

POLİNOMLARLA VE BULANIK MANTIK İLKELERİNE GÖRE GEOİT BELİRLEMENİN PRESİZYONA ETKİSİ

M. Yılmaz¹, E. Arslan²

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Jeodezi Anabilim Dalı, İstanbul, yilmazmeh@itu.edu.tr

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Jeodezi Anabilim Dalı, İstanbul, earslan@srv.ins.itu.edu.tr

ÖZET

Geoit belirleme, uydu teknolojilerinin gittikçe artan oranda kullanımlarının ve presizyonlarının artması ile jeodezik çevrelerde gittikçe önem kazanmıştır. Çünkü geoit uydularla belirlenen elipsoidal yükseklik (h) ile nivelman ölçmeleri ile belirlenen ortometrik yükseklik (H) arasındaki doğal bir bağlıdır. Geoit belirleme yöntemlerinden birisi olan GPS/Nivelman yöntemine göre geoit yüksekliklerini veri olarak kullanan polinomlar ve bulanık mantık ilkeleri hesap kolaylığı ve sağladıkları presizyon nedeni ile tercih edilmektedirler. Bu çalışmada istanbul içindeki 200 nokta polinom katsayılarının belirlenmesi ve bulanık modelin oluşturulması için, 50 nokta ise hesaplamaların test edilmesi için kullanılmıştır. İki hesaplama yöntemi karşılaştırıldığında bulanık mantık ilkelerinin daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Bulanık mantık, geoit belirleme, GPS/nivelman, polinom katsayıları ile geoit belirleme.

ABSTRACT

THE EFFECT OF GEOID DETERMINATION ACCORDING TO POLYNOMIALS AND PRINCIPALS OF FUZZY LOGIC TO PRECISION

Geoid determination became one of the most important problem in geodetic community by increasing usage of and precision of satellite techniques. The reason for this is geoid height is the only tie between ellipsoidal height obtained by satellite measurement and orthometric height obtained by levelling. Polynomial coefficient and principals of fuzzy logic use geoid height obtained according to GPS/levelling which is one of geoid determination method as data is preferred because of their easy of calculation and precision. In this study 200 points in İstanbul used to determine polynomial coefficients and to construct fuzzy model, 50 points are used to test of calculations. When the two calculations are compared, it is seen that principals of fuzzy logic gives better results.

Keywords: Fuzzy logic, geoid determination, GPS/levelling, geoid determination by polynomial coefficients.

1. GİRİŞ

Geoit belirleme, uydu teknolojilerinin gittikçe artan oranda kullanımlarının ve presizyonlarının artması ile jeodezik çevrelerde gittikçe önem kazanmıştır. Çünkü geoit uydularla belirlenen elipsoidal yükseklik (h) ile nivelman ölçmeleri ile belirlenen ortometrik yükseklik (H) arasındaki doğal bir bağlıdır. Eğer geoit yüksekliği (N) presizyonlu bir şekilde belirlenebilirse, elipsoidal yükseklikten ortometrik yükseklik yada ortometrik yükseklikten elipsoidal yükseklik kolayca belirlenebilir.

Geoit yeryuvarının gravite alanına en iyi uyan bir eşpotansiyel yüzeydir, en küçük kareler anlayışı ile global ortalama deniz seviyesidir. Jeodezik ölçmelerde, noktaların jeodezik koordinatlarının hesabı, ölçme bölgesindeki yeryuvarının şekline ve büyüklüğüne büyük ölçüde yakınsayan bir elipsoit üzerinde yapılır. Ölçme aletleri ile fiziksel yeryüzü üzerinde yapılan ölçmeler ise geoitle ilgilidir. Elipsoit matematiksel olarak tanımlanan düzenli bir yüzeydir. Öteyandan geoit düzensiz bir yüzeydir. Bu nedenle bu iki yüzey çakışmaz. İki yüzey arasındaki farka geoit ondülasyonu, geoit yüksekliği yada geoit ayrımı denir ve N ile gösterilir. Geoit gravite potansiyelinin her yerde eşit olduğu ve gravitenin yönüne daima dik olan bir yüzeydir(Grafarend, 1994)..

