

İstatistiksel Yöntemlerin Dekapaj Miktarının Belirlenmesinde Kullanılabilirliği ve Bir Açık Ocak Krom Sahasına Uygulanması

Ali Can ÖZDEMİR*¹ ORCID 0000-0003-3064-4264

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 02.01.2023

Kabul tarihi: 28.03.2023

Atıf şekli/ How to cite: ÖZDEMİR; A.C., (2023). İstatistiksel Yöntemlerin Dekapaj Miktarının Belirlenmesinde Kullanılabilirliği ve Bir Açık Ocak Krom Sahasına Uygulanması. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 38(1), 41-47.

Öz

Açık işletme madenciliğinin hazırlık çalışmalarında maliyetlerin büyük bir miktarını dekapaj işlemleri oluşturmaktadır. Bu nedenle, maden planları hazırlanırken en önemli aşamalardan birisi dekapaj miktarının belirlenmesidir. Ayrıca, sürdürülebilir bir madencilik için dekapaj miktarındaki belirsizlik probleminin çözülmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, regresyon yöntemi kullanılarak çalışma süresi ile dekapaj miktarının modellenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında örnek bir açık ocak madenine ait 2014-2021 dönemi arasındaki aylık çalışma süresi ve dekapaj miktarı bilgileri toplanarak veri seti elde edilmiştir. Bu veri setine dayanarak üstel, doğrusal, logaritmik ve polinom olmak üzere dört farklı regresyon modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen modellerin başarısı korelasyon katsayısına göre değerlendirilmiştir. Sonuç olarak en başarılı regresyon modelinin polinom model ($R^2= 0,8497$) olduğu belirlenmiştir. Bu modeli sırasıyla üstel ($R^2= 0,8487$), doğrusal ($R^2= 0,8485$) ve logaritmik ($R^2= 0,8378$) modeller takip etmektedir. Çalışmanın bulguları açık ocak madenciliğinde dekapaj miktarının belirlenmesinde önerilen modellerin alternatif olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Dekapaj miktarı, Çalışma süresi, Regresyon analizi, Açık ocak madeni

Modelling of Stripping Amount by Working Time in Open-Pit Mines

Abstract

In open pit mining, a large part of the costs is due to stripping operations. Therefore, one of the most important steps while preparing mine plans is to determine the amount of stripping. In addition, the problem of uncertainty in a sustainable mining stripping amount needs to be resolved. This study, it is aimed to model the working time and the amount of stripping using the regression method. Within the scope of the study, the data set was obtained by collecting the monthly working times and the amount of stripping between the 2014-2021 period of a sample open pit mine. Based on this data set, four different regression models were developed as exponential, linear, logarithmic, and polynomial. The success of the developed models was evaluated according to the correlation coefficient. As a result, it was determined that the most successful regression model was the polynomial model ($R^2= 0,8497$). This model is followed by exponential ($R^2= 0,8487$), linear ($R^2= 0,8485$) and logarithmic ($R^2= 0,8378$) models,

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Ali Can ÖZDEMİR, acozdemir@cu.edu.tr

respectively. The study's findings show that the proposed models can be used as an alternative to determining the amount of stripping in open-pit mining.

Keywords: Stripping amount, Regression analysis, Working time, Open-pit mine

1. GİRİŞ

Günümüz ekonomik şartları, birçok sektörde olduğu gibi madencilik sektöründe de maliyetlerin artmasına neden olmuştur. Bu durum özellikle ilk yatırım maliyetinin yüksek olduğu bilinen madencilik sektörü için oldukça kritiktir. Bu nedenle, madencilik faaliyetlerine başlamadan önce detaylı fizibilite çalışmalarının hassas bir şekilde yapılması gerekmektedir. Bu aşamadaki olası bir hata ileriki yıllarda büyük sorunlara yol açabilir.

