

BÜYÜK ÖLÇEKLİ ÇALIŞMALARDA GÜNCELLENMİŞ TÜRKİYE JEOİDİNİN (TG-99A) DOĞRUDAN KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

M.A. Gürdal, S. Ceylan

Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Harita Genel Komutanlığı 06100-Ankara, Türkiye
mgurdal@hgk.mil.tr, sceylan@hgk.mil.tr

ÖZET

Harita üretimi çalışmalarında, yer kontrol noktalarının GPS ölçüleri ile belirlenen elipsoid yüksekliklerinin ülke yükseklik sistemine dönüştürülmesi için uygun doğruluğa sahip jeoid bilgisine ihtiyaç vardır. Güncellenmiş Türkiye Jeoidi-1999, ülkemize özgü en son belirlenen jeoid modelidir.

Bu yazıda, yer kontrol noktalarının elipsoid yüksekliklerinin ülke yükseklik sistemimize dönüştürülmesinde TG-99A jeoidinin doğrudan kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu kapsamda, Türkiye geneline dağılmış 167 adet GPS/Nivelman noktasında karşılaştırma yapılmıştır. Karşılaştırmada, 167 GPS/Nivelman noktasının TG-99A'dan hesaplanan jeoid yüksekliği (N_{TG-99A}) ile GPS/ Nivelman jeoid yüksekliği ($N_{GPS/Niv.}$) arasındaki farklar ($\Delta N = N_{GPS/Niv.} - N_{TG-99A}$) incelenmiştir. ΔN farklarının en küçüğü -42.9 cm, en büyüğü 34.7 cm, ortalaması 0.48 cm ve standart sapması ± 12.7 cm olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Jeoid, jeoid yüksekliği, elipsoid yüksekliği, ortometrik yükseklik, yükseklik dönüşümü.

ABSTRACT

RESEARCH FOR THE DIRECTLY USAGE OF UPDATED TURKISH GEOID-1999A (TG-99A) IN LARGE SCALE MAP PRODUCTION WORKS

Geoid with appropriate accuracy is needed to transform ellipsoidal heights of ground control points determined by GPS measurements into national height system in map production studies. Updated Turkish Geoid-1999 (TG-99A) is the last geoid determined in Turkey.

In this paper, directly usage of TG-99A geoid for transformation of ground control points ellipsoidal heights into national height system is investigated. For this purpose, comparisons are made for 167 GPS/Levelling sites distributed across Turkey. In the comparison, the differences ($\Delta N = N_{GPS/Niv.} - N_{TG-99A}$) between geoidal heights (N_{TG-99A}) computed from TG-99A and GPS/Levelling geoidal heights ($N_{GPS/Niv.}$) were examined at 167 GPS/Leveling sites. Minimum, maximum, mean and standard deviation values of the differences were estimated to be as -42,9 cm, 34,7 cm, 0,48 cm and ± 12.7 cm respectively.

Keywords: Geoid, geoidal height, ellipsoidal height, orthometric height, GPS

1. GİRİŞ

Ülkemizde hâlen kullanımda olan Yatay Kontrol (Nirengi) Ağı ED-50 datumunda (European Datum-1950), Düşey Kontrol (nivelman) Ağı ise Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999 (TUDKA-99) datumunda tanımlıdır. TUDKA-99'un datumu, Antalya Mareograf istasyonunda belirlenen ortalama deniz seviyesine göre ve Türkiye Ulusal Temel Gravite Ağı ise IGSN-71 (International Gravity Standardization Network-1971)'e yakın düzenlenmiş Postdam datumuna göre tanımlıdır. Datum farklılıkları nedenleriyle, GPS ile WGS-84/ITRF sisteminde elde edilmiş konum ve yükseklik değerlerinin ülke sistemine dönüştürülmesi işlemi; GPS teknolojisinin yaygın kullanımı ile birlikte jeodezinin güncel problemlerinden biri haline gelmiştir. Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı-1999A (TUTGA-99A)'na dayalı yapılan GPS ölçmeleri ile belirlenen elipsoid yüksekliklerinin, Türkiye için tanımlı "Helmert Ortometrik Yükseklik Sistemi"ne en uygun biçimde dönüştürülmesi, ancak ulusal jeoid modeli yardımıyla mümkün olabilmektedir.

