

Araştırma Makalesi / Research Article

Jeoid Yüksekliklerinin Belirlenmesinde Yapay Sinir Ağları ve Kriging Enterpolasyon Yöntemlerinin KarşılaştırılmasıMevlüt Güllü¹, Bayram Turgut¹, Tamer Baybura¹¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.
e-posta: mgullu@aku.edu.tr

Geliş Tarihi: 08.08.2016 ; Kabul Tarihi: 07.12.2016

Özet

Türkiye’de uydu tekniklerinin yaygınlaşması ile dişey datumların belirlenmesinde Küresel Uydu Konumlama Sistemi (GNSS) 2001 yılından itibaren kullanılmaya başlamıştır. GNSS sisteminin verdiği yükseklikler elipsoidal yüksekliklerdir. Fakat Türkiye Ulusal Dişey Kontrol Ağı-1999 (TUDKA-1999) ortometrik yükseklik sistemini esas almaktadır. GNSS ölçmeleri ile elde edilen elipsoidal yüksekliklerden ortometrik yüksekliğe geçebilmek için jeoid yüksekliklerine ihtiyaç vardır. Bu çalışmanın amacı Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Kriging Enterpolasyon yöntemiyle jeoid yüksekliklerinin belirlenmesidir. Afyonkarahisar bölgesinde seçilen noktalardan oluşan test ağında yaygın olarak kullanılan enterpolasyon yöntemlerinde biri olan Kriging yöntemi ve Radyal Bazlı Fonksiyon Sinir Ağı (RBFSA) yöntemleri karşılaştırılmıştır. RBFSA ve Kriging yöntemleriyle hesaplanan jeoid yükseklikleri ile bilinen jeoid yükseklikleri arasındaki farklar karesel ortalama hata yönünden değerlendirilmiş ve RBFSA yöntemiyle daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler

Jeoid yüksekliği; Yapay sinir ağları; RBFSA; Enterpolasyon; Kriging.

The Comparison of Artificial Neural Networks and Kriging Interpolation Method for the Geoid Height Determination**Abstract**

Global Navigation Satellite System (GNSS) in the determination of vertical datums have been used since 2001 with the spread of satellite technologies in Turkey. The heights given by the GNSS system are ellipsoidal heights. However, Turkish National Vertical Control Network-1999 (TNVCN-1999) is based on the orthometric height system. Geoid heights are required in order to transform the ellipsoidal heights obtained by GNSS measurements to the orthometric heights. The objective of this study is to determine the geoid heights by Artificial Neural Networks (ANN) and Kriging interpolation method. Kriging method that is one of the interpolation methods widely used and Radial Basis Function Neural Networks (RBFNN) have been compared over the test network consisting of selected points in Afyonkarahisar. The differences between geoid heights calculated by RBFSA and Kriging methods and known geoid heights were evaluated in terms of root mean square error and better results were achieved by RBFNN method.

Keywords

Geoid height; Artificial neural networks; RBFNN; Kriging.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

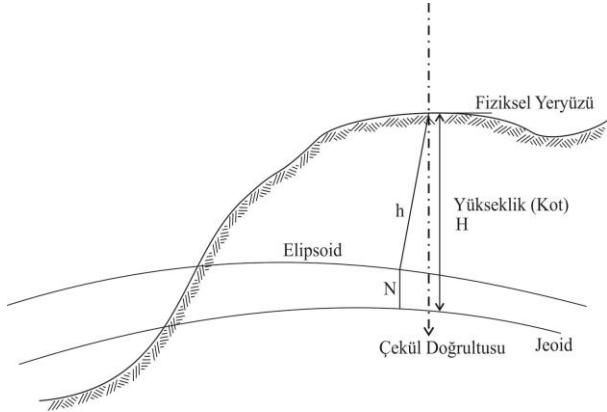
Türkiye’deki dişey datum belirleme çalışmaları 1935 yılında Antalya mareograf istasyonu ile başlamış, 1999 yılında 243 geçkiden ve 25680 noktadan oluşan Türkiye Ulusal Dişey Kontrol Ağı (TUDKA-99) oluşturulmuştur (Demir, 1999). Bu ağ

ile belirlenen yükseklikler ortometrik yüksekliktir. Günümüzde Küresel Uydu Konumlama Sistemi (GNSS), konum bilgilerinin yanında yükseklik bilgilerini de kolayca elde etme imkânı sunmaktadır. Klasik nivelman ölçme yöntemine göre daha az zamanda daha az maliyetle her türlü