Madencilik faaliyetlerinin yürütülmesinde temel olarak açık ocak ve yeraltı işletme yöntemleri kullanılmaktadır. Bu üretim yöntemleri madenciliği karşılaştırdığında, açık ocak madenciliğinin daha yüksek verimlilik ve emniyetli iş koşulları gibi avantajları sayesinde yüksek ilk yatırım maliyeti dezavantajı göz ardı edilmektedir. Açık ocak işletmelerinde dekapaj kazısı yapılarak yer kabuğunda bulunan cevherin üretilmesi sağlanmaktadır. Dekapaj faaliyeti; örtü tabakasının kazılması, yüklenmesi ve döküm sahasına nakliyesi sırasındaki tüm faaliyetleri ifade etmektedir [1,2].

Açık ocak madenciliğinde, dekapaj, akaryakıt, işçilik, bakım-onarım, eğitim vb. birçok maliyet kalemleri bulunmaktadır [3-5]. Ancak bunlar arasında dekapaj maliyeti ön plana çıkmaktadır. Buyruk [6], dekapaj işlemlerinde oluşan maliyetleri kullanılan makine ve ekipmanların (kamyon, ekskavatör vb.) amortisman, enerji, akaryakıt, yağ ve bunları kullanan personelin işçilik giderleri, patlayıcı malzeme giderleri vb. şekilde sıralamıştır.

Dekapaj maliyetinin dekapaj miktarına bağlı olduğu düşünüldüğünde doğru bir maliyet analizi için dekapaj miktarının güvenilir bir şekilde hesaplanması gerektiği anlaşılmaktadır. Ancak, literatürde bu konu üzerine gerçekleştirilen çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Cengiz ve arkadaşları

[7] çalışmalarında, coğrafi bilgi sistemi kullanılarak Sivas-Kangal-Kalburçayırı linyit yatağı'nın dekapaj miktarını tespit etmişlerdir. Dekapaj miktarının belirlenmesinde regresyon analizinin kullanılması ile ilgili bir çalışma olmaması literatürde boşluk oluşturmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, açık ocak maden işletmelerinde regresyon analizi kullanılarak çalışma süresinden faydalanılarak dekapaj miktarının modellenmesidir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Çalışma Sahası ve Veri Seti

Bu çalışmada, uygulama sahası olarak Bursa İli, Harmancık İlçesi'nde yer alan bir açık ocak krom madeni seçilmiştir. Bu sahada kazı ve nakliye işlemleri açık ocak madenlerinde yaygın olarak kullanılan ekskavatör + kamyon sistemi ile gerçekleştirilmektedir. Üretim faaliyetleri sırasında öncelikle delme-patlama yapılmaktadır. Bu sayede kazılacak malzeme gevşetilerek ekskavatörlerin daha kolay kazı yapması sağlanmaktadır. Sonrasında kazılan malzeme yine ekskavatörler kullanılarak nakliye kamyonlarına yüklenmektedir. Bu aşamada, nakliye kamyonlarına yüklenen malzeme pasa ise döküm, cevher ise stok sahasına yönlendirilmektedir. İşletmenin sahip olduğu makine ve ekipman parkı düşünüldüğünde aylık kazı kapasitesi ortalama 120.000–150.000 m³ arasında değişmektedir.

Çalışma dönemi 2014-2021 yıllarını kapsamaktadır. Bu dönem içerisinde gerçekleştirilen aylık dekapaj miktarı (m³) ve çalışma süresi (saat/ay) kayıt altına alınarak veri seti oluşturulmuştur. Tüm modelleme işlemlerinde aynı veri seti kullanılmıştır.

2.1. Regresyon Analizi

Regresyon analizi, bağımlı değişkenin bağımsız değişkenler yardımıyla tahmin edilmesini sağlayan

bir tahmin yöntemi olarak bilinmektedir. Bu değişkenlerin sayılabilir veya ölçülebilir nitelikte olması gerekmektedir. Regresyon analizi sayesinde iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkinin fonksiyonel şeklini tespit edilebilir. Ayrıca, değişkenlerden herhangi birinin değeri bilindiği zaman diğer değişkenin değeri tahmin edilebilir [10-14].

