137
$\Delta$ FIILI_SATIS	-0.894599	-15.65079	0.0000
$\Delta$ FIILI_URETIM	1.981753	6.853787	0.0000

$R^2 = 0.82$ ,  $DW = 2.44$ ,  $F_{white} = 3.12$  (p:0.00),  $F = 76.16$  (p:0.00)  $F_{kısıt} = 1.014$

a :  $\alpha_{0.05}$ ' e göre  $H_0$  hipotezi reddedilmiştir. Parametreler istatistiksel bakımdan anlamlıdır.

Özel model sonuçlarına göre:

- Müessesenin “Bir Önceki Dönem Stok Miktarı’ndaki” değişim % 1 artarsa, (diğer değişkenler sabitken) “stok miktarı’ndaki” değişim % 0.782 artmaktadır. Bu değer genel olarak beklenen bir sonuçtur ve girişimin bir önceki dönem stok miktarına bağımlılığı birikimli olarak stokların ilgili dönemdeki durumunu belirlemektedir.
- “Bir Önceki Dönem Türkiye Brüt Elektrik Enerjisi Üretimine Taş kömürüne Ait Payı” % 1 artarsa, (diğer değişkenler sabitken) “stok miktarı’ndaki” değişim % 1.46 artmaktadır. Elektrik enerjisinde taş kömürüne ait pay arttıkça müessesenin daha çok üretim yapma ve dolayısıyla stok tutma eğiliminde olması beklenmektedir.

- Müessesenin taş kömürü “satış miktarı’ndaki” değişim % 1 artarsa, (diğer değişkenler sabitken) “stok miktarı’ndaki” değişim % 0.89 azalmaktadır. Girişimlerin stok miktarını etkileyen diğer bir değişken “satış miktarı” beklenildiği gibi negatiftir, satışlar arttıkça stokların azalması beklenmektedir.
- Müessesenin taş kömürü “üretim miktarı’ndaki” değişim % 1 artarsa, (diğer değişkenler sabitken) “stok miktarı’ndaki” değişim % 1.98 artmaktadır. Stok miktarının üretimle doğru orantılı olduğu bilinmektedir, bu nedenle üretimdeki değişikliğe bağlı olarak girişimler ellerindeki stokları değerlendirmektedirler.

Tablo 5’te belirtilen modele bakıldığında modelin otokorelasyonsuz olduğu ( $DW = 2.44$ ), çoklu bağlantı ve değişen varyans ( $F_{white} = 3.12$ ) sorunlarının olmadığı görülmektedir. Modelde değişkenlere ait parametreler istatistiksel bakımdan anlamlıdır. Modelin açıklama gücü ( $R^2 = 0.82$ ) yüksek ve model tümüyle  $F = 76.16$  ( $p:0.000$ ) anlamlıdır.

### **3.4. Armutçuk Müessesesi CHAID Karar Ağacı Modeli**

Regresyon modeli ile karşılaştırma yapabilmek için CHAID modelinde Tablo 5’teki değişkenler ele alınmıştır. CHAID karar ağacı modelinde de öncelikle veriler eğitim (% 70) ve test (% 30) amacıyla ikiye bölünmüştür. Öğrenme ve test verisine ait sonuçlar Tablo 6’dan incelendiğinde öğrenme modelinde, tahmin edilen ile gerçekleşen stok miktarı arasındaki korelasyon 0.822 ile yüksek düzeydeyken, test verisinde 0.33 olarak düşük düzeydedir.

**Tablo 6: CHAID Modeli Öğrenme ve Test Aşaması İstatistikleri**

	<b>Öğrenme</b>	<b>Test</b>
Minimum Hata	-5425.2	-6426.696
Maximum Hata	7197.304	5676.8
Ortalama Hata	0.0	159.852
Ortalama Kesin Hata	1639.982	2750.151
Standart Sapma	2347.874	3482.36
Doğrusal Korelasyon Katsayısı ( $r_{Y\hat{Y}}$ )	0.822	0.33
Gözlem	52	20

Elde edilen bu modele ait genel istatistiksel sonuçlar Tablo 9'daki gibidir. Tahmin edilen ile gerçekleşen “stok miktarı” arasındaki korelasyon 0.808 olup, bu uyum oldukça yüksektir.

