

**Makale
(Article)**

Bulanık Mantık ile Hesaplanan Geoid Yüksekliğine Nokta Yüksekliklerinin Etkisi

Mehmet YILMAZ*,

Harran Üniversitesi Müh.Fak. Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Böl., 63100 Şanlıurfa/TÜRKİYE

mehmetyilmaz40@gmail.com

Özet

Elipsoidal yükseklik ile ortometrik yükseklik arasındaki farka geoid yüksekliği denir. Ortometrik yükseklik geoidden itibaren çekül doğrultusu boyunca yükseklik ölçmeleri ile belirlenir. Öte yandan elipsoidal yükseklik, büyüklüğü ve şekli tanımlanan (WGS84 gibi) bir elipsoidde elipsoid normalinden itibaren ölçülür ve GPS, GLONASS gibi uydu teknikleri ile belirlenir. Uydu teknikleri ve ölçmeleri alanındaki gelişmeler sayesinde elipsoidal yükseklik ortometrik yüksekliği göre daha ucuz ve kolay bir şekilde belirlenebilmektedir. Bu yüzden, bu iki yükseklik sistemleri arasındaki dönüşüm parametresi olan geoid yüksekliğinin belirlenmesi çok önemlidir. Eğer bir bölge için geoid yüksekliği presizyonlu bir şekilde belirlenebilirse, ortometrik yükseklikler elipsoidal yüksekliklerden kolayca ve presizyonlu bir şekilde elde edilebilir. Bu nedenle, bu dönüşüm ortometrik yüksekliklerin elde edilmesinde hem paradan hem de zamandan tasarruf yapılmasına imkân sağlar. Diğer mühendislik problemlerinin çözümünde kullanılan yapay sinir ağları ve bulanık mantık gibi esnek hesaplama yöntemleri jeodezik problemlerin çözümünde de kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada, bulanık mantık yöntemine göre geoid hesabının yapılışı açıklanmıştır. Uygulama olarak da İstanbul'daki 200 noktada elde edilmiş veriler kullanılarak ANFIS (Sugeno Fuzzy modeline) göre geoid yüksekliği hesaplanmıştır. Ayrıca her noktanın bulanık modele etkisini araştırmak için sırası ile her nokta bulanık modelden çıkarılarak 200 farklı bulanık model elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Geoid yüksekliği, Bulanık Mantık, ANFIS, Matlab.

The Effect of Point Heights on Geoid Height Estimated by Fuzzy Logic

Abstract

Geoid height is the difference between ellipsoidal height and orthometric height. Orthometric height is obtained with leveling and is measured from geoid along with plumb line. Ellipsoidal height is measured from ellipsoid whose shape and size defined (such as WGS84) along with ellipsoidal normal. Ellipsoidal height is determined by means of satellite techniques such as GPS, GLONASS. Thanks to the improvements of satellite measurements, ellipsoidal height can be determined cheaper and easier than orthometric height. Therefore, it is very important to determine geoid height, a transformation parameters between these two height systems. If geoid height is determined for a region precisely, orthometric height can be determined from ellipsoidal height easily and precisely. Therefore, this saves money and time on orthometric height determination. Soft computing methods such as neural network and fuzzy logic have started to be used to solve determination of geoid height. In this study, it is explained how geoid height determined using fuzzy logic. Geoid height is determined by means of ANFIS (Sugeno Fuzzy model) using 200 data in Istanbul, Turkey. In the study, each point is excluded while the fuzzy model is formed respectively to examine the effect of each point to model. Therefore, 200 different fuzzy models are formed and geoid height obtained with each fuzzy model. Results are obtained and it is shown that fuzzy logic can be used geoid determination.

Keywords : Geoid height, fuzzy logic, ANFIS, Matlab.