Doğrusal regresyon analizi, basit ve çoklu olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Bir bağımlı değişken ve bir bağımsız değişken arasındaki ilişki basit regresyon, bir bağımlı değişken ve birden çok bağımsız değişken arasındaki ilişki ise çoklu regresyon analizi ile açıklanabilmektedir [15]. Basit doğrusal regresyonda bağımlı değişken Y ve bağımsız değişken X ile ifade edilir ise regresyon denklemi aşağıdaki şekilde yazılabilir (Eşitlik 1);

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \quad (1)$$

Bu eşitlikteki β_0 doğrunun y-eksenini kestiği yeri, β_1 doğrunun eğimini ve ε rastgele hata değerini ifade etmektedir.

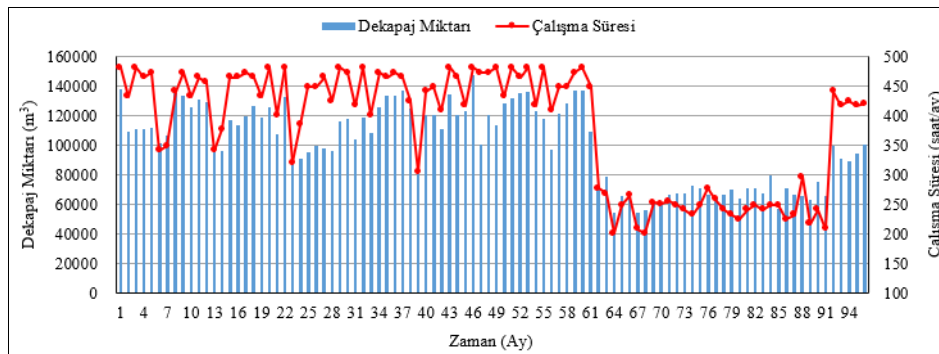
Bu çalışmada, regresyon analizinin gerçekleştirilmesinde Excel programı kullanılmıştır. Geliştirilen modellerin başarısı korelasyon katsayısı (R^2) ile değerlendirilmektedir. Bu katsayı, gerçek değer ile tahmin edilen değer arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. R^2 değeri, 0 ile 1 arasında değer almaktadır ve bu değer 1'e yaklaşırsa tahminin doğruluğu artar, 0'a yaklaşırsa tahminin doğruluğu azalır [14,15].

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışma kapsamında, veri setinin tanımlayıcı istatistiksel analizi yapılmış olup elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1'de, değişken değerlerin ortalama etrafındaki yayılmasını temsil eden standart sapma değerinin her iki değişken için ortalamadan küçük olduğu görülmektedir [8]. Ayrıca, bir veri setinin normal dağılım gösterebilmesi için basıklık değerinin [-1,+1] ve çarpıklık değerinin [-2,+2] aralığında olması beklenmektedir [9]. Hem çalışma süresi hem de dekapaj miktarı değişkenlerine ait basıklık ve çarpıklık değerlerinin normal dağılıma uygun aralıkta olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 1. Tanımlayıcı özet istatistik analizi sonuçları

Parametre	Çalışma Süresi (saat/ay)	Dekapaj Miktarı (m ³)
Ortalama	378,94	100.391,90
Ortanca	424,00	105.209,0
Standart Sapma	99,90	26.540,05
Basıklık	-1,40	-1,32
Çarpıklık	-0,57	-0,22
En Büyük	480,00	147.152,00
En Küçük	200,00	54.268,00
Veri Sayısı	96	96