Geoit belirleme, yatay konumu bilinen bir noktada, geoit yüksekliğinin sayısal veya analog olarak elde edilmesini sağlayacak biçimde verilerin modellendirilmesidir. Geoit modelleri lokal, bölgesel veya global alanlar için geliştirilebilir.

2. GPS / NİVELMAN YÖNTEMİ İLE GEOİTİN BELİRLENMESİ

Global Konum Belirlemenin (GPS) jeodezi alanındaki etkisi büyük olmuştur. Geçmişte koordinatları elde etmek için birbirini gören noktalara ve bu noktalarda ölçme yapmak için kullanılan aletlerle çalışılırdı. GPS’le yer noktalarının birbirini görme zorunluluğu ortadan kalkmıştır ve daha uzun kenarlarla ölçme ve değerlendirme yapılabilmektedir.

Bununla birlikte GPS ile elde edilen yükseklikler geleneksel yükseklik ölçme yöntemleri (nivelman) ile elde edilen yüksekliklerden farklı bir yükseklik sistemindedir. GPS verilerinden elipsoidal yükseklik h kolaylıkla elde edilebilir. Bu yükseklik yeryuvarının basit bir elipsoid modelinin üstünde yada altındadır ve elipsoidal yükseklik (h) olarak adlandırılır. Nivelman ölçmeleri ise ortometrik yükseklik olarak adlandırılır (H)ve bu ortometrik yükseklik ortalama deniz seviyesine göre belirlenir. Bu iki yükseklik sistemi arasındaki ilişki aşağıdaki eşitlikle ifade edilir.

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

burada, N geoit yüksekliğidir. Yukarıdaki eşitlik GPS / Nivelman yöntemine göre geoit belirleme yöntemini ifade eder (Ollikainen, 1997). Eğer bir noktada ortometrik yükseklik (H) ve elipsoidal yükseklik (h) biliniyorsa geoit yüksekliği (N) kolaylıkla bulunabilir.

Son yıllarda GPS/nivelman yöntemine göre elde edilmiş geoit yükseklik değerlerini veri olarak kullanan polinom ve bulanık mantık ilkelerine göre geoit yüksekliğini belirleme çalışmaları hesap kolaylığı ve presizyonlu sonuçlar vermesi bakımından tercih edilmektedirler.

3. POLİNOMLARLA GEOİT YÜKSEKLİKLERİNİN HESABI

GPS / Nivelman verilerinden geoid belirlemede, pratik uygulanabilirlik ve sayısal sonuçların elde edilmesi açısından bir enterpolasyon yöntemi olan “çok parametrelili polinomlarla regresyon” yöntemi ile geoit belirleme seçilmiştir. Model

$$\begin{aligned} X &= k * (\varphi_i - \varphi_0) \\ Y &= k * (\varphi_i - \varphi_0) \end{aligned} \quad (2)$$

alınarak geoit yüksekliği, İstanbul için $\varphi_0 = 41.19968$, $\lambda_0 = 28.87309$ ve $k = 100/\rho^\circ$ alınarak her nokta için

$$\begin{aligned} N &= A_{00} + A_{10}X + A_{01}Y + A_{20}X^2 + A_{11}XY + A_{02}Y^2 + A_{30}X^3 + A_{21}X^2Y + \\ &A_{12}XY^2 + A_{03}Y^3 + A_{40}X^4 + A_{31}X^3Y + A_{22}X^2Y^2 + A_{13}XY^3 + A_{04}Y^4 + A_{50}X^5 \\ &+ A_{41}X^4Y + A_{32}X^3Y^2 + A_{23}X^2Y^3 + A_{14}XY^4 + A_{05}Y^5 + A_{60}X^6 + A_{51}X^5Y \\ &+ A_{42}X^4Y^2 + A_{33}X^3Y^3 + A_{24}X^2Y^4 + A_{15}XY^5 \end{aligned} \quad (3)$$

Bir beşinci derece polinomu olarak ifade edilebilir. (Ayan vd., 1999).

