

Gravite Değerlerinin Geri Yayımlı Yapay Sinir Ağları ile Hesaplanması**Bayram TURGUT**¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.
e-posta: bturgut@aku.edu.tr

Geliş Tarihi: 01.09.2016 ; Kabul Tarihi: 01.12.2016

Özet

İnsanoğlu var olduğu günden itibaren dünyanın şekli, yüzeydekiler ve içindekiler hakkında bilgi edinmek için birçok araştırma yapmıştır. Tarih boyunca, Dünyanın şekli tepsi, yumurta vb. değişik nesnelere benzetilmiştir. Bilimsel ve teknik çalışmaların ışığında Dünyanın şeklinin matematiksel ve fiziksel olarak ifade edilebilen jeoid olduğu sonucuna varılmıştır. Jeoid belirlemede kullanılan yöntemlerden birisi de gravite değerleri ile jeoid belirleme yöntemidir. Bu çalışmanın amacı, Geri Yayımlı Yapay Sinir Ağlarının (GYSA) gravite değerlerinin hesaplanmasında kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır. Amerika Birleşik Devletlerindeki 6 eyalette bulunan istasyonlardan elde edilen 23 adet yersel gravite değerlerinin GYSA ve Global Jeopotansiyel Model (GJM) yardımıyla hesaplanması yapılacaktır.

Anahtar kelimeler

Gravite; jeoid; Geri yayımlı yapay sinir ağı; EGM2008.

The Estimation of Gravity Values by the Back Propagation Artificial Neural Networks**Abstract**

Since the days of mankind, many studies have been done to obtain information about the shape, surface, and the contents of the world. Throughout the history, the shape of the world is likened to objects like a tray and egg. In the light of scientific and technical studies, it is concluded that the shape of the Earth is geoid, which can be expressed mathematically and physically. One of the methods used for determining geoid is geoid determination method with gravity values. The objective of this study is to investigate the utility of the Back Propagation Artificial Neural Networks (BPANN) for the calculation of gravity values. 23 terrestrial gravity values obtained from the stations located in 6 states in the United States of America will be calculated with the use of BPANN and Global Geopotential Model (GGM).

Keywords

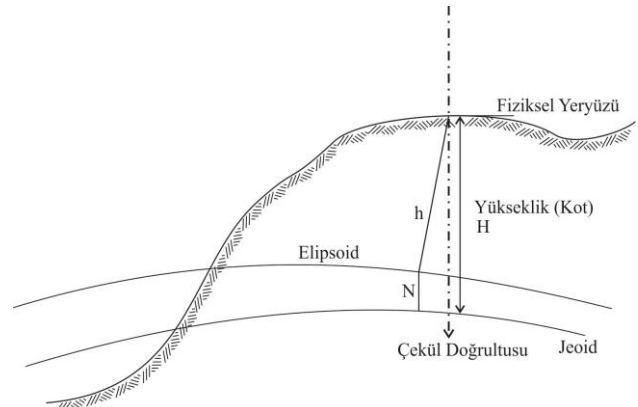
Gravity; Geoid; back propagation artificial neural Networks; EGM2008

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Yeryuvarının şekli, büyüklüğü ve boyutu hakkında bilgi edinme çaba ve merakı insanlığın var olduğundan bu yana artarak devam etmiştir. Günümüzde ise yeryuvarının modellenmesi diğer bir deyişle jeoidin belirlenmesi problemi yıllarca bilim adamlarının üzerinde çalıştıkları jeodezinin önemli problemlerinden biri olmuştur. Jeoidin belirlenmesi; yatayda jeodezik konumu bilinen bir

noktada referans olarak alınan elipsoid ile jeoid

**Şekil 1: Jeoid ve elipsoid arasındaki ilişki**

arasındaki farklılığın yani jeoit ondülasyonlarının yada sözü edilen noktada elipsoid ve jeoid normalleri arasındaki açısal farkların (çekül sapmalarının) sayısal veya grafik olarak elde edilmesi için elde edilen verilerin modellenmesidir (Şekil 1).

Jeoid belirleme yöntemleri;

-Gravite ölçmeleri.

-Astrojeodezik yöntemler.

-Uydu altimetresi

-Gravite alanı modelleri

-Global jeopotansiyel modeller

-Yüzey modelleme teknikleri ve ölçü değerleri ile jeoid belirleme

-Kombine yöntemler

-GPS-Nivelman

-Astrojeodezik-Nivelman-Gravimetrik

-GPS-Nivelman-Gravimetrik

-GPS-Gravimetrik

şeklinde sınıflandırılabilir (Akçin, 2001).