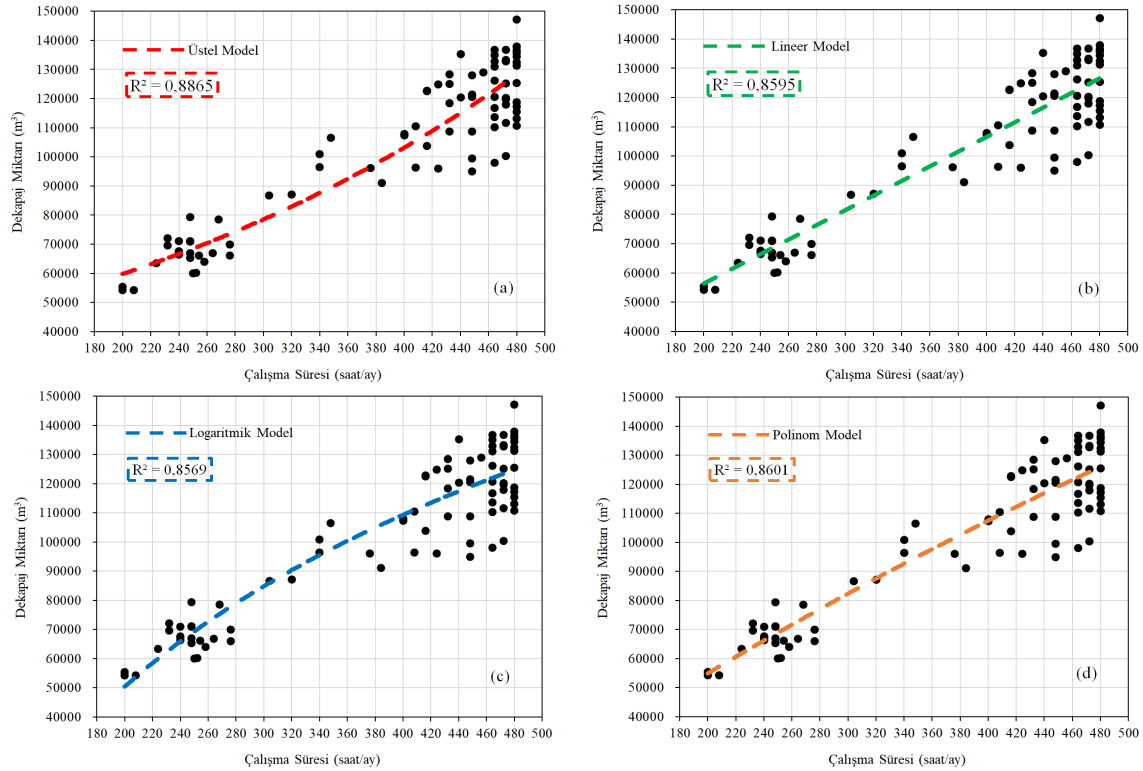


Şekil 1. Aylık dekapaj miktarının ve çalışma sürelerinin değişimi

2014-2021 yılları arasındaki aylık dekapaj miktarının ve çalışma süresinin değişimi Şekil 1’de verilmiştir. Burada, 2019 yılının sonları ve 2020 yılını kapsayan 64-88 no’lu aylarda bir azalma olduğu gözlenmektedir. Bu durumun Covid-19 pandemisinden kaynaklı kısıtlamaların bir sonucu olarak yorumlanmaktadır. Dekapaj miktarı ve çalışma süresi değişkenlerinin beklendiği gibi birbirine benzer bir eğilim gösterdiği anlaşılmaktadır.

Bu çalışmada, regresyon analizi yöntemi kullanılarak çalışma süresi ile dekapaj miktarının tahmin edilmesi gerçekleştirilmiştir. Regresyon modellerinin geliştirilmesinde dekapaj miktarı

bağımlı değişken (Y) ve çalışma süresi ise bağımsız değişken (X) olarak belirlenmiştir. Örnek bir açık ocak maden sahasının 2014-2021 yılları arasındaki aylık çalışma süresi ve dekapaj miktarı değerlerinden oluşan veri seti kullanılmıştır. Bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişkinin belirlenmesinde 2014-2020 periyodun ait veriler, geliştirilen modellerin tahmin başarısını test etmek için 2021 yılına ait veriler kullanılmıştır. Regresyon analizleri üstel, doğrusal, logaritmik ve polinom olmak üzere dört farklı model için uygulanmıştır. Şekil 2’de her farklı model için regresyon analizi sonucu elde edilen dağılım grafikleri görülmektedir.



Şekil 2. Her regresyon modeli için elde edilen dağılım grafikleri; a) üstel, b) doğrusal, c) logaritmik, d) polinom

Dağılım grafikleri incelendiğinde tüm modellerin R^2 değerlerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum çalışma süresi ile dekapaj miktarı arasındaki ilişkinin belirlenmesinde tüm modellerin başarılı olduğuna işaret etmektedir. Ancak, en iyi ilişki sonucu veren modelin $R^2 = 0,8865$ değeri ile en yüksek değere sahip olan üstel model olduğu belirlenmiştir. Bu modeli

sırasıyla polinom, doğrusal ve logaritmik modeller takip etmektedir.