Bu makaleye atf yapmak için

Yılmaz M* " Bulanık Mantık ile hesaplanan Geoid Yüksekliğine Nokta Yüksekliklerinin Etkisi" Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2013, 5(1) 61-67

How to cite this article

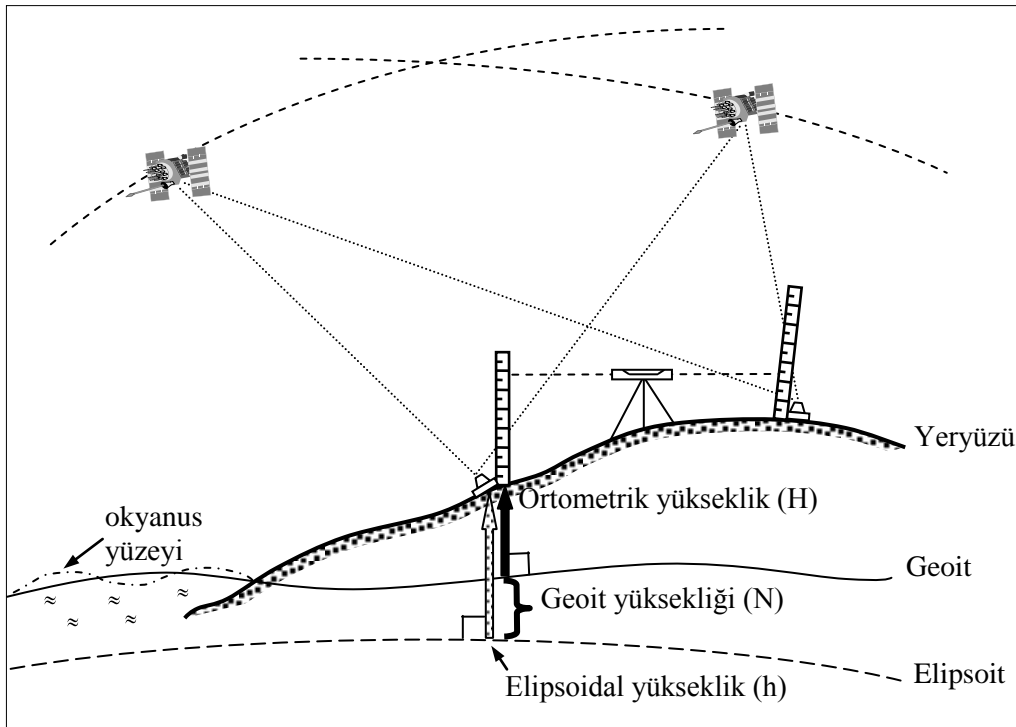
Yılmaz M., " The Effect of Point heights on Geoid Height Estimated by Fuzzy Logic " Electronic Journal of Map Technologies, 2013, 5(1) 61-67

1. GİRİŐ

Son yıllardaki uydu ölçmelerindeki gelişme ve kullanımlarının artması presizyonlu geoid belirlemenin önemini daha da artırmıştır. Uydu ölçmeleri geoidden ziyade boyutları tanımlanmış bir elipsoide göre belirlenen yükseklikleri verir [1]. Uydu ölçmelerinden elde edilmiş elipsoidal yükseklikleri ortometrik yüksekliklere dönüştürmek için, elipsoid ve geoid arasındaki ilişkinin bilinmesi gerekir [2]. Bu ilişki şekil 1 de gösterilmiştir. Elipsoid ve geoid arasındaki ilişki aşağıdaki basit formül ile ifade edilebilir

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

Burada h uydu ölçmelerinden elde edilen elipsoidal yükseklik, H nivelman sonucu elde edilen ortometrik yükseklikler, N geoid yüksekliği ϵ ise çekül sapmasından dolayı gelen küçük miktarı göstermektedir [3].