4. BULANIK MANTIK İLKELERİNE GÖRE GEOİT YÜKSEKLİKLERİNİN HESABI

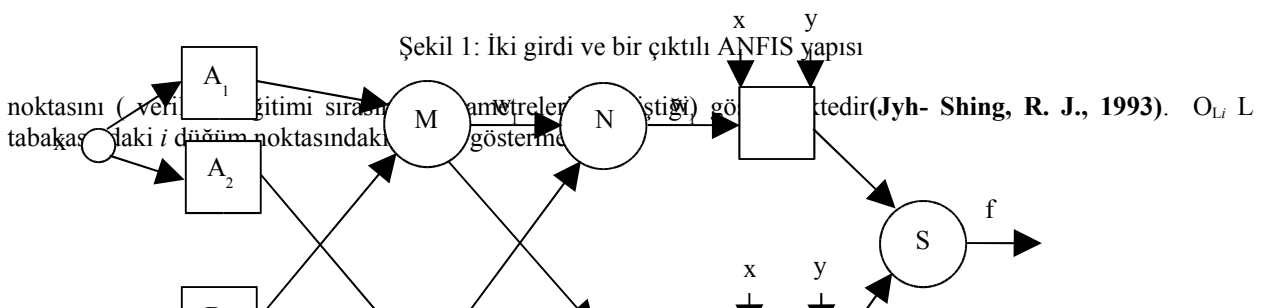
Bulanık mantık ilkelerine göre geoit hesabı, hesap kolaylığı ve presizyonlu sonuçlar vermesi nedeni ile Matlab ticari yazılımının altındaki bulanık mantık modülü içindeki ANFIS editörü kullanılarak Sugeno yöntemine göre hesaplar yapılmıştır.

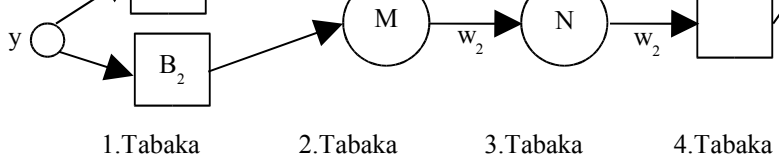
ANFIS yapısını göstermek için 2 bulanık kurallı bir Sugeno bulanık modelini ele alalım.

Kural 1: eğer ($x=A_1$) ve ($y=B_1$) ise $f_1=p_1x+q_1y+r_1$

Kural 2: eğer ($x=A_2$) ve ($y=B_2$) ise $f_2=p_2x+q_2y+r_2$

bu iki kurallı uygulamak için olası ANFIS yapılarından birisi Şekil 5.6’da görülmektedir. Daire sabit bir düğüm noktasını, kare ise uyarlanabilir bir düğüm





1. Tabaka: bu tabakadaki bütün düğüm noktaları uyarlanabilir. i düğüm noktalarında bulanık üyelik fonksiyonu (MF) ile gösterilen girdilerin üyelik dereceleridir ve

$$\begin{aligned} O_{1,i} &= \mu_{A_i}(x) & i=1,2 \\ O_{1,i} &= \mu_{B_{i-2}}(y) & i=3,4 \end{aligned} \quad (4)$$

A_i ve B_i herhangi bir bulanık küme olabilir. Örneğin eğer çan üyelik fonksiyonu kullanılırsa

$$\mu_{A_i}(x) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{x - c_i}{a_i} \right)^2 \right]^{b_i}} \quad i=1,2 \quad (5)$$

a , b ve c üyelik fonksiyonu için parametrelerdir.

2. Tabaka: bu tabakadaki düğüm noktaları sabittir. Bu düğüm noktaları basit bir çarpan rolüne sahip oldukları için M ile isimlendirilmişlerdir. Bu düğüm noktalarının sonuçları

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{A_i}(x)\mu_{B_i}(y) \quad i=1,2 \quad (6)$$

Bu tabakadaki herbir düğüm noktasının çıktısı kuralın ağırlığı olarak adlandırılır.