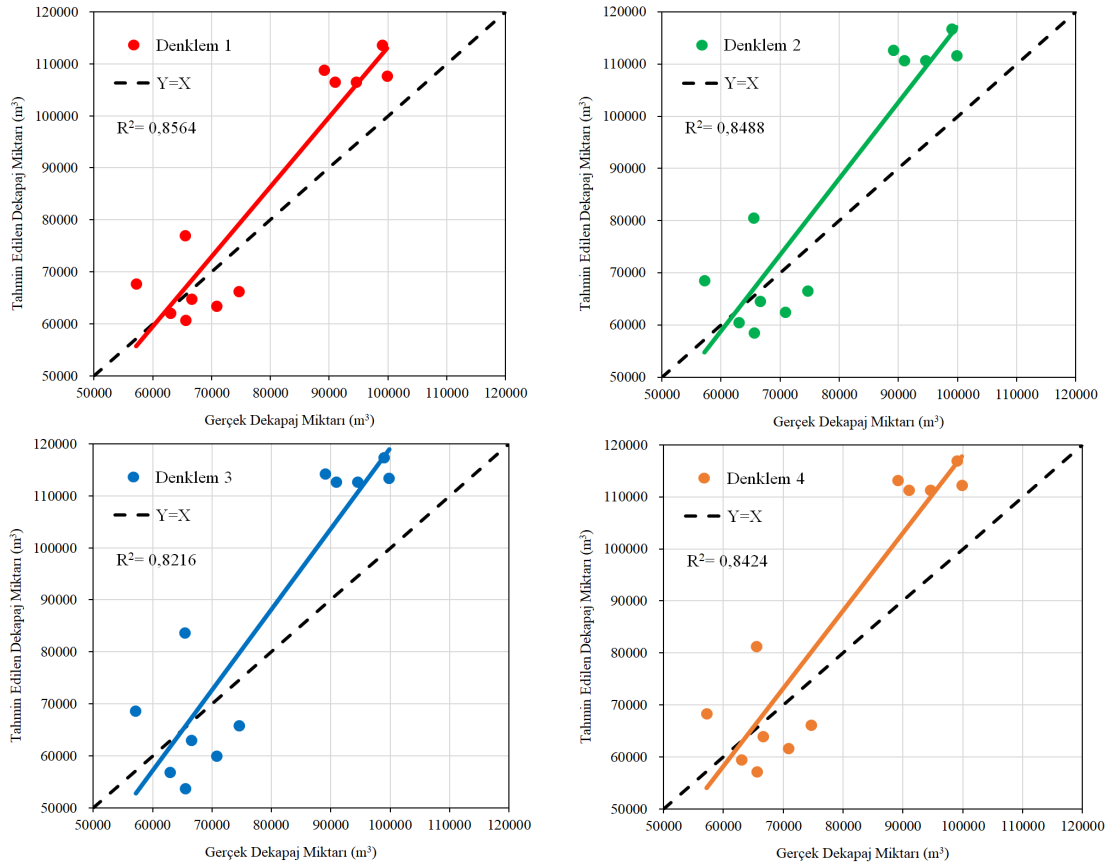
Regresyon modellerinin dağılım grafiklerinin yanı sıra her model için denklemler elde edilmiştir. Bu denklemler ve R^2 değerleri Çizelge 2’de topluca verilmiştir.

Çizelge 2. Regresyon analizi sonucu her model için elde edilen denklemler

Model	Denklem no	Denklem	R ²
Üstel	1	$Y=34646 * e^{0,0027X}$	0,8865
Doğrusal	2	$Y=250,62 * X + 6317$	0,8595
Logaritmik	3	$Y=85002 * \ln(X) - 399980$	0,8569
Polinom	4	$Y=-0,1134 * X^2 + 330,95 * X - 6723,3$	0,8601

Regresyon analizi sonucu elde edilen model denklemleri kullanılarak dekapaj miktarı tahmin edilmiştir. Gerçek ve tahmin edilmiş dekapaj miktarları arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon grafiği Şekil 3'te görülmektedir. Burada, geliştirilen tüm modellerin dekapaj miktarı tahmini için oldukça başarılı sonuçlar ürettiği

anlaşılmaktadır. Ancak, en başarılı tahmin modeli en yüksek korelasyon katsayısına sahip olan ($R^2=0,8564$) üstel model olarak belirlenmiştir. Benzer alanda çalışma yürütecek olan araştırmacıların öncelikli olarak üstel modeli tercih etmeleri tavsiye edilmektedir.