Şekil 1 : Elipsoid, geoid ve geoid yüksekliği arasındaki ilişki

Esnek hesaplama yöntemlerinin jeodezik problemlerin çözümünde kullanılması son yıllarda artmıştır. Özellikle yapay sinir ağları ve bulanık mantık ile çeşitli jeodezik problemlerin çözümüne ilişkin çalışmalar yapılmıştır[4, 5, 6, 7] Bu çalışmada ise GPS/nivelman yöntemine göre elde edilmiş veriler Uyarlanabilir Yapay Sinir – Bulanık Çıkarım Motoru (ANFIS) kullanılarak bulanık modellerin oluşturulmasında kullanılmıştır. 200 farklı bulanık model oluşturulmuş ve her bir noktanın bulanık modele etkisi araştırılmıştır. Bu nedenle her defasında bir nokta bulanık modelin dışında bırakılmıştır.

2. UYARLANABİLİR YAPAY SİNİR – BULANIK MANTIK ÇIKARIM SİSTEMİ (ANFIS)

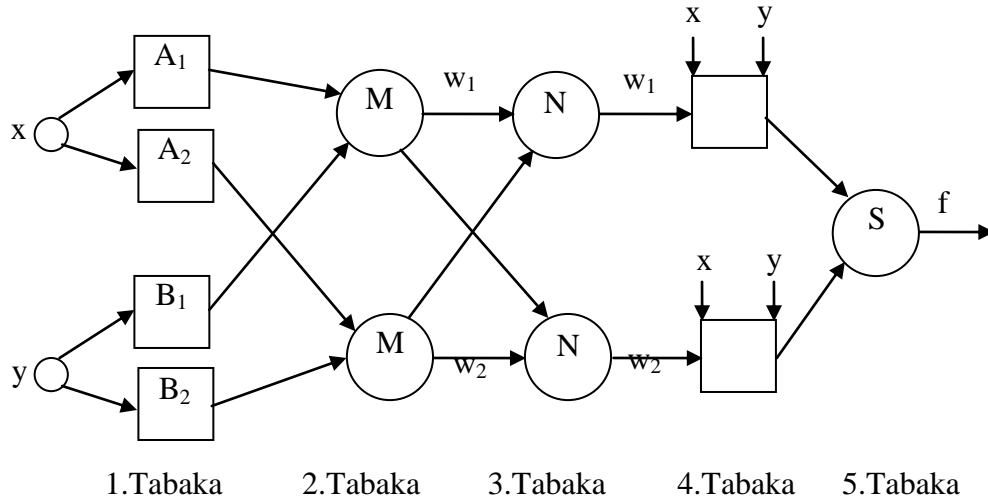
Bulanık mantık kontrolörleri pek çok sayıdaki uygulamaların tasarımında ve iyileştirilmesinde pay sahibi olmuşlardır. Pek çok durumda belirlenmesi güç olan veri miktarı, bulanık mantıkta kullanılan yöntem (Sugeno veya Mamdani), kullanılan bulanık üyelik fonksiyonlarının çeşidi, parametreleri ve bu üyelik fonksiyonlarına ait kurallar kümesinin uyumlu bir biçimde belirlenmesi bulanık mantıkta istenilen

sonuçların elde edilmesi için zor ve kritik bir görevdir. Çoğu uygulamalarda hala deneme ve yanılma şeklinde yapılmaktadır. Bu gerçek uyarlanabilen bulanık sistemlerin önemini vurgulamaktadır [8]. ANFIS Sugeno bulanık modeller öğrenme ve uyarlamayı kolaylaştıran uyarlanabilir sistemlerin çerçevesini çizmektedir. Böyle çerçeveler bulanık mantık kontrolörlerini daha sistematik bir duruma getirir ve böylece uzman bilgisine daha az gereksinim duyulmasını sağlar. 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 2’de görülmektedir. Daire sabit bir düğüm noktasını, kare ise uyarlanabilir bir düğüm