Güncellenmiş Türkiye Jeoidi-1999A (TG-99A); Türkiye Gravimetrik Jeoidi (TG-91) ile 196 noktadan hesaplanan Türkiye GPS/Nivelman jeoidinin birleştirilmesi ile oluşturulmuştur. TG-99A'nun belirlenmesi kapsamında karalarda ve denizlerde ek gravite ölçüleri, deniz dibi yükseklik (batimetri) bilgileri, komşu ülkelere ilişkin topoğrafik yükseklikler elde edilmiş, uydu altimetre ölçülerinden denizlerde gravite anomalileri hesaplanmıştır.

TG-99A'nın duyarlık ve doğruluğuna yönelik olarak Ayhan ve diğ. (2002) ve Kılıçoğlu (2004) tarafından ülke geneli için 122 GPS/Nivelman noktası kullanılarak; Kılıçoğlu ve Fırat (2003) tarafından da bölgesel olarak araştırmalar yapılmıştır. TG-99A'nın ülke genelinde sağladığı doğruluğu belirlemek amacıyla Kılıçoğlu (2004) tarafından yapılan incelemede TG-99A'nın ± 10 cm iç duyarlığa ve ± 15 cm dış doğruluğa sahip olduğu belirlenmiş ayrıca TG-99A ile

sağlanan jeoid bilgisinin harita çalışmalarından beklenen doğruluğu karşılaması gerektiği değerlendirilmekte ve GPS yöntemi ile hesaplanan elipsoid yüksekliklerinin ortometrik yüksekliğe dönüşümü için kullanılabilceği önerilmektedir.

Bu çalışmada, mühendislik amaçlı olarak Türkiye genelinde homojen olarak dağılmış bölgelerde gerçekleştirilen çalışmalarda kullanılan 167 adet GPS/Nivelman noktası test noktası olarak kullanılarak, TG-99A'nın 1/5000 ve büyük ölçekli harita üretimi çalışmalarında doğrudan kullanılabilirliği araştırılmıştır. Araştırmada kullanılan 167 GPS/Nivelman noktasının elipsoid yüksekliği TUTGA-99A koordinat sisteminde, Helmert ortometrik yüksekliği ise TUDKA-99 datumunda belirlenmiştir.

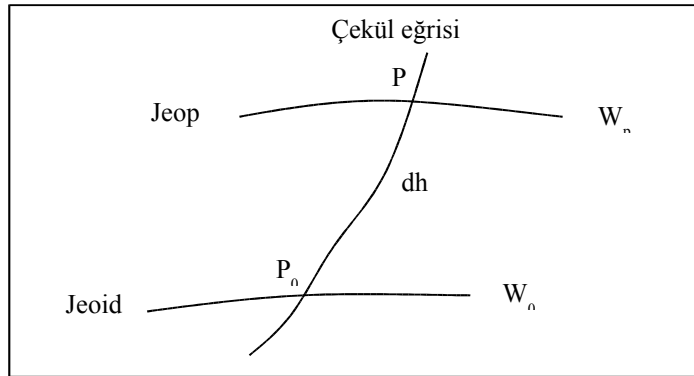
Konuyla yakından ilgisi bulunan “yükseklik sistemleri”, “Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999 (TUDKA-99)”, “Türkiye Jeoidi” “elipsoid yüksekliklerinin ortometrik yüksekliklere dönüştürülmesi” konuları ile 167 adet GPS/Nivelman noktası test noktasında yapılan karşılaştırmalara ilişkin ayrıntılı sonuçlar bu yazının ilerleyen bölümlerinde verilmiştir.

2. YÜKSEKLİK SİSTEMLERİ

Jeoid üzerindeki bir P_0 noktasının potansiyeli (W_0) ile P yeryüzü noktasının potansiyeli (W_p) arasındaki fark, P noktasının jeopotansiyel sayısı (C_p) olarak tanımlanır ve

$$C_p = W_0 - W_p = \int_{P_0}^P g \cdot dh \quad (1)$$

eşitliği ile ifade edilir (Şekil 1). (1) eşitliği ile Şekil 1'deki dh diferansiyel yükseklik farkı, g gerçek gravitedir.



Şekil 1: Jeoid ile jeopotansiyel sayı ilişkisi

Jeopotansiyel sayı tam diferansiyel ve tek anlamlı bir büyüklük olup, P_0 ve P noktaları arasında izlenen yoldan bağımsızdır. Jeopotansiyel sayının birimi kilogalmetre olup aynı zamanda jeopotansiyel birim (g.p.u.) olarak da kullanılmaktadır. C jeopotansiyel sayı ve G ortalama gravite yardımıyla yükseklik sistemleri,

$$\text{Yükseklik} = \frac{C}{G} \quad (2)$$

genel eşitliği tanımlanabilmektedir (Torge, 1980; Gürkan, 1984). G'nin seçimine bağlı olarak farklı yükseklik sistemleri tanımlanabilmekte olup aşağıda dinamik, ortometrik ve normal yüksekliklere ilişkin G değerleri tanımlanmaktadır.