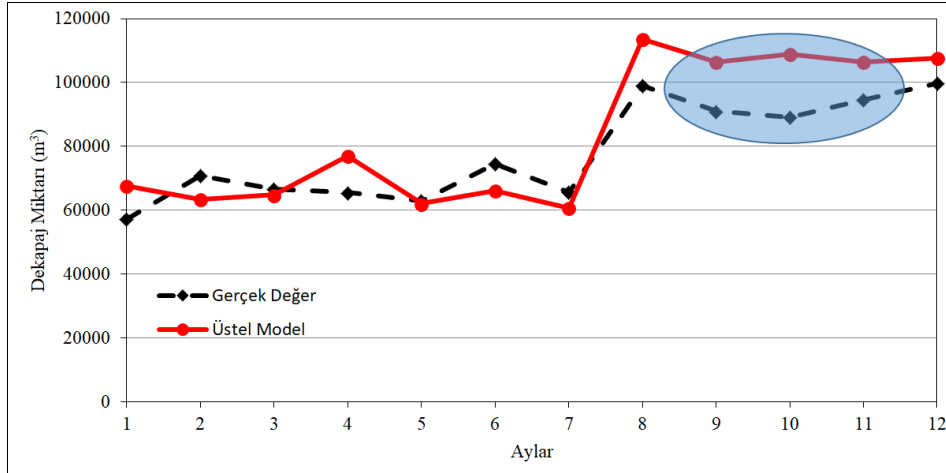
**Şekil 3.** Gerçek ve tahmin edilen dekapaj miktarları arasındaki korelasyon grafiği

Üstel model ile elde edilen ve gerçek dekapaj miktarlarının aylara göre değişimi Şekil 4'te yansıtılmaktadır. Bu değerlerin genel olarak benzer

bir değişkenlik eğilimi göstermesine rağmen son aylara gelindiğinde bir miktar sapmaların olduğu gözlenmektedir. Kış aylarında yoğun kar yağışı

nedeniyle dekapaj faaliyetlerinin verimli bir şekilde yürütülemediği ve gerçekleşen dekapaj miktarlarında önceki aylara göre dalgalanmalar

olduğu bilinmektedir. Tahmindeki sapmalara bu olumsuz iklim koşullarının yol açtığı düşünülmektedir.



Şekil 4. Gerçek ve üstel model ile tahmin edilen dekapaj miktarının değişimi

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, regresyon analizi yöntemi kullanılarak bir açık ocak krom sahasının çalışma süresi ile dekapaj miktarının modellenmesi gerçekleştirilmiştir. 2014-2021 yılları arasındaki aylık çalışma süresi ve dekapaj miktarı değerleri kayıt altına alınarak çalışma için veri seti oluşturulmuştur. Regresyon analizinde üstel, doğrusal, logaritmik ve polinom olmak üzere dört farklı model uygulanmıştır. Öncelikle, bu modeller kullanılarak çalışma süresi ve dekapaj miktarı arasındaki ilişki belirlenmiştir. Sonra, regresyon analizi elde edilen model denklemleri kullanılarak dekapaj miktarı tahmin edilmiştir. Çalışma süresi ve dekapaj miktarı arasındaki ilişkinin ve tahmin performansının değerlendirilmesi için korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Çalışmanın bulgularına dayanarak, çalışma süresi ile dekapaj miktarı arasındaki ilişkiyi en iyi temsil eden regresyon modelinin en yüksek $R^2=0,8865$ değerine sahip olan üstel model olduğu belirlenmiştir. Bu modeli $R^2=0,8601$ değeri ile polinom model takip etmektedir ve sonrasında sırasıyla doğrusal ve logaritmik model yer almaktadır. Dekapaj miktarının tahmin edilmesinde ise en güvenilir sonuçlar $R^2=0,8564$ değeri ile üstel modelden elde

edilmiştir. Diğer modellerin tahmin performansı başarısı sırasıyla şu şekilde gerçekleşmiştir; doğrusal, polinom ve logaritmik model. Regresyon analizi ile geliştirilen modeller planlama mühendisleri için dekapaj miktarının hesaplanması için bir alternatif olacaktır.