### **3.5. Armutçuk Müessesesi C&R Karar Ağacı Modeli**

Regresyon modeli ile karşılaştırma yapabilmek için regresyon ve CHAID modellerindeki belirlenen özel modele ait değişkenlerle çalışılmıştır. Öncelikle veriler eğitim (% 70) ve test (% 30) amacıyla ikiye bölünmüştür. Öğrenme ve test verisine ait sonuçlar Tablo 7'den incelendiğinde öğrenme modelinde, tahmin edilen ile gerçekleşen stok miktarı arasındaki korelasyon 0.79 olarak bulunurken, test modelinde korelasyon 0.45 düzeyinde bulunmuştur.

**Tablo 7: C&R Modeli Öğrenme ve Test Aşaması İstatistikleri**

	<b>Öğrenme</b>	<b>Test</b>
Minimum Hata	-6482.0	-5624.0
Maximum Hata	9196.5	8558.0
Ortalama Hata	23.515	33.442
Ortalama Kesin Hata	1659.645	2511.317
Standart Sapma	2584.848	3394.429
Doğrusal Korelasyon Katsayısı ( $r_{Y\hat{Y}}$ )	0.79	0.453
Gözlem	52	20

Elde edilen bu modele ait genel istatistiksel sonuçlar Tablo 9’da verilmiştir. Tahmin edilen ile gerçekleşen “stok miktarı” arasındaki korelasyon 0.724 olup, bu uyum yüksektir.

### **3.6. Armutçuk Müessesesi Yapay Sinir Ağı Modeli**

Daha önceki Regresyon ve CHAID karar ağacı modellerinde olduğu gibi seçilen özel model değişkenleri üzerinden modelleme gerçekleştirilmiştir. Armutçuk Müessesesi modellemesi için veriler öğrenme (%70) ve test (%30) verisi olmak üzere ikiye ayrılmış ve sonuçlar Tablo 8’de verilmiştir. Öğrenme aşaması için 52 gözlem ayrılmış ve tahmin edilen stok miktarı ile gerçekleşen stok miktarı arasındaki korelasyon 0.93 bulunmuştur. Test aşamasında 20 gözlemle çalışılmış ve bu korelasyon 0.895 olarak yüksek düzeyde bulunmuştur.

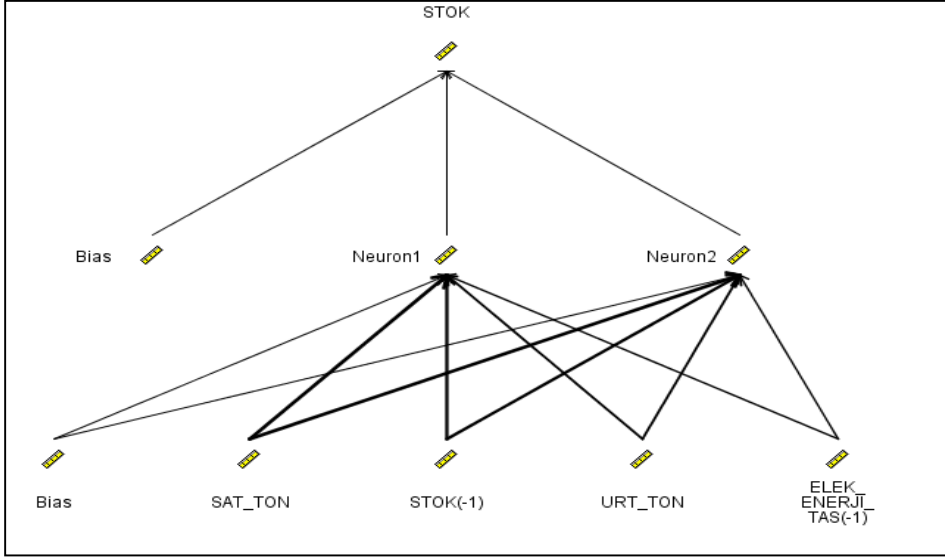
**Tablo 8: YSA Modeli Öğrenme ve Test Aşaması İstatistikleri**

