

# GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Volume: 2, Issue: 1, p. 48-60, 2019

## BULANIK MANTIK İLKELERİNE GÖRE LOCAL GEOİD HESABI; TEKİRDAĞ ÖRNEĞİ

### LOCAL GEOID DETERMINATION ACCORDING TO FUZZY LOGIC: TEKİRDAĞ EXAMPLE

Mehmet Yılmaz<sup>1</sup>

Nuri Erdem<sup>2</sup>

(Received 24.07.2019 Published 05.08.2019)

#### Özet

Ortometrik yükseklikler pek çok mühendislik, jeodezik ve CBS uygulamaları için gerekli olan yüksekliklerdir. 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. Elipsoidal yükseklik ile ortometrik yükseklik arasındaki farka geoid yüksekliği denir. 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 belirli 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. Son yıllarda bulanık mantık ilkeleri pek çok jeodezik problemin çözümünde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, bulanık mantık yönteminde yaygın olarak kullanılan Sugeno yöntemine göre geoid hesabının yapılışı açıklanmıştır. Uygulama olarak da Tekirdağ il sınırları içerisinde bulunan toplam 262 nokta ile en uygun bulanık modeli bulmak için 4 farklı alt küme ile hesap yapılmıştır. Sonuçlar değerlendirilmiş ve bölge için bulanık mantık yönteminin geoid hesabı için kullanılabileceği gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ortometrik yükseklik, elipsoidal yükseklik, geoid yüksekliği, bulanık mantık, ANFIS.

<sup>1</sup> Dr. Öğretim Üyesi, Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Jeodezi Anabilim Dalı, Osmanbey Kampüsü, Şanlıurfa, [mehmetyilmaz40@gmail.com](mailto:mehmetyilmaz40@gmail.com)

<sup>2</sup> Dr. Öğretim Üyesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Osmaniye, [nurierdem@osmaniye.edu.tr](mailto:nurierdem@osmaniye.edu.tr)

### **Abstract**

Orthometric height is the height which required for many engineering, geosciences and GIS applications. 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. Geoid height the difference between ellipsoidal height and orthometric height. 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. Many geodetic problems can be solved by fuzzy logic recently. In this study, how geoid calculation can be done by Sugeno method, most common methos used in fuzzy logic, is explained. Using 262 points in Tekirdağ, four different fuzzy models are formed using 4 different subsets to find the best suitable models for the region. Results are evaluated and it is showed that fuzzy logic can be used in the region for geoid determination.

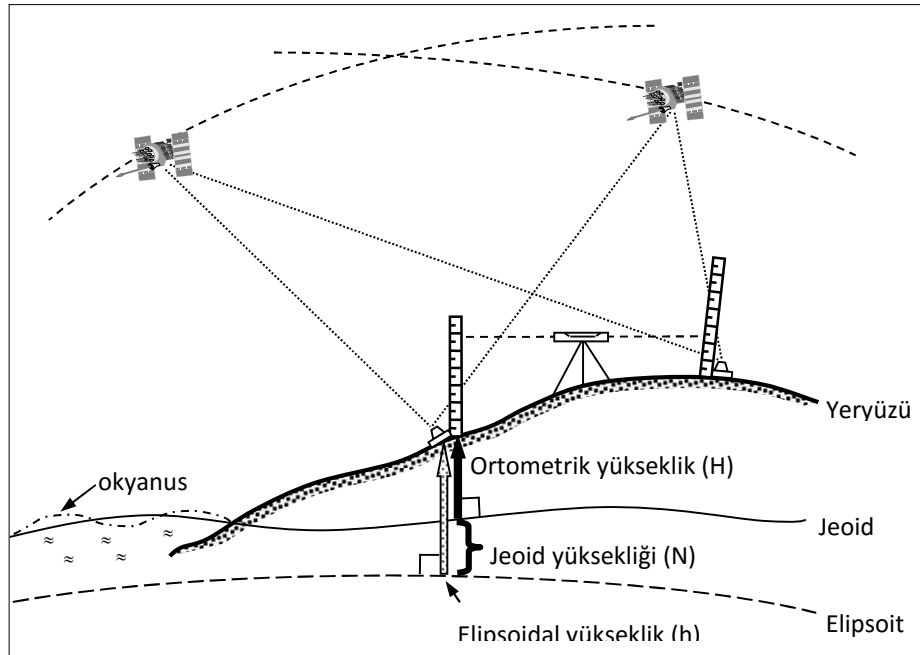
**Keywords:** Orthometric height, ellipsoidal height geoid height, fuzzy logic, ANFIS.