- Dinamik Yükseklik : H^D

$$G = \gamma_{45} \quad (3)$$

- Ortometrik Yükseklik (Helmert) : H^*

$$G = g_p + 0,0424 H \quad (4)$$

- Normal Yükseklik (Molodensky) : H^N

$$G = \gamma [1 - (1 + f + m - 2f \sin^2 \varphi) \frac{H^N}{a} + (\frac{H^N}{a})^2] \quad (5)$$

Bu eşitliklerde;

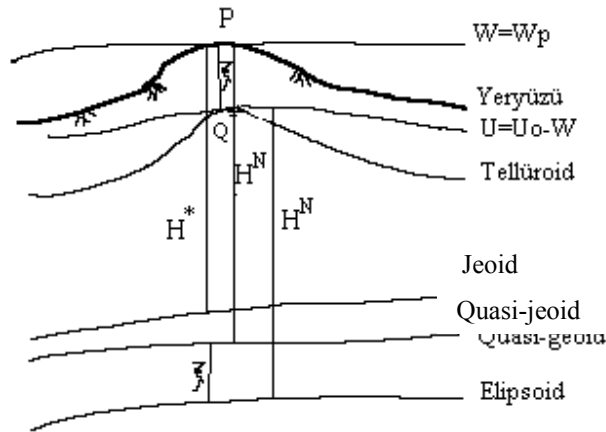
- g_p : P yeryüzü noktasında ölçülen gravite,
- γ : Elipsoid üzerinde normal gravite,
- φ : Jeodezik Enlem ,
- γ_{45} : $\varphi=45^\circ$ için normal gravite,
- f : Referans elipsoidinin basıklığı,

$$m = \frac{\omega^2 ab}{kM} \quad (6)$$

- ω : Yerin açısal dönme hızı,
- a, b : Elipsoidin büyük ve küçük yarı eksenleri,
- kM : Newton çekim sabiti ile yerin kitlesinin çarpımıdır.

Fiziksel boyutu olan jeopotansiyel sayı, sabit bir sayı (γ_{45}) ile bölünerek metrik boyutu olan dinamik yüksekliklere dönüştürülür. Aynı eş potansiyelli yüzey üzerindeki noktaların dinamik yükseklikleri aynıdır. Geometrik nivelman ölçüsüne dinamik düzeltme getirilerek dinamik yükseklik farkları elde edilebilir. Dinamik düzeltme, özellikle dağlık bölgelerde büyük değerlere ulaştığından bu yükseklik sistemi uygulama açısından uygun değildir.

Ortometrik yüksekliklerin başlangıç yüzeyi jeoiddir. Normal yüksekliklerin başlangıç yüzeyi ise okyanuslarda jeoid ile çakışan, ancak karalarda farklılık gösteren Quasi-Jeoid olup bu yükseklikler ve aralarındaki ilişkiler Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2: Ortometrik ve normal yükseklikler ile aralarındaki ilişkiler (Gürkan, 1984)

Şekil 2'de:

H^N : Normal Yükseklik (P Noktasının normal çekül eğrisi boyunca Quasi-Jeoidde olan uzaklığı),

H^* : Ortometrik Yükseklik (P Noktasının gerçek çekül eğrisi boyunca jeoidi olan uzaklığı),

ζ : Yükseklik anomalisini göstermektedir.

Şekil 2'den görüldüğü gibi P noktasının gerçek çekül eğrisi boyunca jeoidde olan uzaklığı ortometrik yükseklik, normal çekül eğrisi boyunca quasi-jeoidde olan uzaklığı ise normal yüksekliktir. Ortometrik yükseklikler yer yoğunluğu ile ilgili bazı varsayımlara dayanmakta, normal yükseklikler için herhangi bir varsayım söz konusu değildir. Ayrıca her iki yükseklik sistemi tam diferansiyel ve tek anlamlıdır. Uygulamada, jeopotansiyel sayı hesabı için (1) integrali, toplam şekline dönüştürülür. P noktasının "jeopotansiyel sayısı"; P_o 'dan P' ye olan geçki üzerinde belirli aralıklı noktalar arasındaki "Jeopotansiyel Sayı" farkları (ΔC_k)'nın toplamıyla elde edilir.