	<b>Öğrenme</b>	<b>Test</b>
Minimum Hata	-2642.959	-3753.599
Maximum Hata	5838.883	1803.541
Ortalama Hata	-117.029	-61.875
Ortalama Kesin Hata	1078.458	953.837
Standart Sapma	1508.902	1389.23
Doğrusal Korelasyon Katsayısı ( $r_{Y\hat{Y}}$ )	0.932	0.895
Gözlem	52	20

YSA modeline ilişkin Şekil 2’deki sonuçlara bakıldığında 2 sinir ağı bir yapı oluştuğu ve modellemede en önemli değişkenin “Satış Miktarı” olduğu görülmektedir. Bu modele ait genel istatistiksel sonuçlar Tablo 9’daki gibidir. Tahmin edilen ile gerçekleşen Stok miktarı arasındaki korelasyon 0.94 olup, bu uyum oldukça yüksektir.

### **3.7. Armutçuk Müessesesi İçin Modellerin Karşılaştırılması**

Çalışmanın amacı olan regresyon modeli ile sınıflama modellerini karşılaştırabilmek amacıyla öncelikle aynı değişkenler üzerinden modellemeler gerçekleştirilmiştir. Değişkenlerin bir önceki döneme göre farkları hesaplanmış ve regresyon modelinde belirlenen özel modele ait sınıflama modelleri elde edilmiştir. Armutçuk Müessesesi için hesaplanan modellere ait çeşitli performans göstergeleri Tablo 9’da sunulmuştur. Modele ait tahmin performanslarını değerlendirmek amacıyla Ortalama Hata Kare (MSE), Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) ve Ortalama Mutlak Hata (MAE) hesaplanmıştır.



**Şekil 2: Yapay Sinir Ağı Modelinin Yapısı**

**Tablo 9: Model Performans Göstergelerinin Karşılaştırılması**

	Regresyon	YSA	CHAID	C&R
Doğrusal Korelasyon Katsayısı ( $r_{Y\hat{Y}}$ )	0.91	0.94	0.808	0.724
Standart Hata	1627.434	1331.372	2281.012	2810.679
Gözlem Sayısı	71	71	71	71
Bağımsız Değişken Sayısı	4	4	4	4
Ortalama Hata Kare (MSE)	2610704	1748019	5129735	7789343
Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE)	7.71	28.313	45.46	110.86
Ortalama Mutlak Hata (MAE)	1118.785	965.491	1519.187	1899

Göstergelere bakıldığında; tahmin edilen stok miktarı ile gerçekleşen stok miktarı arasındaki uyumu gösteren korelasyon katsayısına göre en yüksek uyum 0.94

ile “Yapay sinir Ağı (YSA)” modelinde elde edilmiştir. Ancak burada dikkat çeken modeller arasında aslında korelasyon kriterine göre “Regresyon “ modeli ile çok yüksek bir farklılık olmadığıdır. Ortalama Hata Kare (MSE) kriterine göre en düşük hata yine “Yapay sinir Ağı (YSA)” modelindedir. Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) değerine bakıldığında en düşük MAPE değeri 7.71 ile “Regresyon” modeline aittir. Ortalama Mutlak Hata (MAE) değerine bakıldığında ise en düşük hatanın “YSA” modeline ait olduğu görülebilir. Tüm bu kriterler göz önüne alındığında Armutçuk Müessesesinde “Taş kömürü Stok Miktarı” tahmini için “YSA” modelinin en iyi sonuçları verdiği söylenebilir.

### **Sonuç ve Öneriler**

Bu çalışmada ele alınan taş kömürü sektörüne ilişkin birçok uluslararası ve ulusal çalışmalar mevcuttur ancak ele alınan çalışmaların çoğu taş kömürü üretimi tahmini ve çevre üzerindeki etkisi üzerinedir. Taş kömürü üretimine olan ilginin en önemli sebebi, elektrik enerjisi üretiminde dumansız sanayi dahil demir çelik endüstrisinde, çimento fabrikaları ve diğer endüstrilerde yoğun olarak kullanılmasıdır. Ülkelerin, sanayilerin enerji kaynaklarına olan ihtiyaçları ile bağlantılı olarak taş kömürüne ilgi de gittikçe artmaktadır.