## 1.GİRİŞ

Uydu teknolojilerindeki gelişme ve kullanımlarının artması presizyonlu jeoid belirlemenin önemini oldukça artırmıştır. Uydu ölçmeleri jeoidden ziyade boyutları tanımlanmış bir elipsoide göre belirlenen yükseklikleri verir (Seager vd., 1999). Uydu ölçmelerinden elde edilmiş elipsoidal yükseklikleri ortometrik yüksekliklere dönüştürmek için, elipsoid ve jeoid arasındaki ilişkinin bilinmesi gerekir (Kotsakis & Sideris, 1999; Shen & Han, 2013; Pepe vd., 2015). Bu ilişki şekil 1 de gösterilmiştir. Elipsoid ve jeoid arasındaki ilişki aşağıdaki basit formül ile ifade edilebilir

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

Burada h uydu ölçmelerinden elde edilen elipsoidal yükseklik, H nivelman sonucu elde edilen ortometrik yükseklikler, N jeoid yüksekliği  $\varepsilon$  ise çekül sapmasından dolayı gelen küçük miktarı göstermektedir (Torge, 1980).



Şekil 1. Elipsoid, jeoid ve jeoid yüksekliği arasındaki ilişki

Lokal jeoid belirleme ile ilgili bugüne kadar birçok çalışma yapılmıştır. Bu konuda son zamanlarda polinomlar ve yapay sinir ağları kullanarak (Çakır & Yılmaz, 2014), lokal gravimetrik jeoid belirleme çalışması (Eteje Sylvester vd.,2018) ve yaptığı GPS ölçmelerinden ortometrik yüksekliklerin elde edilmesi ile ilgili Papua Yeni Gine’de (Rosa vd., 2016)’nin yaptıkları çalışmaları söyleyebiliriz. Esnek hesaplama yöntemleri ile

birçok jeodezik problemlerin çözümü gelişen bilgisayar ve uydu ölçmeleri ile kolay ve bol veri elde edilmesi ile mümkün hale gelmiştir. Özellikle yapay sinir ağları ve bulanık mantık ile çeşitli jeodezik problemlerin çözümüne ilişkin pek çok çalışma yapılmıştır (Akyılmaz vd., 2003; Kavzoğlu & Saka, 2005; Yılmaz & Arslan, 2011 ve Yılmaz & Arslan, 2010). Bu çalışmada ise, GPS/nivelman yöntemine göre elde edilmiş veriler Uyarlanabilir Yapay Sinir – Bulanık Çıkarım Motoru (ANFIS) kullanılarak farklı bulanık modellerin oluşturulmasında kullanılmıştır. Bu nedenle bölge için en uygun bulanık model bulmak için 4 farklı bulanık model oluşturulmuştur. Bulanık modelin geçerliliğini test etmek için 232 nokta model noktası 30 noktada test noktası olarak seçilmiştir.