Yerel jeoid belirlenmesinde kullanılan gravite değerlerinin ölçülmesi bir hayli maliyetli olduğundan gravite değerleri bilinen noktalar yardımıyla yeni noktaların gravite değerlerinin hesaplanması sıkça başvurulan yöntemlerden birisidir. Esnek hesaplama yöntemlerinden birisi olan Yapay Sinir Ağları (YSA) mesleğimizin çoğu alanında yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır (Tierra ve ark. 2008; Yılmaz ve ark. 2010; Güllü ve Yılmaz 2010a; Güllü, 2010b; Güllü ve ark. 2011b; Aşık, 2013). Bu çalışmada gravite değerleri YSA ve Global Jeopotansiyel Model (GJM) ile hesaplanarak hassasiyetleri hakkında bilgi verilecektir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada gravite değerleri, GJM ve Geri Yayılımlı Yapay Sinir Ağı (GYSA) yardımıyla hesaplanacaktır.

2.1. Global Jeopotansiyel modeller

GJM'ler değişik dalga boylarında yerin gravite alanını ifade eden küresel harmonik katsayılarından oluşur. Gravite değeri;

$$g = \sqrt{[W_{ar} + \Phi_r]^2 + \left[\frac{1}{r \cos \varphi} (W_{a\lambda} + \Phi_\lambda) \right]^2 + \left[\frac{1}{r} (W_{a\varphi} + \Phi_\varphi) \right]^2} \quad (1)$$

eşitliği ile elde edilir. Bu eşitlik küresel harmoniklerden hesaplanır. Bağntı (1) de geçen küresel harmonikler;

$$W_{ar} = -\frac{GM}{r^2} \sum_{l=0}^{l_{\max}} \left(\frac{R}{r} \right)^l (l+1) \sum_{m=0}^l P_{lm}(\sin \varphi) (C_{lm}^W \cos m\lambda + S_{lm}^W \sin m\lambda) \quad (2)$$

$$W_{a\lambda} = \frac{GM}{r} \sum_{l=0}^{l_{\max}} \left(\frac{R}{r} \right)^l \sum_{m=0}^l m P_{lm}(\sin \varphi) (S_{lm}^W \cos m\lambda - C_{lm}^W \sin m\lambda)$$

$$W_{a\varphi} = \frac{GM}{r} \sum_{l=0}^{l_{\max}} \left(\frac{R}{r} \right)^l \sum_{m=0}^l \frac{\partial P_{lm}(\sin \varphi)}{\partial \varphi} (C_{lm}^W \cos m\lambda + S_{lm}^W \sin m\lambda)$$

bağntıları yardımıyla hesaplanır. Merkezkaç potansiyeli ise ;

$$\Phi_r = \omega^2 r (\cos \varphi)^2$$

$$\Phi_\lambda = 0 \quad (3)$$

$$\Phi_\varphi = -\omega^2 r^2 \cos \varphi \sin \varphi$$

eşitlikleri ile bulunur. Eşitliklerde geçen (r, φ, λ) hesaplanmak istenen noktanın küresel jeosentrik koordinatları, GM yer çekimi sabiti, R referans yarıçapı, (l, m) küresel harmoniğin derece ve sırası, P_{lm} tam normalleştirilmiş Legendre fonksiyonları, (C_{lm}^W, S_{lm}^W) Stokes katsayıları, ω dünyanın açısal dönme hızıdır (Barthelmes, 2013).

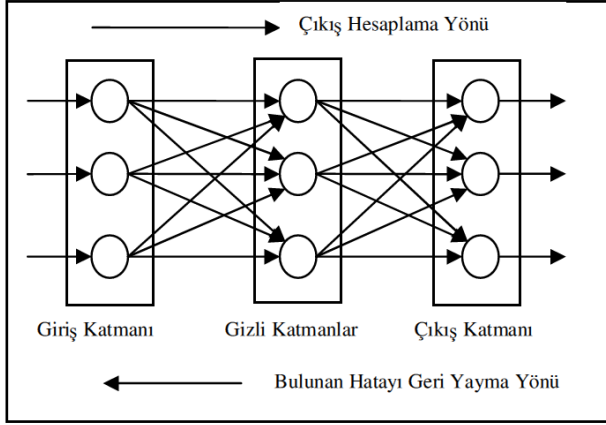
2.2. Yapay sinir ağları

YSA sebep sonuç ilişkisi esasına dayanan esnek bir hesaplama yöntemidir. Matematiksel olarak ifade edilemeyen problemlerin çözümünde kullanılır. YSA, birçok nörondan meydana gelen biyolojik sinir sistemlerinin, matematiksel modelidir (Lippmann 1987).