Bu çalışmada da ülkemizin kalkınmasında önemli paya sahip taş kömürü ürününün stok miktarının tahmini için Türkiye Taş Kömürü Kurumunun Armutçuk müessesesi verilerinden yararlanılarak model sınamaları gerçekleştirilmiştir. İlgili müessese, ortalama stok miktarı en yüksek olan müessese olduğu için seçilmiştir. Çalışmada taş kömürü stok miktarı tahminine yönelik dört farklı model tahmin



edilmiştir. Bunlar Regresyon modeli, Yapay Sinir Ağı, CHAID karar ağacı ve C&R karar ağacıdır. Armutçuk Müessesesinde “*Yapay Sinir Ağı (YSA)*” modeli en yüksek korelasyon değeri ile en düşük Ortalama Hata Kare (MSE) ve Ortalama mutlak hata (MAE) değerlerine sahiptir.

Armutçuk müessesesine ait 2010/1 - 2015/12 dönemine ilişkin zaman serisi verilerinde durağanlık önkoşulunu sağlamak için değişkenlerin *bir önceki döneme göre farkları* hesaplanmıştır. ADF testi sonuçlarına göre bütün değişkenler birim kök içermemektedir ve düzeyde durağandır. Müessese için belirlenen özel regresyon modelinde en önemli değişken “fiili üretim miktarı” değişkenidir. Ayrıca modellerde “bir önceki dönem stok miktarının” etkisinin olması beklenen bir durumdur. Armutçuk müessesesinin “bir önceki dönem stok miktarındaki” değişim % 1 artarsa, “stok miktarı’ndaki” değişim % 0.782 artmaktadır. Bununla birlikte Armutçuk müessesesinde “bir önceki dönem elektrik enerjisi”, “fiili satış miktarı” ve “fiili üretim miktarı” değişkenleri model tahmini için anlamlı bulunmuştur.

Müessese için elde edilen YSA modelinde ise veriler öğrenme (% 70) ve test (% 30) verisi olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Öğrenme aşaması için 52 gözlem ayrılmış ve tahmin edilen stok miktarı ile gerçekleşen stok miktarı arasındaki korelasyon 0.93’tür. Test aşamasında 20 gözlemlerle çalışılmış ve bu korelasyon 0.895 olarak yüksek düzeyde bulunmuştur. Bu aşamadan sonra Armutçuk müessesesi için iki sinir ağı bir yapıya sahip YSA modeli elde edilmiştir ve “bir önceki dönem stok miktarı”, “fiili satış miktarı”, “fiili üretim miktarı” ve “bir önceki dönem elektrik enerjisi” değişkenleri ile model tahmin edilebilmektedir. YSA modellemesinde en önemli değişken “satış miktarı” olarak tespit edilmiştir.

Taş kömürü sektöründe elde edilen YSA ve regresyon modellerinde “fiili satış miktarı” ve “fiili üretim miktarlarının” değişkenlerinin etkili olduğu görülmektedir. “Stok miktarının” üretimle doğru, satışla ters orantılı olduğu bilinmektedir. Ayrıca her iki sektörde de ortak çıkan sonuçlara göre “stok miktarının” artması, “üretim miktarı” ve “bir önceki dönem stok miktarının” artması ile sağlanabilir. “Satış miktarının” artması ise genel anlamda stokların erimesine neden olacağı için negatif etkiye sahiptir. Modelde elde edilen sonuçlar beklentileri karşılar düzeydedir.