$$C_p = \sum_{k=1}^K \Delta C_k, \Delta C_k = \overline{g_k} \delta n_k \quad (7)$$

Bu eşitlikte; δn_k iki nokta arasındaki geometrik nivelman ile bulunan yükseklik farkı, \bar{g}_k söz konusu iki yeryüzü noktası arasındaki ortalama gerçek gravitedir. Noktaların jeopotansiyel sayıları belirlendikten sonra (3), (4) ve (5) eşitlikleriyle, noktalarının istenilen yükseklik sistemindeki yükseklikleri belirlenebilir. Ayrıca geometrik nivelman ölçülerine uygun düzeltmeler getirilerek (ortometrik düzeltme, normal düzeltme, dinamik düzeltme) düzeltmeye karşılık gelen yükseklik sisteminde noktalar arasındaki yükseklik farkları doğrudan elde edilebilmektedir (Ayhan ve Demir, 1992).

Gerçek gravite değerinin bilinmediği durumlarda, (7) eşitliğinde \bar{g}_k yerine ortalama normal gravite ($\bar{\gamma}$) alınarak $\Delta C'_k$ normal jeopotansiyel sayı farkı elde edilmekte ve

$$C'_p = \sum_{k=1}^K \Delta C'_k, \quad \Delta C'_k = \bar{\gamma}_k \cdot \delta n_k \quad (8)$$

eşitliği ile normal jeopotansiyel sayı (C'_p) hesaplanmaktadır. Normal jeopotansiyel sayı (C'_p) yardımıyla normal ortometrik yükseklikler (H^{NO}); (2) eşitliğine benzer şekilde, $G = \gamma - 0.3086 (H^{NO} / 2)$ olmak üzere

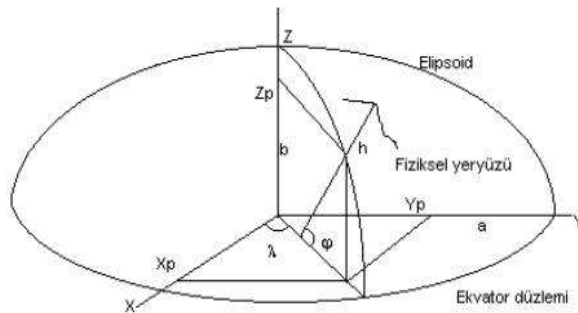
$$H^{NO} = \frac{C'_p}{G} \quad (9)$$

eşitliği ile elde edilmektedir. Normal jeopotansiyel sayılar gerçek gravite alanına dayanmadığı için tam diferansiyel ve tek anlamlı değildir. Ölçülen geometrik yükseklik farklarına, normal graviteden faydalanılarak normal ortometrik düzeltme getirilerek normal ortometrik yükseklik farkları elde edilebilmektedir. Normal ortometrik düzeltme (OC');

$$(10)$$

eşitliği ile hesaplanır (Holdahl, 1979; Ayhan ve Demir, 1992). Burada \bar{H}^{NO} ortalama yükseklik, α ve β sabit katsayılar, $\bar{\Phi}$ iki düşey kontrol noktasının ortalama enlemi, $\Delta\phi$ ise aralarındaki enlem farkıdır.

Yeryüzündeki bir P noktasının ortometrik yüksekliği (H), bu noktadan geçen çekül eğrisi boyunca jeoide kadar ölçülen uzunluktur. P noktasının elipsoid yüksekliği (h), P noktasından elipsoid yüzeyine inilen dikin uzunluğu olup elipsoidin boyutları ve datum tanımı ile ilişkilidir. Elipsoid yüksekliği tamamen geometrik bir değer olup yerin gerçek gravite alanı ile ilgili olmayıp fiziksel bir özellik taşımaz (Şekil 3).