YSA artık çoğu araştırmacının tercih ettiği bir hesaplama yöntemi haline gelmiştir. Bunun sebebi çoğu bilimsel makalelerde ifade edilen doğruluğudur. YSA'lar ileri ve geri yayılımlı, kullandıkları öğrenme algoritmasına göre de; danışmanlı, danışmansız ve takviyeli öğrenme olarak sınıflandırılabilir.

2.2.1. Geri yayılımlı yapay sinir ağı

Günümüzde yaygın olarak kullanılan GYSA esnek yapısı, yüksek öğrenme kapasitesi ile farklı problemlere uygulanabilen danışmanlı ve çok katmanlı bir YSA modelidir (Haykin 1999; Graupe 2007)



Şekil 2: Geri yayımlı yapay sinir ağı

GYSA, N tane girdi nöronu, q tane gizli nöron ve N tane çıktı nöronundan oluşan (Şekil 2) GYSA modelinin çıktı değeri (y_i);

$$y = f\left(\sum_{j=1}^q W_j f\left(\sum_{i=1}^N W_{j,i} x_i\right)\right) \quad (4)$$

Olur. W_j gizli katman ile çıktı katmanı arasındaki ağırlık, $W_{j,i}$ girdi katmanı ile gizli katman arasındaki ağırlık ve x_i girdi değeridir. Aktivasyon fonksiyonu olarak da YSA'da en sık kullanılan sigmoid fonksiyonu;

$$f(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad (5)$$

kullanılmaktadır GYSA'nın eğitiminde en yaygın olarak kullanılan öğrenme kuralı delta kuralıdır.(Haykin 1999).

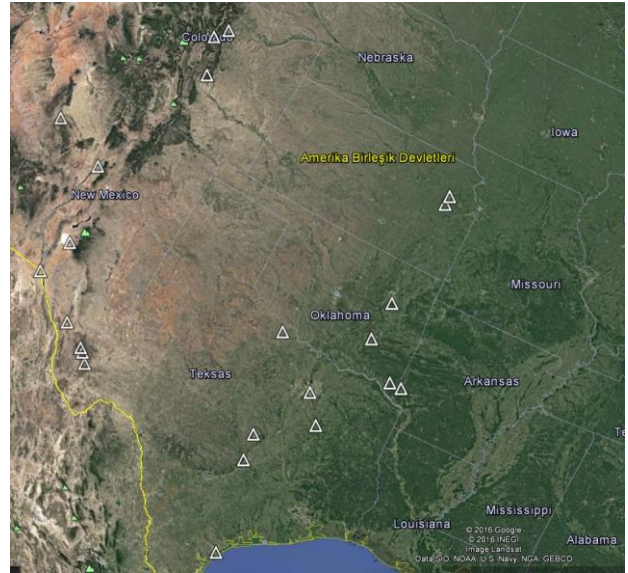
Ağ her iki sistemde bilinen girdi ve çıktı değerleri yardımıyla istenilen hassasiyete ulaşmaya kadar eğitilir. Elde edilen ağırlık katsayıları test noktalarına uygulanarak hesaplama sonlandırılır. GYSA'da performans ölçütü olarak karesel ortalama hata (KOH) kullanılmıştır.

$$KOH = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i^{kesin} - y_i^{ck})^2} \quad (6)$$

N girdi sayısını, y_i^{kesin} bilinen değeri, y_i^{ck} ağ tarafından üretilen değeri göstermektedir.

3. Uygulama

Bu uygulamada Amerika Birleşik Devletleri Texas, Oklahoma, Arkansas, New Mexico, Kansas ve Colorado eyaletinde bulunan 23 adet gravite istasyonuna (İnt.K. 1) ait ölçü değerleri kullanılmıştır (Şekil 3). Bu gravite değerlerinden 13 tanesi YSA eğitiminde geri kalan 10 gravite değeri de test işleminde kullanılmıştır. Ayrıca test edilen 10 noktanın gravite değerleri, Uluslararası Global Yersel Modelleri (ICGEM) internet sitesindeki hesaplama modülü yardımıyla (İnt.K. 2) Dünya Gravite Modeli-2008 (EGM2008) modelinde elde edilmiştir.