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

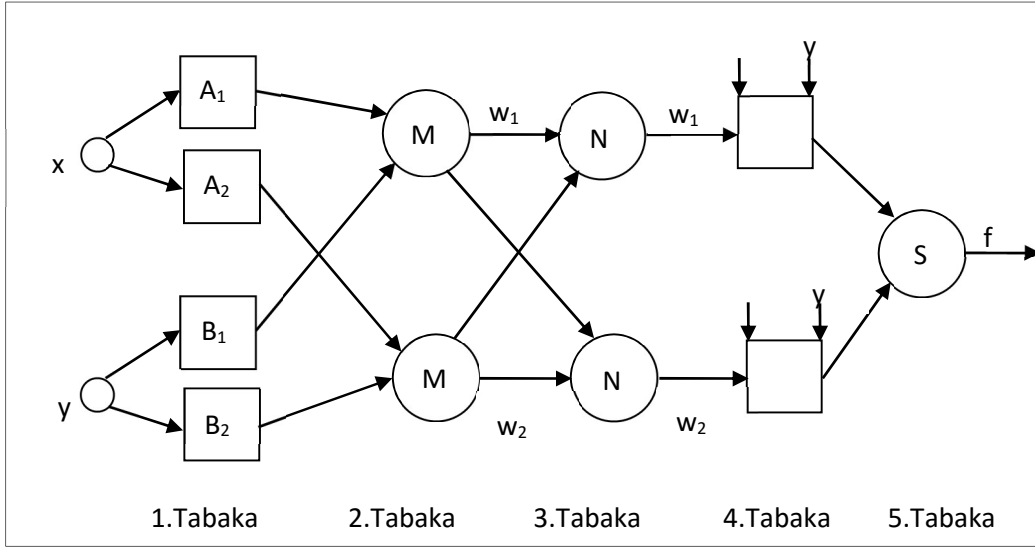
Pek çok sayıdaki uygulamaların tasarımında ve iyileştirilmesinde bulanık mantık kontrolörleri pay sahibi olmuşlardır. Farklı durumlarda belirlenmesi güç olan veri miktarı, bulanık mantıkta kullanılan yöntem (Sugeno veya Mamdani), kullanılan bulanık üyelik fonksiyonlarının çeşidi, parametreleri ve bu üyelik fonksiyonlarına ait kurallar kümesinin uyumlu bir biçimde belirlenmesi bulanık mantıkta istenilen sonuçların elde edilmesi için zor ve kritik bir görevdir. En uygun bulanık modelin belirlenmesi, çoğu uygulamalarda hala deneme ve yanılma şeklinde yapılmaktadır. Bu gerçek uyarlanabilen bulanık sistemlerin önemini vurgulamaktadır (Jhy-Shing, 1995).

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 kuralı uygulamak için olası ANFIS yapılarından birisi Şekil 2’de görülmektedir. Daire sabit bir düğüm noktasını, kare ise uyarlanabilir bir düğüm noktasını (verilerin eğitimi



Şekil 2: İki girdi ve bir çıktılı ANFIS yapısı

sırasında parametrelerin değiştiği göstermektedir.  $O_{Li}$  L tabakasındaki i düğüm noktasındaki çıktıyı göstermek üzere

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

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

$$O_{1,i} = \mu_{B_{i-2}}(y) \quad i=3,4$$

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

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

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 uyarlanabiliridir. 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