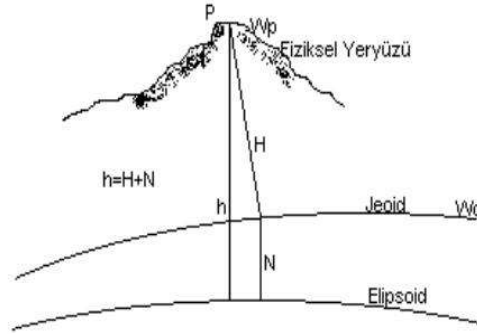


Şekil 3: Üç boyutlu kartezyen dik koordinat sistemi ve elipsoid

Uygulamada, geometrik nivelman ve gravite ölçülerine dayalı olarak hesaplanan ortometrik yükseklikler kullanılır. GPS ölçüleri ile üç boyutlu yer merkezli bir koordinat sisteminde seçilen başlangıç elipsoidine göre elipsoid yüksekliği (h) belirlenmekte olup elipsoid yüksekliği ile ortometrik yükseklik arasında,

$$h = H + N \quad (11)$$

eşitliği ile bilinen bir ilişki vardır. Buradaki N ; jeoid yüksekliği jeoid ile elipsoid arasındaki uzaklıktır. Ortometrik yükseklik, elipsoid yüksekliği, jeoid yüksekliği, jeoid ve başlangıç elipsoidi arasındaki ilişkiler Şekil 4’de gösterilmektedir.



Şekil 4: Elipsoid, jeoid ve yükseklikler.

3. TÜRKİYE ULUSAL DÜŞEY KONTROL AĞI VE TÜRKİYE JEOİDİ

a. Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999 (TUDKA-99)

Ülkemizde hâlen kullanılan yükseklik sistemi; referans elipsoidine dayalı olarak hesaplanan normal gravite değeri ve geometrik nivelman ölçülerinin birlikte kullanıldığı quazi-jeoide göre tanımlanan normal ortometrik yükseklik sistemidir. Ancak, yüksekliklerin jeoide göre tanımlanması amacıyla ortometrik yükseklik sisteminin oluşturulmasına olanak sağlamak üzere, 1991 yılında Türkiye Gravimetrik Jeoidi-1991 (TG-91), 1999 yılında Türkiye Jeoidi-1999 (TG-99) ve aynı yıl içerisinde Güncellenmiş Türkiye Jeoidi-1999 (TG-99A) tanımlanmıştır. Ayrıca, 1999 yılında tamamlanan değerlendirme çalışmaları sonucunda jeopotansiyel sayıları hesaplanan nivelman noktaları kümesinin oluşturduğu “Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999 (TUDKA-99)” (Demir, 1999) oluşturulmuştur.

TUDKA-99; TUDKA-92’ye (Ayhan ve Demir, 1999) yeni ölçüler dahil edilerek geliştirilen nivelman ağının dengelenmesiyle oluşturulmuş olup 25680 nokta, 29316 km ve 213 geçkiyi (nivelman hattını) kapsamaktadır. TUDKA-99 dengelemesi jeopotansiyel sayılar ile yapılmış, düşey datum Antalya mareograf istasyonunda 36 yıllık ölçülerin aritmetik ortalaması ile elde edilen ortalama deniz seviyesi ile tanımlanmış, tüm noktalarda jeopotansiyel sayı, Helmert ortometrik yüksekliği ve Molodensky normal yüksekliği belirlenmiştir. Dengeleme sonunda nokta yükseklik duyarlıklarının başlangıç noktası olan Antalya Mareograf İstasyonundan uzaklaştıkça arttığı ve $\pm 0.3-9$ cm arasında değiştiği bulunmuştur (Demir, 1999).

b. Türkiye GPS/Nivelman Jeoidi ve Türkiye Jeoidi-1999 (TG-99)

GPS ile yer merkezli üç boyutlu bir koordinat sisteminde noktaların elipsoid yükseklikleri hesaplandığından, noktaların ortometrik yüksekliklerinin (11) eşitliği ile hesaplanmasında TG-91 jeoid yüksekliklerinin doğrudan kullanılması uygun olmamakta, TG-91’in kayıklık ve eğimini belirlemek, varsa yerel bozukluklarını gidermek amacıyla GPS/Nivelman jeoid yüksekliklerinin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla, bugüne kadar GPS ölçüsü yapılan Şekil 5’de gösterilen nivelman noktalarından yararlanılarak (Yıldırım, 2000) tarafından ülkemize özgü GPS/Nivelman Jeoidi belirlenmiştir.

c. Güncellenmiş Türkiye Jeoidi-1999A (TG-99A)

TUTGA-99A noktalarında, üç boyutlu yer merkezli koordinat sistemi olan ITRF-96'da, GRS80 başlangıç elipsoidine göre elipsoid yüksekliği (h) bilinmektedir. P noktasından elipsoid yüzeyine inilen dikin uzunluğu olan elipsoid yüksekliği (h_p) elipsoidin boyutları ve datum tanımı ile ilişkili geometrik bir değerdir. Türkiye'de uygulamada kullanılan TUDKA-99 ortometrik yükseklikleri (H) geometrik nivelman ve gravite ölçüleri ile hesaplanmış olup elipsoid yüksekliği ile arasında,

$$h_{TUTGA-99A} = H_{TUDKA-99} + N \quad (14)$$

ilişkisi mevcuttur. Burada N; jeoid ile elipsoid arasındaki yükseklik farkı olan jeoid yüksekliğidir. Elipsoid yüksekliği ve ortometrik yükseklik arasında dönüşümün yapılabilmesi için, TUTGA-99A ve TUDKA-99 ile uyumlu jeoid yüksekliği bilinmelidir.