hava koşullarında çalışabilen GNSS yöntemiyle hesaplanan yüksekliklere talep artmaktadır. Fakat GNSS'in ürettiği yükseklikler elipsoidal yüksekliktir. GNSS alıcıları ile elde edilen yüksekliklerin TUDKA-99 datumuna dönüştürülmesi gerekmektedir. Dönüşümün yapılabilmesi için o bölgedeki noktaların jeoid ondülasyonlarına, diğer bir ifade ile jeoid yüksekliklerine (N) ihtiyaç vardır. Jeoid yüksekliği, GNSS ile belirlenen elipsoidal yükseklik ile nivelman ile belirlenen ortometrik yükseklik arasındaki farktır;

$$N = h - H \quad (1)$$

bağıntısıyla hesaplanır. N ; Jeoid yüksekliği, h ; elipsoidal yükseklik, H ; ortometrik yüksekliği göstermektedir (Şekil 1).



Şekil 1: Elipsoid ve jeoid arasındaki ilişki.

Noktalara ait ortometrik yükseklikleri belirlemek zaman, emek ve maddi külfet oluşturmaktadır. Fakat GNSS ile noktaların yükseklikleri kolaylıkla hesaplanabilmektedir. Çalışma alanında bulunan her iki sistemde yüksekliği bilinen noktalardan elde edilen enterpolasyon katsayıları kullanılarak yeni noktaların yükseklikleri kolaylıkla hesaplanabilir. Bu çalışmada esnek hesaplama yöntemlerinden birisi olan Yapay Sinir Ağları (YSA) ve yaygın olarak kullanılan enterpolasyon yöntemlerinden Kriging yöntemiyle hesaplanan ortometrik yükseklikler karşılaştırılarak sonuçlar yorumlanacaktır.

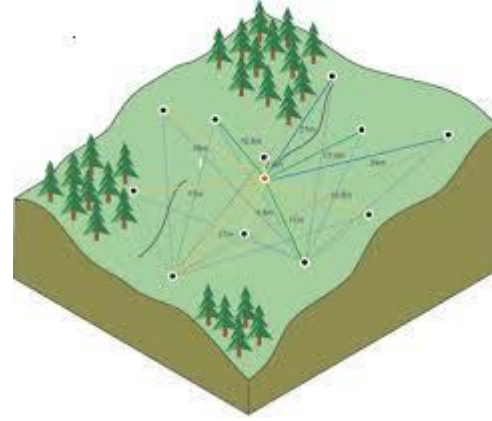
2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada jeoid yüksekliklerinin hesabında jeoid yüzeyi modellemesinde kullanılan yöntemlerden birisi olan Kriging enterpolasyon yöntemi ile YSA

yöntemlerinden birisi olan Radyal Bazlı Fonksiyon Sinir Ağı (RBFS) kullanılacaktır.

2.1. Kriging enterpolasyon yöntemi

Bu yöntem Güney Afrikalı bir maden mühendisi olan D. G. Kriging tarafından madenlerin içinde cevherin derecesini kestirmek amacı ile bulunmuştur. Kriging yöntemi birçok bilimsel çalışmada kendini ispatlamış bir enterpolasyon yöntemidir (Barton ve ark. 1999). Bu yöntem bilinen noktalardan alınan verileri kullanarak yeni noktalara ait verileri kestirir. Ayrıca bu yöntem diğer yöntemlere göre daha yansız ve minimum varyanslı bir kestirim yapılmasına olanak verir (Şekil 2).



Şekil 2: Kriging kestirimi.

Kriging yönteminin doğruluğu ve geçerliliği değişik kısıtlara bağlıdır. Bunlar;

- Dayanak noktalarının sayısı ve doğruluğu
- Dayanak noktalarının konumları
- Dayanak noktalarının homojenliği
- Dayanak noktalarının kestirilecek noktalara uzaklığı şeklinde sıralanabilir. Kriging yönteminin genel eşitliği;

$$Z(x) = \sum_{i=1}^N W_i Z(x_i) \quad (2)$$

Burada N kestirimde bulunan nokta sayısını, $Z(x)$ kestirim değerini, W_i ağırlık değerini, $Z(x_i)$ değişkenin gözlenen değerlerini belirtmektedir (Aşık 2013).

Kriging yönteminin en önemli noktası ağırlıkların belirlenmesidir. Kestirim hatalarının ortalamasının sıfır olması (yansızlık) ve hata varyansının minimum olması şartlarını sağlaması gerekir. Bu şartları sağlayan ağırlıklarla en uygun kestirim yapılabilir.