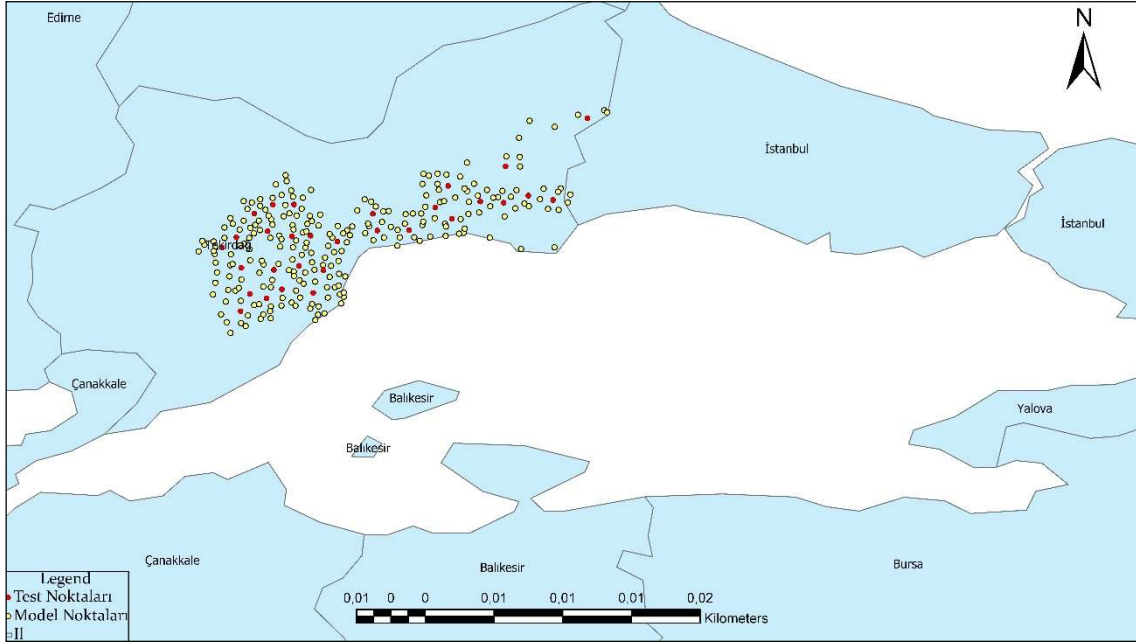
adlandırılırlar. 4. tabaka da 1. derece polinoma ilişkin 3 uyarlanabilir parametreye ( $p$ ,  $q$  ve  $r$ ) sahiptir ve bu parametrelere de soncul parametreler denir.

### 3. KULLANILAN VERİLER

Bu çalışmada, Tekirdağ ili sınırları içine dağılmış olan, enlem, boylam, ortometrik ve elipsoidal yükseklikleri bilinen toplam 262 nokta kullanılmıştır. Verilerin enlem değerleri  $41^{\circ} 18' 0.22'' > \varphi > 40^{\circ} 46' 43.10''$  ve boylam değerleri ise  $28^{\circ} 4' 32.95'' > \lambda > 27^{\circ} 7' 13.26''$  arasında değişmektedir. Ortometrik yükseklikler ise 1.878 m ile 511.729 m arasındadır. Bu noktalardan 232 tanesi bulanık modelleri oluşturmak için kullanılmıştır. Geriye kalan 30 tane nokta ise bulanık modellerin kontrolü için test noktası olarak seçilmiştir. Seçilen test noktaları bulanık modellerde kullanılmayıp sadece oluşturulan bulanık modellerin dış doğruluğunu kontrol etmek için kullanılmıştır. Noktalar homojen dağılımda seçilmiştir. Model ve test noktalarının dağılımı Şekil 3'de gösterilmiştir.

### 4. UYGULAMA

Jeoid 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 jeoid yükseklik değerleri elde edilir. Daha sonra model noktalarındaki ve test noktalarında elde edilen karesel ortalama değerleri karşılaştırılır, eğer bu iki değer birbirine yakın.



**Şekil 3:** Bulanık modellerde kullanılan model ve test noktalarının dağılımı.

ise modelin geçerliliği test edilmiş aksi halde bu model bölge için kullanışlı değildir denir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