Şekil 2: İki girdi ve bir çıktılı ANFIS yapısı

Noktasını (verilerin eğitimi sırasında parametrelerin değiştiği) göstermektedir. O_{Li} L tabakasındaki i düğüm noktasındaki çıktıyı göstermek üzere

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

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

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

$$\mu_{A_i}(x) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{x - c_i}{a_i} \right)^2 \right]^{b_i}} \quad i=1,2 \quad (3)$$

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

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{A_i}(x)\mu_{B_i}(y) \quad i=1,2 \quad (4)$$

Bu tabakadaki her bir 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 her bir düğüm noktasının çıktısı

$$O_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2} \quad i=1,2 \quad (5)$$

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

$$O_{4,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad i=1,2 \quad (6)$$

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

$$O_{5,i} = f = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad i=1,2 \quad (7)$$

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.

3. KULLANILAN VERİLER

Bu çalışmada kullanılan veriler, İstanbul Metropolitan Alanını kapsayan, 1999 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından EMİ Harita Şirketine yaptırılan, İstanbul GPS Nirengi Ağı 1999 (İGNA-99) Projesi kapsamında üretilen verilerdir [9]. Uygulamada, İGNA projesi kapsamında üretilen, İstanbul ili sınırları içine dağılmış olan, enlem, boylam, ortometrik ve elipsoidal yükseklikleri bilinen 200 nokta kullanılmıştır. Verilerin enlem değerleri $41^{\circ} 29' 11'' > \varphi > 40^{\circ} 45' 11''$ ve boylam değerleri ise $29^{\circ} 41' 50'' > \lambda > 27^{\circ} 57' 36''$ arasında değişmektedir. Ortometrik yükseklikler ise 1.254 m ile 484.981 m arasındadır. Noktalar homojen dağılımda seçilmiştir ve yaklaşık 25 km^2 'ye bir nokta düşmektedir.

4. UYGULAMA

Geoid yüksekliğinin bulanık mantık ile hesaplanmasında izlenen yol şöyledir İlk önce veriler model ve test verileri olmak üzere iki parçaya ayrılır (genelde test verileri toplam verinin %15-20 kadardır) daha sonra verilerin kaç alt bölgeye ayrılacağı ve kullanılacak üyelik fonksiyon çeşiti seçilir ve böylece model verileri kullanılarak bulanık model oluşturulur. Bu oluşturulan bulanık modelin geçerliliğini test etmek için test verilerinin değerleri bulanık modele girdi olarak verilir ve bu noktalara ait geoid yükseklik değerleri elde edilir. Daha sonra model noktalarındaki ve test noktalarında elde edilen karesel ortalama değerleri karşılaştırılır, eğer bu iki değer birbirine yakın ise modelin geçerliliği test edilmiş aksi halde bu model bölge için kullanışlı değildir denir.