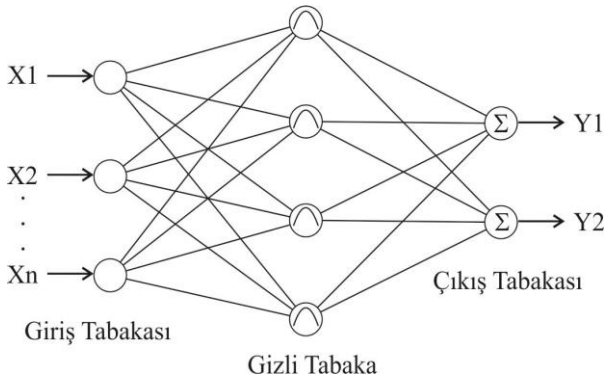
2.2. Yapay sinir ağları

YSA insan beyninden esinlenerek geliştirilmiş bir çok nörondan meydana gelen biyolojik sinir sistemlerinin, matematiksel modelidir (Lippmann 1987).

YSA'lar nöronlar arasındaki bağlantıları ve veri akış yönlerine göre ileri ve geri beslemeli, kullandıkları öğrenme algoritmasına göre de; danışmanlı, danışmansız ve takviyeli öğrenme olarak sınıflara ayrılmaktadır (Haykin 1999). Nöronlar arasındaki ağırlıklar, eğitim algoritması ve aktivasyon fonksiyonu ile tanımlanır. YSA'lar, koordinat dönüşümü, manyetik alan modellemesi, uyuşumsuz ölçüler testi, nokta hızlarının kestirilmesi, jeoid ondülasyonlarının hesaplanması gibi jeodezinin çoğu alanlarında kullanılmaktadır (Tierra ve ark. 2008; Yılmaz ve ark. 2010; Güllü ve ark. 2011; Aşık, 2013)

2.2.1. Radyal bazlı fonksiyon sinir ağı

Sınıflandırma, fonksiyon yakınsama yapıları olarak çok katmanlı ağlara alternatif çözüm olarak geliştirilmiştir. RBFSA'nın gizli tabakasında kullandığı aktivasyon fonksiyonu doğrusal olmayan radyal bazlı fonksiyondur (Şekil 3).



Şekil 3: Radyal bazlı fonksiyon sinir ağı.

RBFSA'da kullanılan Gauss aktivasyon fonksiyonu;

$$G_i(x) = \exp\left(-\frac{\|x - u_i\|^2}{2\sigma_i^2}\right) \quad (3)$$

şekindedir. Burada x girdi vektörü, σ_i ve u_i radyal bazlı fonksiyonun genişlik parametrelerini göstermektedir. RBFSA'da ağırlık çıktı değeri;

$$y_k = \sum_{i=1}^N W_{ik} x_i + W_o \quad (4)$$

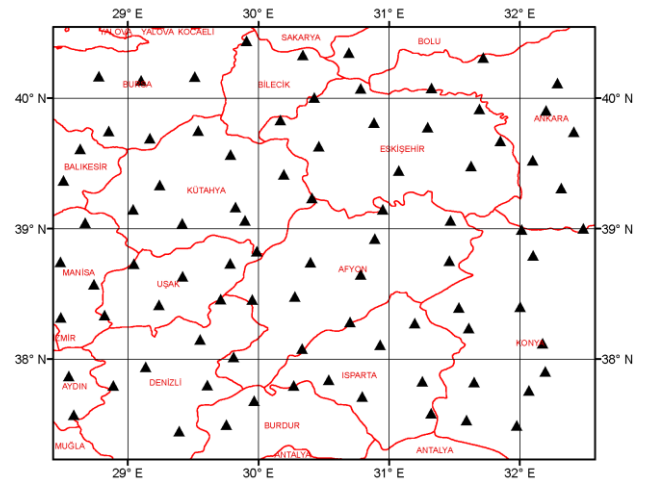
eşitliği ile bulunur. Bu eşitlikte N gizli nöron sayısı, W_{ik} , inci gizli nöron ile k inci çıkış nöronu arasındaki ağırlık, W_o eşik değeridir. RBFSA'da performans kriteri olarak karesel ortalama hata (KOH) kullanılmıştır.

$$KOH = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (y_k^{kesin} - y_k^{çk})^2} \quad (5)$$

N girdi sayısını, y_k^{kesin} bilinen değeri, $y_k^{çk}$ ağ tarafından üretilen değeri göstermektedir.

3. Uygulama

Afyonkarahisar ve çevresinde bulunan TUTGA noktalarından 45 tanesi bu uygulama için seçilmiştir (Şekil 4). Bu noktalardan 18 tanesi Kriging entropolasyon yönteminde ağırlıkların elde edilmesinde ve YSA eğitiminde geri kalan 27 nokta ise test setinde kullanılmıştır.



Şekil 4: Çalışmada kullanılan TUTGA noktaları.