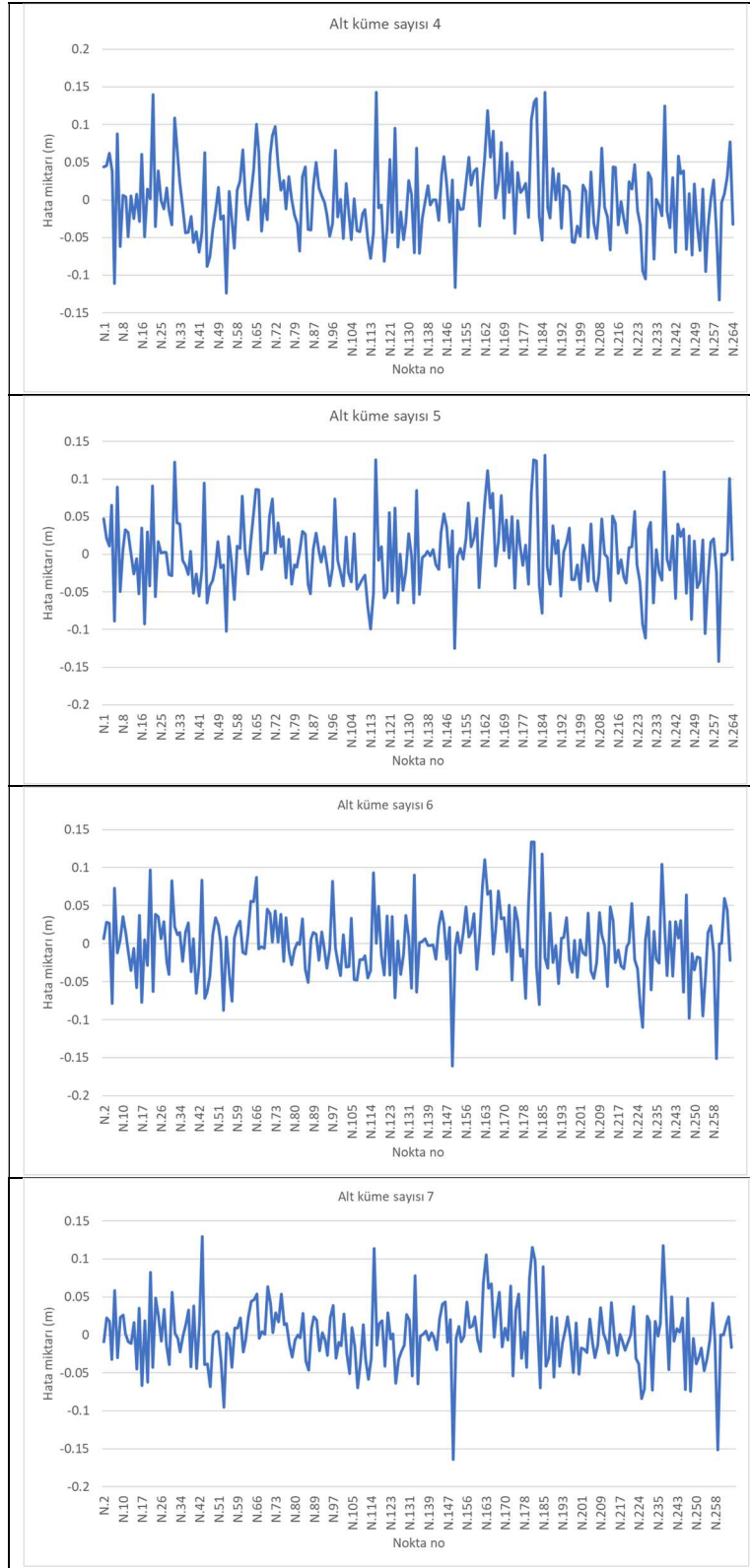
Matlab programının Bulanık mantık modülü altındaki ANFIS kullanılarak jeoid yükseklikleri seçilen 232 model noktası kullanılarak bulanık modeller oluşturulmuştur. Bulanık modellerde Gauss üyelik fonksiyonları kullanılmış, noktaların enlem ve boylam değerleri girdi olarak, noktaların jeoid yükseklikleri ise çıktı olarak alınmıştır. Girdiler en uygun bulanık modeli bulmak için sırası ile 4, 5, 6 ve 7'er alt kümeye ayrılmış ve sonuçlar birinci derece doğru denklemi şeklinde elde edilecek şekilde seçilmiştir. Bulanık modeller bölgede enlem ve boylam değerleri belirli olan noktalarda jeoid yüksekliklerini hesaplamak için oluşturulmuştur. Oluşturulan bu dört farklı bulanık model sonucu elde edilen model ve test noktalarına ilişkin özet değerler Tablo 1'de gösterilmiştir.