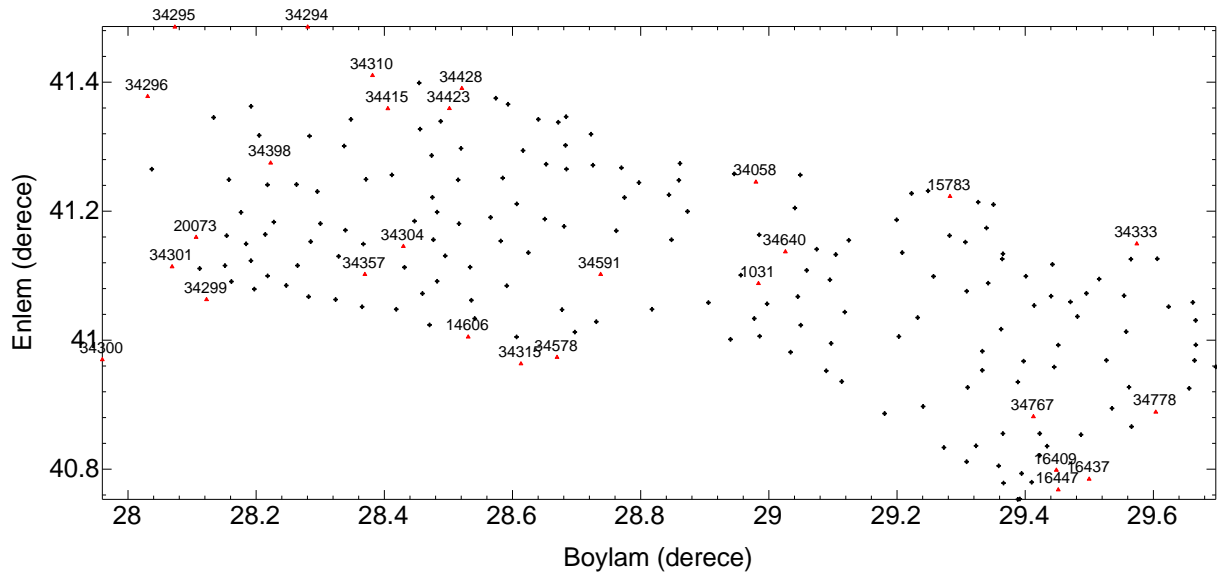
Öteyandan, bu çalışmada, yukarıda anlatılandan biraz farklı bir işlem yapılmıştır. 200 noktanın hepsi model verisi olarak alınmış ve test için ise hiçbir veri bırakılmamıştır. Bulanık modelin geçerliliğinin test edilmesi yerine bu kez her bir noktanın bulanık modele katkısı araştırılmıştır. Bu nedenle, sırası ile her bir nokta bulanık modelin dışında bırakılmış ve bulanık modeller geri kalan 199 nokta ile oluşturulmuştur. Bulanık modeller kullanılarak, her bir noktanın (200 noktanın) geoid yükseklikleri, her bir noktada yapılan hatalar ve Karesel Ortalama Hata (KOH) değeri hesaplanmıştır. Bu işlem her bir nokta için tekrar edilmiş ve böylece toplam olarak 200 farklı bulanık model oluşturulmuştur.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Matlab programının Bulanık mantık modülü altındaki ANFIS kullanılarak geoid yükseklikleri seçilen 200 model noktasında hesaplanmıştır. Bulanık modellerde üçgen üyelik fonksiyonları kullanılmış, noktaların enlem ve boylam değerleri girdi olarak, noktaların geoid yükseklikleri ise çıktı olarak alınmıştır. Girdiler yedişer (7) alt kümeye ayrılmış ve sonuçlar birinci derece doğru denklemi şeklinde elde edilecek şekilde seçilmiştir. Bulanık modeller bölgede enlem ve boylam değerleri belirli olan noktalarda geoid yüksekliklerini bulmak için oluşturulmuştur. Her bir noktanın bulanık modele etkisini araştırmak için sırası ile her nokta bulanık modelin dışında bırakılmıştır. Bu nedenle bulanık modeller sırası ile 199 nokta ile oluşturulmuş ve 1 nokta model dışında bırakılmıştır. Noktaların geoid yükseklikleri oluşturulan 200 farklı bulanık modele göre hesaplanmıştır. Hesaplanan bu geoid yükseklikleri GPS / Nivelman yöntemine göre elde edilmiş ve girdi olarak kullanılan geoid yükseklikleri ile karşılaştırılmış ve sonuçlar Tablo 1'de görülmektedir. Tablo 1 incelendiğinde, minimum hatalar sırası ile (parantez içinde ait olduğu nokta numaraları verilmiştir) -8.655 m (34300), -3.156 m (34333), -2.110 m (34295), -1.167 m (34294) ve -0.341 m (34315) elde edilmiştir. Öte yandan maksimum hatalar ise 0.305 m (34296), 0.181 m (34578), 0.144 m (34299), 0.131 m (34428) ve 0.110 m (34310) bulunmuştur. KOH değerleri ise 0.61249 m (34300 numaralı noktada) ve 0.02511 (34299) arasında değişmektedir. Bu noktaların yerlerine bakıldığında, hata değerlerinin neden büyük olduğu açıktır. Örneğin, en büyük negatif hataya sahip olan noktalar kenarda olan noktalardır. Bu noktaların dağılımı ve yerleri Şekil 3'de gösterilmiştir. Eğer bulanık model bu noktalar çıkarıldıktan sonra oluşturulunca, bu noktalar doğal olarak bulanık modelin dışında kalmaktadırlar ve noktaların geoid yüksekliklerinin hesaplanacağı nokta (lar) da yakında olmadığından hata değerleri yüksek çıkmaktadır.