RBFSA modeli; girdi, gizli ve çıktı katmanı olarak tasarlanmıştır. Girdi katmanında 3 adet sinir hücresi bulunmakta olup bunlar noktaların coğrafi koordinatlarıdır (φ , λ , h). Çıktı katmanında ise 1 sinir hücresi bulunmaktadır. Buda noktaya ait jeoid

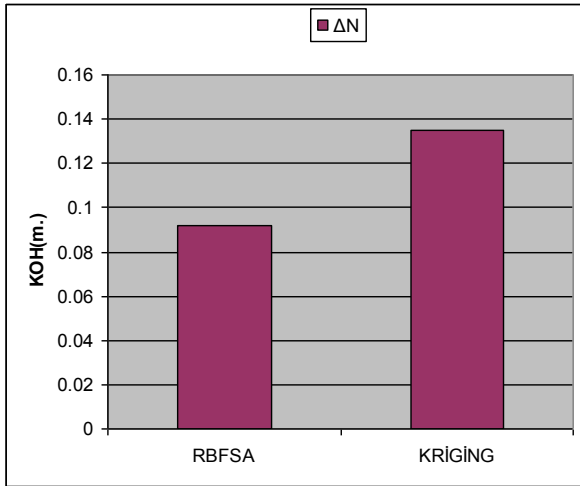
yüksekliği değeridir (N). Gizli katmandaki nöron sayısı deneme yanılma yöntemiyle [3:16:1] olarak belirlenerek RBFSA eğitilmiştir.

Jeoid yüksekliklerinin performansı, noktaların bilinen jeoid yükseklikleri ile Kriging ve RBFSA yöntemleriyle elde edilen jeoid yüksekliklerinin farklarından bulunmuştur. Hesaplanan jeoid yükseklik farklarının (ΔN) performanslarını sunabilmek için minimum ve maksimum değerler, ortalama ve KOH değerleri kullanılmıştır.

Kriging kestirimi ve RBFSA ile elde edilen koordinatlar arasındaki farklar Tablo 1'de ve KOH değerleri de Şekil 5'de verilmiştir.

Tablo 1: Test setine ait yükseklik farkları ve KOH.

HESAPLANAN	Min(m)	Max(m)	Ort.(m)	KOH(m)
RBFSA	ΔN -0,192	0,183	0,085	0,092
KRIGING	ΔN -0,242	0,212	0,104	0,135



Şekil 5: Test setine ait KOH değerleri.

4. Sonuç

Yapılan yükseklik kestiriminde her iki yöntemle de bulunan sonuçlar jeodezik anlamda kullanılabilir düzeyde olmasına karşın RBFSA ile elde edilen sonuçların Kriging kestirimi ile bulunan yüksekliklere göre daha hassas olduğu görülmektedir. Bu sonuç, RBFSA modeliyle jeoid yüksekliklerinin etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Ağın eğitiminde kullanılan noktaların konumları da her iki yöntem için hassasiyete etki eden önemli bir faktördür. Eğitimde kullanılan nokta sayısı Kriging yönteminin

hassasiyeti ile doğru orantılıdır. YSA'ların avantajı ise az nokta sayısı ile de daha hassas sonuçlar üretebilmesidir.

5. Kaynaklar

- Aşık, E., 2013, Lokal jeoid belirlemede yapay sinir ağları ve kriging yöntemlerinin karşılaştırılması, Yüksek lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, 71.
- Barton, J.M.H., Buchberger, S.G. and Lange, M.J. 1999, Estimation of error and compliance in surveys by kriging. *Journal of Surveying Engineering*, **125-2**: 87-108
- Demir, C., 1999, Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999 (TUDKA-99), *Harita Genel Komutanlığı*, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Ankara
- Güllü M., Yılmaz İ., Yılmaz M., Turgut B., 2011, An alternative method for estimating densification point velocity based on back propagation artificial neural Networks, *studies geophysics et geodaticas*, **55(1)**, 73-86.
- Graupe, D., 2007. Principles of Artificial Neural Networks. *World Scientific Publishing*, Singapore.
- Haykin, S., 1999. Neural Networks: A Comprehensive Foundation. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Lippmann, R.P., 1987. An introduction to computing with neural nets. *IEEE ASSP Magazine*, **4**: 4-22.
- Tierra A., Dalazoana R., De Freitas S., 2008, Using an artificial neural network to improve the transformation of coordinates between classical geodetic reference frames, *Computer and Geosciences*, **34**, 181-189.
- Yılmaz İ., Güllü M., Yılmaz M., Dereli M.A., 2010, compass roses on the Book of Navigation (Kitab-ı Bahriye) Declination data source for geomagnetic

field models, *Physics of the earth and planetary interiors*,182, 170-174.

Zurada, J.M., 1992. Introduction to Artificial Neural Systems. *West Publishing Company*, St. Paul, MN.