5. KAYNAKLAR

1. Saban, M., 2016. Yer Üstü Maden İşletmelerinde Dekapaj Maliyetlerinin Muhasebeleştirilmesi ve Raporlanması. Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, 30 (12), 39-61.
2. Çelikkaya, A., 2003. Dekapajın Yıllara Yaygın İnşaat ve Onarım İşleri Kapsamındaki Durumu. Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 8(3), 27-48.
3. Albayrak, I.H., 1977. İşçilik Maliyetleri ve İmalat Sanayiinde İşçilik Maliyetlerinin Bünyesi, Muhasebe Enstitüsü Dergisi, 3(9), 32-38.
4. Bilginoğlu, F., 1977. İşletmelerde Maliyet Bilgilerinin Oluşumu. Muhasebe Enstitüsü Dergisi, 3(8), 73-81.
5. Akçakoca, H., Aykul, H., Yuvka, Ş., Çokçeken, İ.M., Ediz, İ.G., 2005. Garp

- Linyitleri İşletmesi ve Seyitömer Linyitleri İşletmelerinde Birim Üretim Maliyetleri ve Etki Eden Parametreler. Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı, İzmir, 143-150.
6. Buyruk, A.N., 2013. Muhasebe Standartlarına Göre Maden Kaynaklarının Araştırılması, Değerlendirilmesi, Dekapaj İşlemleri ve Muhasebeleştirilmesi. JASSS The Journal of Academic Social Science Studies, 77-90.
 7. Cengiz, T., Nurlu, Y., Kumtepe, P., Sütçü, E., 2009. Rezerv ve Dekapaj Miktarının Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Tespiti ve Diğer Yöntemler ile Karşılaştırılması: Sivas-Kangal-Kalburçayırı Linyit Yatağı Örneği. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, İzmir, 1-8.
 8. Ozdemir, A.C., Buluş, K., Zor, K., 2022. Medium- to Long-term Nickel Price Forecasting Using LSTM and GRU Networks. Resources Policy, 78, 102906.
 9. Desgagné, A., de Micheaux, P.L., 2018. A Powerful and Interpretable Alternative to the Jarque–Bera test of Normality Based on 2nd-Power Skewness and Kurtosis, Using the Rao's Score Test on the APD Family. Journal of Applied Statistics, 45, 2307-2327.
 10. Dawson, B., Trapp, R.G., 2001. Statistical Methods for Multiple Variables. Basic & Clinical Biostatistics. Lange Medical Books/McGraw Hill Medical Publishing Division, USA, 236-242.
 11. Kirkwood, B.R., Sterne J.A.C., 2003. Essential Medical Statistics, Wiley Blackwell Science, Australia, 315-342.
 12. Alpar, R., 2010. Spor, Sağlık ve eğitim Bilimlerinden Örneklerle Uygulamalı İstatistik ve Geçerlik Güvenirlilik. Detay Yayıncılık, Ankara, 672.
 13. Kılıç, S., 2013. Doğrusal Regresyon Analizi. Journal of Mood Disorders, 3(2), 90-92.
 14. Öztürk, E.E., Basit Doğrusal Regresyon Nedir?, <https://www.veribilimiokulu.com/basit-dogrusal-regresyon/#:~:text=Basit%20do%C4%9Frusal%20regresyon%3B%20ba%C4%9F%C4%B1ms%C4%B1z%20de%C4%9Fi%C5%9Fken,ifade%20eden%20do%C4%9Frusal%20fonksiyonu%20bulmakt%C4%B1r.> Erişim Tarihi: 03.11.2022, 2020.
 15. Arı, A., Önder, H., 2013. Farklı Veri Yapılarında Kullanılabilecek Regresyon Yöntemler. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 28(3), 168-174.