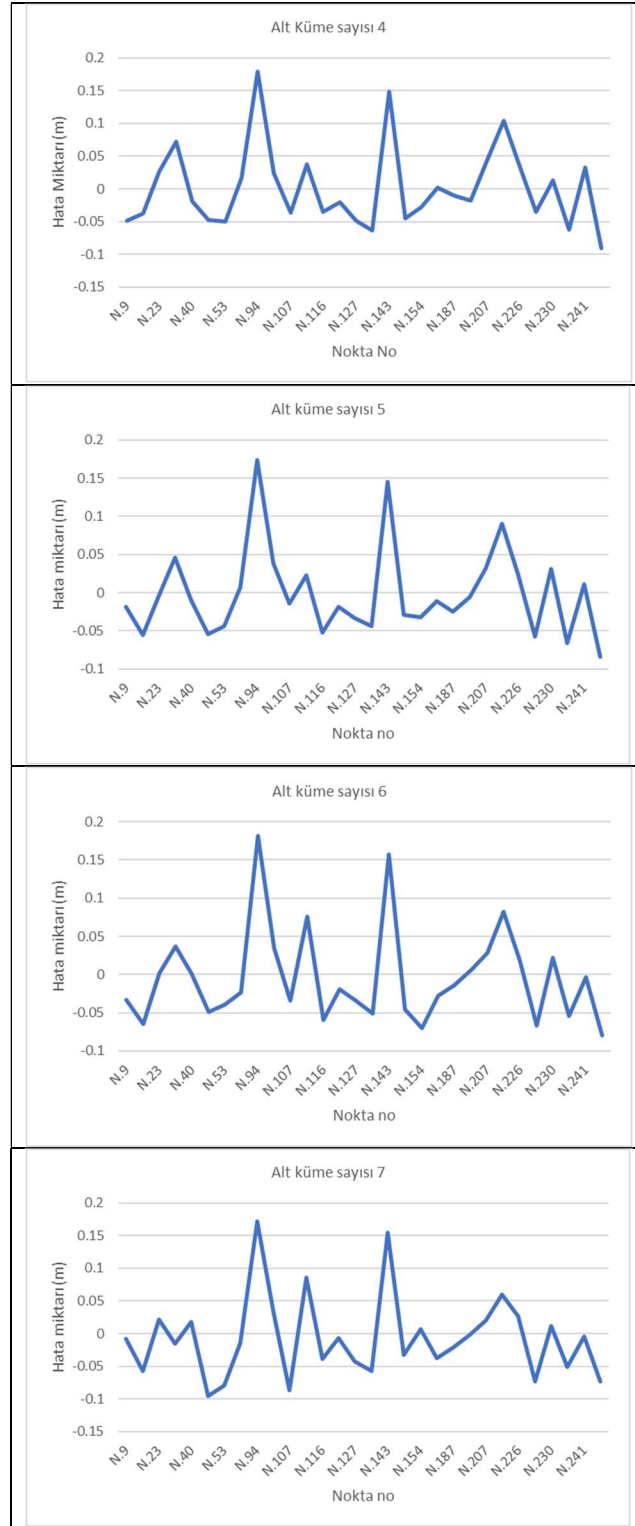
**Tablo1.** Dört farklı bulanık modele ait minimum, maksimum ve KOH değerleri model ve test noktalarında (sonuçlar metre birimindedir).

Altküme sayısı	Model Data			Test Data		
	Minimum	Maksimum	KOH	Minimum	Maksimum	KOH
4	-0.133	0.143	0.051	-0.091	0.180	0.062
5	-0.143	0.132	0.048	-0.084	0.174	0.058
6	-0.161	0.134	0.045	-0.079	0.181	0.063
7	-0.164	0.130	0.041	-0.095	0.172	0.064

Tablo 1 incelendiğinde, model noktalarında, minimum değerlerin -0.133 ile -0.164 m arasında değiştiği oysa maksimum değerlerin ise daha dar bir aralık olan 0.130 – 0.143 m aralığında değiştiği görülmektedir. KOH değerleri ise  $\pm 0.041$  ile  $\pm 0.051$  m arasında değiştiği görülmektedir. Burada alt küme sayısının artması doğal olarak KOH değerinin düşmesini gösteriyor. Test noktalarında minimum değerlerin -0.079 ile -0.095 m arasında, maksimum değerlerin ise 0.172 – 0.181 m aralığında değiştiği görülmektedir. Model ve test noktalarında 4 farklı bulanık modellerle elde edilen hataların nokta bazlı gösterimleri Şekil 4 ve 5'te gösterilmiştir.