Şekil 3: Çalışmada kullanılan gravite noktaları

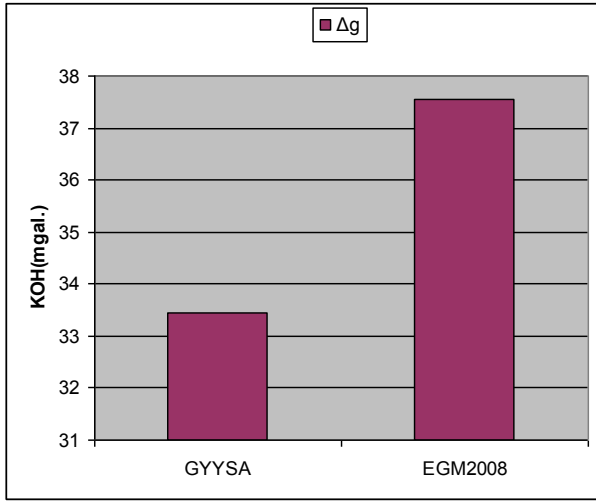
GYSA modeli; girdi, gizli ve çıktı katmanı olarak tasarlanmıştır. Girdi katmanında 3 adet sinir hücresi bulunmakta olup bunlar noktaların koordinatlarıdır (ϕ , λ , H). Çıktı katmanında ise 1 sinir hücresi bulunmaktadır. Buda noktaya ait gravite değeridir (g). Gizli katmandaki nöron sayısı deneme yanılma yöntemiyle [3:19:1] olarak belirlenerek GYSA eğitilmiştir.

Bulunan gravite değerlerinin performansı, istasyonlarda ölçülen gravite değerleri ile EGM2008 modelinde ve GYSA yöntemleriyle elde edilen gravite değerlerinin farklarından bulunmuştur.

Hesaplanan gravite farklarının (Δg [mgal]), maksimum değerler (+, -), ortalama ve KOH değerleri Tablo 1’de verilmiştir. Bu tablodan elde edilen KOH değerleri de Şekil 4’de verilmiştir.

Tablo 1: Test setine ait gravite farkları ve KOH

HESAPLANAN		Max(-)	Max(+)	Ort.	KOH
GYRSA	Δg (mgal)	36.259	48.412	11.325	33.432
EGM2008	Δg (mgal)	44.387	57.316	14.118	37.555



Şekil 4: Test setine ait KOH değerleri.

4. Sonuç

Yapılan gravite değerlerinin hesaplanmasında EGM2008 ile hesaplanan değerler ile GYRSA ile elde edilen değerler birbirine yakın olmasına karşın GYRSA ile bulunan değerlerin gerçek değerlere daha yakın olduğu görülmektedir. GYRSA’da bulunan KOH değeri 33.432 mgal iken EGM2008 den hesaplan KOH değeri 37.555 mgal dir. Bu farklar maksimum değerlerde de görülmektedir.

5. Kaynaklar

Akçin H., 2001, Jeoit kavramı ve belirleme teknikleri üzerine bir inceleme, Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi,4, 37-50.

Aşık, E., 2013, Lokal jeoit belirlemede yapay sinir ağları ve kriging yöntemlerinin karşılaştırılması, Yüksek

lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, 71.

Barthelmes F. 2013. Definition of functionals of the geopotential and their calculation from spherical harmonic models, Theory and formulas used by the calculation service of the International Centre for Global Earth Models (ICGEM). *Scientific Technical Report (Revised Edition), STR09/02*

Güllü, M., 2010b. Coordinate transformation by radial basis function neural network. *Scientific Research and Essays*, 5-5: 440-447.

Güllü, M., Yılmaz, İ., Yılmaz, M. and Turgut, B. 2011a. An alternative method for estimating densification point velocity based on back propagation artificial neural networks. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 55: 73-86.

Güllü M., Yılmaz İ., Yılmaz M., Turgut B., 2011b, An alternative method for estimating densification point velocity based on back propagation artificial neural Networks, *studies geophysica et geodatica*, 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.

İnternet Kaynakları

- 1- <http://gis.utep.edu/PACES.html>, 09.08.2016
- 2- <http://icgem.gfz-potsdam.de/ICGEM>,
25.08.2016