Tablo 1. Bulanık modellerde maksimum, minimum hatalı noktalar ait oldukları noktalar ve KOH değerleri

Bulanık modelden atılan nokta no	Maksimum hata (m)ve ait olduğu nokta no	Minimum hata (m)ve ait olduğu nokta no	KOH (m)		
1031	0.0591	34357	-0.1129	1031	0.02489
14606	0.0724	14606	-0.0897	1031	0.02499
15783	0.0655	34640	-0.0957	15783	0.02478
16409	0.0684	34640	-0.1103	16409	0.02585
16437	0.0666	34640	-0.1230	16437	0.02591
16447	0.0751	16447	-0.0886	1031	0.02496
20073	0.0964	20073	-0.0868	1031	0.02530
34058	0.0676	34640	-0.1401	34058	0.02647
34294	0.0696	34640	-1.1670	34294	0.08607
34295	0.0686	34640	-2.1095	34295	0.15118
34296	0.3045	34296	-0.0874	1031	0.03268
34299	0.1442	34299	-0.0872	1031	0.02704
34300	0.0705	34640	-8.6551	34300	0.61249
34301	0.0656	34640	-0.1722	34301	0.02681
34304	0.0705	34640	-0.0972	34304	0.02482
34310	0.1156	34310	-0.0896	1031	0.02589
34315	0.0676	34640	-0.3410	34315	0.03445
34333	0.0677	34640	-3.1563	34333	0.22454
34357	0.0770	34357	-0.0870	1031	0.02477
34398	0.0821	34398	-0.0861	1031	0.02498
34415	0.1155	34415	-0.0866	1031	0.02538
34423	0.0678	34640	-0.0896	34423	0.02522
34428	0.1305	34428	-0.0886	1031	0.02610
34578	0.1814	34578	-0.0876	1031	0.02774
34591	0.0824	34591	-0.0846	1031	0.02492
34640	0.1086	34640	-0.0807	1031	0.02514
34767	0.0688	34767	-0.1476	1031	0.02670
34778	0.0854	34778	-0.0870	1031	0.02506



Şekil 3: Çalışmada kullanılan 200 noktanın dağılımı (+ ve nokta numarası en büyük hata değerlerine sahip noktaları, + ise diğer noktalar gösterilmektedir)

Tablo 2: Bulanık modellerde maksimum hatalı (pozitif ya da negatif) noktalar atıldıktan sonra kalan hatalara ait değerler

Bulanık modelden atılan nokta no	Maksimum hata (m)ve ait olduğu nokta no	Minimum hata (m)ve ait olduğu nokta no	KOH (m)
1031	0.0591	34357	0.02364
14606	0.0698	34640	0.02452
15783	0.0655	34640	0.02390
16409	0.0684	34640	0.02471
16437	0.0666	34640	0.02447
16447	0.0686	34640	0.02445
20073	0.0665	34640	0.02443
34058	0.0676	34640	0.02461
34294	0.0696	34640	0.02452
34295	0.0686	34640	0.02464
34296	0.0686	34640	0.02464
34299	0.0681	34640	0.02511
34300	0.0705	34640	0.02424
34301	0.0656	34640	0.02394
34304	0.0705	34640	0.02391
34310	0.0694	34640	0.02462
34315	0.0676	34640	0.02466
34333	0.0677	34640	0.02473
34357	0.0673	34640	0.02422
34398	0.0693	34640	0.02435
34415	0.0686	34640	0.02409
34423	0.0678	34640	0.02448
34428	0.0673	34640	0.02448
34578	0.0676	34640	0.02466
34591	0.0650	34640	0.02429
34640	0.0577	34357	0.02400
34767	0.0688	34640	0.02464
34778	0.0666	34640	0.02438