Şekil:4 Model noktalarındaki hata değerlerinin gösterimi (m).



Şekil:5 Model noktalarındaki hata değerlerinin gösterimi (m).

KOH değerleri ise  $\pm 0.058$  ile  $\pm 0.064$  m arasında değiştiği görülmektedir. Burada model noktaların KOH değerlerinin test noktalarındaki değerlerden daha küçük çıkması beklenen bir sonuçtur. Burada önemli olan bu dört farklı bulanık modelden hangisinin bölge için daha uygun olduğunun belirlenmesidir. Burada dikkat edilirse test noktalarındaki KOH değeri alt küme sayısı 4'ten 5'e geçtiğinde düşmesine rağmen aynı durum alt küme sayısının artırıldığı (6'ya ve 7'ye çıkarıldığı) durumlarda söz konusu değildir. Tersine buralarda KOH değeri model noktalarında düşerken test noktalarındaki KOH değerleri artmakta ve aralarındaki uyumsuzluk artmaktadır. Bu nedenle bölge için alt küme sayısı 5 olan bulanık model jeoid hesabı için kullanılacak model olarak seçilmiştir.

## KAYNAKÇA

- Akyılmaz, O, Ayan, T, Özlüdemir, T, (2003). Geoid surface approximation by using Adaptive Network Based Fuzzy Inference Systems, AVN p. 308 – 315.
- Çakır, L. ve Yılmaz, N. (2014). Polynomials, radial basis functions and multilayer perceptron neural network methods in local geoid determination with GPS/levelling. *Measurement* 57, 148–153.
- Eteje Sylvester O., Oduyebo Olujimi F. and Olulade Sunday, A. (2018). Procedure for the Determination of Local Gravimetric – geometric Geoid Model. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering*. Volume 4, Issue 8, 205-214.
- Jyh- Shing, R J, (1995). Neuro – fuzzy modelling and control, *Proceedings of the IEEE*, 83, No:3, 378-406.
- Kavzaoğlu, T., Saka, M.H., (2005). Modelling local GPS/Levelling geoid undulations using artificial neural networks. *Journal of Geodesy* 78, 520–527.
- Kotsakis C, Sideris MG, (1999). On the adjustment of combined GPS/levelling/ geoid networks. *J Geod* 73:412–421.
- Pepe, M., Prezioso, G., & Santamaria, R. (2015). Impact of vertical deflection on direct georeferencing of airborne images. *Survey Review*, 47(340), 71-76.
- Rosa, R., Jana, S.K., Das, R.K. and Pal, D.K. (2016). Evaluation of orthometric heights from GPS survey using a geoid model– a case study for madang, Papua New Guinea. *International Journal of Advancements in Research & Technology*, Volume 5, Issue 5, 9-16.
- Seager J, Collier P, Kirby J, (1999). Modelling geoid undulations with an artificial neural network. *IIEEE, International Joint Conference on* Volume 5, 3332 – 3335.

Vatansever, A. & Demiryürek, D. (2019). The Virtual Anatomy of the Temporomandibular Joint for Anatomy Education. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies (AIST)*, 2 (1): 48-60.

Shen, W., & Han, J. (2013). Improved geoid determination based on the shallow-layer method: a case study using EGM08 and CRUST2.0 in the Xinjiang and Tibetan Regions. *Terrestrial, Atmospheric & Oceanic Sciences*, 24(4), 591-604.

Torge W, (1980). *Geodesy*. Walter de Gruyter, Berlin.

Yılmaz, M., Arslan, E., (2010), Adaptive network based on fuzzy inference system estimates of geoid heights interpolation, *Scientific Research and Essays* Vol. 5(16), 2148-2154.

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), 529-533.