### **Kaynakça**

- Babbitt, C. W. ve Lindner, A. S. (2005). A Life Cycle Inventory of Coal Used for Electricity Production in Florida, *Journal of Cleaner Production*, 13 (9), s.903-912.
- Bounsaythip, C. ve Esa, R. R. (2001). Overview of Data Mining For Customer Behavior Modeling, *VTT Information Technology Research Report*, Version 1, s.1-53.
- Breiman, L., Freidman, J. H., Olshen, R. A. ve Stone, C. J. (1998). *Classification And Regression Trees (1 edition)*, U.S.: Chapman and Hall, s.246 - 280.
- Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) (2001). *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, Ankara, s.6 -130.
- Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) (2007). *Dokuzuncu Kalkınma Planı 2007-2013 Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, Ankara, s. 13 - 202.
- Elibüyük M. ve Güler, Y. (2015). Türkiye Taş Kömürü Kurumu’nun Zonguldak İli Ekonomisine Etkisi, *Journal of World of Turks*, 7 (1), s.137 - 159.

- Goldsby, T. ve Martichenko, R. (2005). *Lean Six Sigma Logistics: Strategic Development To Operational Success*. Boca Raton: J. Ross Publishing, Inc, USA.
- Griffith, E. D. ve Clarke, A. W. (1979). World Coal Production, *Scientific American*, 240(1), s.38 - 47.
- Han, J. ve Kamber, M. (2001). *Data Mining Concepts and Techniques*, Third Edition, San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
- IBM (2010). IBM SPSS Modeler 14.1 User's Guide, s.30 - 31.
- International Energy Agency (IEA) (2016). Coal Information 2016, Paris, *International Energy Agency*, s.73 - 438.
- Internet: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2016). <https://enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fSayfalar%2fKömür+Nedir-.pdf>, (Erişim Tarihi: 15.5.2015)
- Kulshreshtha, M. ve Parikh, J. K. (2000). Modeling Demand For Coal In India: Vector Autoregressive Models With Cointegrated Variables, *Energy, Elsevier*, 25 (2), s.149 – 168.
- Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., Neter, J. ve Li, W. (2005). *Applied Linear Statistical Models*. New York, Mc Graw- Hill Irwin Companies Inc.
- Mohr, S.H. ve Evans, G.M. (2009). Forecasting Coal Production Until 2100, *Fuel*, 88 (11), s.2059 – 2067.
- Öztemel, E. (2012). *Yapay Sinir Ağları*, İstanbul, Papatya Yayıncılık.
- Patzek, T.W. ve Croft, G. D. (2010). A Global Coal Production Forecast with Multi-Hubbert Cycle Analysis, *Energy*, 35 (8), s.3109 - 3122.

- Rutledge, D. (2011). Estimating Long-term World Coal Production with Logit and Probit Transforms, *International Journal of Coal Geology*, 85 (1), s.23 – 33.
- T.C. Kalkınma Bakanlığı (2015). *Onuncu Kalkınma Planı 2014 - 2018 Madencilik Politikaları Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, Ankara, s.105 - 106.
- Türkiye Taş Kömürü Kurumu (TTK) (2016). *Türkiye Taş Kömürü Kurumu 2015 Taş Kömürü Sektör Raporu*, Ankara, s. 26 - 27.
- Uğur, A. ve Kınacı, A. C. (2006). Yapay Zekâ Teknikleri ve Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Web Sayfalarının Sınıflandırılması, *Türkiye'de İnternet Konferansı Bildirileri 2006, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi*, Ankara, 21 - 23 Aralık.
- Vergil H., Çeştepe H. ve Bayramoğlu, M. F. (2015). Zonguldak İlinde Taş kömürü Üretimine Ekonomik Etki Analizi, *Bülent Ecevit Üniversitesi, Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı*, Zonguldak, s.8 - 20.
- Wang,J., Dong,Y., Wu, J., Mu, R. ve Jiang, H. (2011), Coal Production Forecast and Low Carbon Policiesve in China, *Energy Policy, Elsevier*, 39 (10), s.5970 – 5979.
- World Energy Council (2016), *World Energy Resources 2016*, United Kingdom, s.4 - 73.
- Yurdakul, F. (1999). Hendry ve Sims Yöntemlerinin Karşılaştırması, *Ekonomik Yaklaşım Dergisi*, 10 (33), s.84 - 91.