3. Tabaka: Bu tabakadaki düğüm noktaları da sabittir. Önceki tabakadan gelen ağırlıkların normlandırılması işlemi yapıldığından N ile gösterilmiştir. Bu tabakadaki herbir düğüm noktasının çıktısı

$$O_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2} \quad i=1,2 \quad (7)$$

4.Tabaka: bu tabakadaki düğüm noktaları uyarlanabilir. Her bir düğüm noktasının çıktısı normlandırılmış ağırlık ile birinci derece polinomun basitçe çarpımıdır.

$$O_{4,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad i=1,2 \quad (8)$$

burada p , q ve r bulanık kural ile ilgili sonuç parametreleridir.

5.Tabaka: Bu tabaka da sadece bir düğüm noktası vardır ve basit bir toplama işlemi yapıldığı için S ile gösterilmiştir. Bu tek düğüm noktasının çıktısı ise

$$O_{5,i} = f = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad i=1,2 \quad (9)$$

1. tabaka girdi üyelik fonksiyonlarına ilişkin 3 uyarlanabilir parametreye (üyelik fonksiyonlarına ait a , b ve c) sahiptir. Bu parametreler öncül parametreler olarak adlandırılırlar. 4. tabaka da 1. derece polinoma ilişkin 3 uyarlanabilir parametreye (p , q ve r) sahiptir ve bu parametrelere de soncul parametreler denir(Akyılmaz O. vd., 2001).

5. KULLANILAN VERİLER

Hesaplamalarda İstanbul ili sınırları içine dağılmış olan ve enlem, boylam ve geoit yükseklikleri GPS/nivelman yöntemine göre belirlenmiş olan 200 nokta polinom katsayılarının belirlenmesinde ve bulanık modelin oluşturulmasında kullanılmıştır. Hesaplamalarda kullanılmayan 50 nokta ise hesapların kontrol edilmesi için test noktaları olarak seçilmiştir.

6. SAYISAL UYGULAMA

6.1. Polinom katsayıları ile geoit yüksekliğinin hesabı

İstanbul içine dağılmış 200 noktanın GPS/nivelman yöntemine göre geoit yükseklikleri ile 5. derece anlamlı polinom katsayıları (bütün ölçülerin ağırlıkları eşit alınarak) elde edilmiş ve bu polinom katsayıları ile 200 hesap noktasında ve 50 test noktasında geoit yükseklikleri hesaplanmıştır. Elde edilen bu geoit yüksekliklerinin GPS/nivelman yöntemine göre hesaplanmış geoit yüksekliklerinden olan maksimum, minimum düzeltme ve fark değerleri, düzeltmelerin ve farkların mutlak değerlerinin ortalaması, iç ve dış doğruluk değerleri (model ve test noktalarındaki karesel ortalama hata değerleri) Tablo 1’de gösterilmiştir.

200 nokta polinom		200 nokta polinom (50 test noktası)	
	N (m)	N (m)	
Max.düzel.	0.0890	0.0990	Max. Fark
Min.düzel.	-0.0970	-0.0940	Min. Fark
Hata ortal.	0.0328	0.0291	Farkl. Ort.
m_{oi} (k.o.h)	0.0393	0.0391	m_{od}

Tablo 1: 200 nokta ile elde edilmiş polinom katsayıları ile elde edilen geoit yükseklikleri (200 model ve 50 test noktasında) ile GPS/nivelman yöntemine göre geoit yükseklikleri arasındaki maksimum, minimum düzeltme ve fark değerleri, düzeltmelerin ve farkların mutlak değerlerinin ortalaması ve iç ve dış doğruluk değerleri (m biriminde)

Tablo 1’de görüldüğü gibi model ve test noktalarının karesel ortalama değerleri arasında neredeyse fark yoktur.