Eğer en büyük (pozitif ya da negatif) hata bulanık modelin dışında kalmış nokta da elde edilmişse bu noktadaki en büyük hata değerini elimine edilmiş ve kalan noktadaki en büyük hata değerleri yeniden belirlenmiştir. Bu hesaplama ile ilişkin değerler Tablo 2’de gösterilmiştir. Tablo 2’ye bakıldığında minimum hatalar sırası ile -0.096 m (34300), -0.090 m (34294, 14606, 34304, ve 34310) elde edilmiştir.

Öte yandan maksimum hatalar ise 0.071 m (34300, 34340), 0.070 m (14606), 0.070 m (34294), 0.069 m (34310) bulunmuştur. KOH değerleri ise 0.02364 m (1031) ile 0.02511 (34299) arasında değişmektedir. Tablo 2 göstermektedir ki, 34640 numaralı nokta en büyük pozitif hataya sahip nokta öte yandan 1031 numaralı nokta ise en büyük negatif hataya sahip nokta olarak görülmektedir. Bu sonuçlarda bu noktaların koordinatlarının hatalı olduğuna işaret etmektedir ve bulanık modellerden çıkarılmalıdır.

Bulanık mantığın jeodezinin önemli problemlerinin çözümünde kullanılan bir hesaplama yöntemi olduğu daha önceki çalışmalarda gösterilmiştir. Bu çalışmada ise bulanık mantığın modeli oluşturan noktaların doğruluğunun araştırılması konusunda da kullanılabileceği ortaya çıkarılmıştır. Yöntemin dezavantajı ise bu işlemin uzun bir zaman gerektirmesidir.

6. KAYNAKLAR

1. Seager J, Collier P, Kirby J, 1999. Modelling geoid undulations with an artificial neural network. IEEE, International Joint Conference on Volume 5, 10-16 July 1999 Page(s):3332 – 3335.
2. Kotsakis C, Sideris MG, 1999. On the adjustment of combined GPS/levelling/ geoid networks. J Geod 73:412–421.
3. Torge W, 1980. Geodesy. Walter de Gruyter, Berlin.
4. Akyılmaz, O, Ayan, T, Özlüdemir, T, 2003. Geoid surface approximation by using Adaptive Network Based Fuzzy Inference Systems, AVN p. 308 – 315.
5. Kavzaoğlu, T., Saka, M.H., 2005. Modelling local GPS/Levelling geoid undulations using artificial neural networks. Journal of Geodesy 78, 520–527
6. Yılmaz, M., Arslan, E., 2011, “Effect of increasing number of neurons using artificial neural network to estimate geoid heights”, International Journal of the Physical Sciences Vol. 6(3), pp. 529-533
7. Yılmaz, M., Arslan, E., 2010, “Adaptive network based on fuzzy inference system estimates of geoid heights interpolation”, Scientific Research and Essays Vol. 5(16), pp. 2148-2154
8. Jyh- Shing, R J, 1995. Neuro – fuzzy modelling and control, Proceedings of the IEEE, 83, No:3, 378-406
9. Ayan T, Aksoy A, Deniz R, Arslan E, Çelik RN, Özşamlı C, Denli H, Erol S, Özöner B, 1999. Istanbul GPS network technical report, ITU Civil Engineering Faculty, Department of Geodesy and Photogrammetry Engineering, Istanbul.