

# YERALTISULARINDAKİ TOPLAM ÇÖZÜNMÜŞ MADDE MİKTARININ ÇOK DEĞİŞKENLİ İSTATİSTİKSEL ANALİZ YÖNTEMİ İLE KESTİRİLMESİ

**Otgonbayar Namkhai<sup>a</sup>, Mehmet Ekmekçi<sup>a</sup>, Levent Tezcan<sup>a</sup>**

*<sup>a</sup>Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Hidrojeoloji Mühendisliği Programı  
Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi  
06800 Beytepe, Ankara / Türkiye  
(obayar@hacettepe.edu.tr)*

## ÖZ

Noktasal ölçümlerden yola çıkılarak alansal değerlendirmeler yapmak hidrojeoloji çalışmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle, elde edilmesi zaman alıcı ve maliyeti yüksek özelliklerle ilgili kestirimlerde çeşitli istatistiksel teknikler kullanılmaktadır. Bu çalışmada yeraltısularında toplam çözünmüş madde miktarının (TÇM) istatistiksel tekniklerle kestirilmesi amaçlanmıştır. Hidrojeoloji çalışmalarında Doğrusal, Lojistik ve Çoklu Regresyon, Çok Değişkenli Uyumlu Regresyon Uzanımları (MARS), Kriging ve Bayes tahmini, bulanık mantık ve yapay sinir ağı gibi birçok kestirim yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada MARS yöntemi kullanılmıştır. Çünkü bu yöntem diğer yöntemlere göre daha esnek olan en küçük kareler yöntemi ile kestirim yapan ve gözlenen ile kestirilen veriler arasında en az hata ile en iyi tahmini vermiştir. Bu bildiride, örnek çalışma olarak Kayseri kenti volkanik kayaç içme suyu akifer sisteminde açılmış olan otuz iki adet kuyudan alınan yeraltısuyu örneklerine ait su kimyası analiz sonuçları kullanılmıştır. Bağımlı değişken olarak TÇM ve bağımsız değişkenler olarak majör iyonlar seçilmiştir. İstatistiksel analizler sonucunda sekiz adet MARS modeli oluşturulmuş ve bunlardan en uygun TÇM-MARS eşitliği belirlenmiştir. En iyi model %82.6 oranında sahada ölçülmüş TÇM değerlerini doğru kestirmiştir. Bu modelin etkileşim sayısı 4, maksimum temel fonksiyon sayısı 21 olup, diğer modellere göre en küçük genelleştirilmiş çapraz geçerlilik (Generalized Cross Validation) değerine (GCV = 61.84) sahiptir. Ölçülen ve kestirilen TÇM değerlerinin ortalaması aynı olup,  $TÇM_{gözlenen}^{ort} = TÇM_{kestirilen}^{ort} = 256.43 \text{ mg/L}$ ; standart sapması ise  $TÇM_{gözlenen}^{ss} = 115.33 \text{ mg/L}$  ve  $TÇM_{kestirilen}^{ss} = 115.24 \text{ mg/L}$ ; değerler arasındaki farkın ortalaması  $0.00 \text{ mg/L}$  ve standart sapması ise  $4.54 \text{ mg/L}$ 'dir. Bu modelin anlamlılığına ilişkin değerler olan belirleme katsayısı ise  $R^2=0.9984$  ve düzeltilmiş belirleme katsayısı ise  $R^2_d=0.9974$ 'tür. Bu yüzden, bu modelin %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** GVC, MARS, regresyon, TÇM, yeraltısuyu

## **ESTIMATION OF TOTAL DISSOLVED SOLIDS OF GROUNDWATER BY USING MULTIVARIATE STATISTICAL ANALYSE METHOD**

**Otgonbayar Namkhai<sup>a</sup>, Mehmet Ekmekci<sup>a</sup>, Levent Tezcan<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>Hacettepe University, Department of Geological Engineering, Hydrogeological Engineering Program, International Karst Water Resources Application and Research Center

06800 Beytepe, Ankara / Turkey

(obayar@hacettepe.edu.tr)

### **ABSTRACT**

*Making spatial evaluations by using the point measurements has an important place in hydrogeological studies. Specially, various statistical techniques are used to estimate the time-consuming and costly properties to be achieved. In this study, it is aimed to estimate the total dissolved solids (TDS) in groundwater. Many estimation methods such as Linear, Logistic and Multiple Regression, Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS), Kriging and Bayes Estimation, Fuzzy Logic and Artificial Neural Network are used in hydrogeology studies. In this study the MARS method was used, because this method estimates via least squares and more flexible than other estimation methods, and which also gives the best estimate with the smallest residual between the observed and estimated data. In the study, the water chemistry analysis results of the groundwater samples taken from the thirty two wells drilled in the volcanic rock drinking water aquifer system of Kayseri city were used. TDS is selected as the dependent variable and major ions were selected as the independent variables. As a result of statistical analysis, eight MARS models were created and the most appropriate TDS-MARS equation was determined from these models. The best model correctly predicted 82.6% of the insitu-measured TDS values. The interaction number of this model is 4, the maximum number of basic functions is 21 and it has the least generalized cross validation value (GCV = 61.84) according to other models. The mean value of the observed and predicted TDS values is the same, and the  $TDS^{\text{mean}}_{\text{observed}} = TDS^{\text{mean}}_{\text{estimated}} = 256.43 \text{ mg/L}$ ; the standard deviation is  $TDS^{\text{sd}}_{\text{observed}} = 115.33 \text{ mg/L}$  and  $TDS^{\text{sd}}_{\text{estimated}} = 115.24 \text{ mg/L}$ ; the mean difference between the values is  $0.00 \text{ mg/L}$  and the standard deviation is  $4.54 \text{ mg/L}$ . As the values related to the significance of this model are the  $R^2 = 0.9984$  and the adjusted  $R^2 = 0.9974$ . Therefore, this model was found to be statistically significant at 95% confidence level.*

**Keywords:** GVC, MARS, regression, TDS, groundwater