6.2. Bulanık mantık ilkelerine göre geoit yüksekliğinin hesabı

Bulanık mantık ilkelerine göre 200 nokta kullanılarak model oluştururken enlem ve boylam değerleri 8’er alt bölgeye ayrılmıştır. Üçgen üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. Verilerin eğitilmesine imkan sağladığı ve hesap kolaylığı açısından matlab programının bulanık mantık modülü içindeki ANFIS editörü kullanılarak Sugeno yöntemine göre çözüm yapılmıştır. Oluşturulan bulanık model ile 200 model ve 50 test noktalarının geoit yükseklikleri hesaplanmış ve GPS/nivelman yöntemine göre hesaplanmış geoit yüksekliklerinden olan maksimum, minimum düzeltme ve fark değerleri, düzeltmelerin ve farkların mutlak değerlerinin ortalaması, iç ve dış doğruluk değerleri Tablo 2’de görülmektedir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Son yıllarda GPS ölçmelerinin presizyonunun artması elipsoidal yüksekliklerin kolayca elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Nivelman ölçmelerinden elde edilen ortometrik yükseklikler ile elipsoidal yükseklikler arasındaki uyumu sağlamak için iki yükseklik sistemi arasındaki geoit yüksekliğinin presizyonlu bir şekilde elde edilmesi

200 nokta Bulanık Model		200 nokta Bulanık Model (50 test noktası)	
A.K.S.=8	N (m)	N (m)	
Max.düzel.	0.0714	0.0839	Max. Fark
Min.düzel.	-0.0587	-0.0787	Min. Fark
Hata ortal.	0.0156	0.0271	Farkl. Ort.
m_{oi} (k.o.h)	0.0207	0.0348	m_{od}

Tablo 2: 200 nokta ile oluşturulmuş bulanık model ile elde edilen geoit yükseklikleri (200 nokta ve 50 test noktasında) ile GPS/nivelman yöntemine göre geoit yükseklikleri arasındaki maksimum, minimum düzeltme ve fark değerleri, düzeltmelerin ve farkların mutlak değerlerinin ortalaması ve iç ve dış doğruluk değerleri (m biriminde)

gerekmektedir. GPS/nivelman yöntemine göre elde edilmiş geoit yükseklikleri kullanılarak polinom katsayıları ve bulanık mantık ilkelerine yatay koordinatları bilinen bir noktadaki geoit yüksekliğinin kolayca elde edilebilir.

Polinom katsayıları ve bulanık mantık ilkelerine göre geoit yükseklikleri hesaplandığında bulanık mantık ilkelerine göre iç doğruluk değeri ± 2.07 cm olarak bulunmuş polinom katsayıları ile yapılan hesapta ise iç doğruluk değeri ± 3.93 cm olarak elde edilmiştir. Dış doğruluk değerleri her iki yöntem için sırası ile ± 3.48 cm ve ± 3.91 cm olarak bulunmuştur. Polinom katsayıları ile yapılan hesaplamada iç ve dış doğruluk değerleri birbirine çok yakın çıkmasına karşın bulanık mantık ilkelerine göre yapılan hesapta ise iç doğruluk değeri dış doğruluk değerinden oldukça küçük çıkmıştır. İç ve dış doğruluk değerlerinden anlaşılacağı üzere bulanık mantık ilkeleri ile geoit yüksekliği polinomlarla yapılan hesaptan daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Ayan T., Aksoy A., Çelik R.N., Deniz R., Arslan E., Özşamlı C., Denli H.,Erol S., Özöner B.,** 1999. *İstanbul GPS Nirengi Ağı (İGNA) Teknik Rapor*, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Jeodezi Anabilim Dalı, İstanbul, Kasım.
- Akyılmaz O., Ayan T., Özlüdemir T.,** 2003. *Geoid surface approximation by using Adaptive Network based Fuzzy Inference Systems*, AVN 2003 s. 308-315.
- Grafarend, E. W.,** 1994. *What is geoid?*, Geoid and its geophysical interpretations, edited by Petr Vanicek and Nikolas T.Christou, Chapter 1, CRC press.
- Jyh- Shing, R. J.,** 1993. *ANFIS: adaptive – network based fuzzy inference system*, IEEE Transactions on systems, man, and sybernetic, **23**, No:3, s. 665-685
- Ollikainen M.,** 1997. *Determination of Orthometric Heights Using GPS Levelling*, Finnish Geodetic Institute, No:123, Kirkkonummi.