TG-91 ile yapılan uygulamalarda bu jeoidin GPS/Nivelman jeoid yüksekliklerine göre kayık ve eğimli olduğu, yerel farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Yıldırım, 2000). Ayrıca karalarda ve denizlerde ek gravite ölçüleri, deniz dibi yükseklik (batimetri) bilgileri, komşu ülkelere ilişkin topoğrafik yükseklikler elde edilmiş, uydu altimetre ölçülerinden denizlerde gravite anomalileri hesaplanmış, 2001 yılında yapılan ölçüler ile GPS/Nivelman jeoid yüksekliği bilinen yeni noktalar tesis edilmiş olduğundan TG-99'un güncelleştirilmesi ihtiyacı doğmuştur. Bu amaçla TG-91 ve 187 noktada bilinen GPS/Nivelman jeoid yükseklikleri En Küçük Karelerle Kolokasyon (EKKK) yöntemi ile birleştirilerek Türkiye Jeoidi-1999 (TG-99) hesaplanmış (Yıldırım, 2000) ve bu jeoid TUTGA-99 tanımında kullanılmıştır (Ayhan ve diğ., 2001).

TG-91 ve GPS/Nivelman jeoidini birleştirmek için GPS/Nivelman jeoid yüksekliği bilinen 197 noktada TG-91 jeoid yükseklikleri, TG-91 grid kütüğünden ($3' \times 3'$) interpolate edilmiştir. GPS/Nivelman jeoid yüksekliği bilinen noktalar yeterli sıklıkta olmadığından, TG-91 referans yüzeyi alınmış ve GPS/Nivelman jeoidi ile arasındaki farklar modellenerek herhangi bir noktada farkların interpolasyonu öngörülmüştür. TG-99'un oluşturulmasında 187 nokta kullanılmış olup artık ölçüler EKKK yöntemi ile modellenmiştir. 2001 yılında bu 187 noktadan üçünde kontrol ölçüsü yapılmış ve 9 adet yeni GPS/Nivelman jeoid yükseklik noktası tesis edilerek nokta sayısı 196'ye çıkarılmıştır. Noktaların TUTGA-99A koordinatları ile söz konusu 196 noktada TG-91 jeoid yükseklikleri (N_{TG91}) $3' \times 3'$ grid kütüğünden hesaplanmış ve

$$\delta N = N_{TG91} - N_{GPS} \quad (15)$$

eşitliği ile ortak noktalardaki jeoid yükseklik farkları (δN) hesaplanmıştır (Ayhan ve diğ., 2002). δN farkları;

$$t_i = a_0 + a_1 \lambda_i + a_2 \lambda_i^2 + a_3 \lambda_i^3 + a_4 \lambda_i^4 + a_5 \lambda_i^5 + a_6 \lambda_i^6 + a_7 \lambda_i^7 + a_8 \lambda_i^8 + a_9 \lambda_i^9 + \dots \quad (16)$$

eşitliği ile verilen (trend) iki boyutlu bir polinom ile modellendirilmiştir. Bu eşitlikte;

t_i : i noktasındaki trend değeri

a_j : bilinmeyen parametreler [$j = 0: n-1$; parametre sayısı]

ile tanımlıdır. Yukarıda verilen modelde 1 parametrelili çözüm ortalama düzlem, 4 parametrelili çözüm bilineer yüzey, 6 parametrelili çözüm kuadratik yüzey ve 10 parametrelili çözüm 3ncü dereceden bir yüzeydir. Bu çalışmada (16) eşitliğinde 1, 4, 6 ve 10 parametrelili modeller alınarak rasgele dağılmış 196 noktadaki fark ölçüleri için en küçük karelerle çözüm yapılmış, her noktada hesaplanan trend değerleri (t_i) fark ölçülerinden çıkarılarak,

$$dN_i = \delta N_i - t_i \quad (17)$$

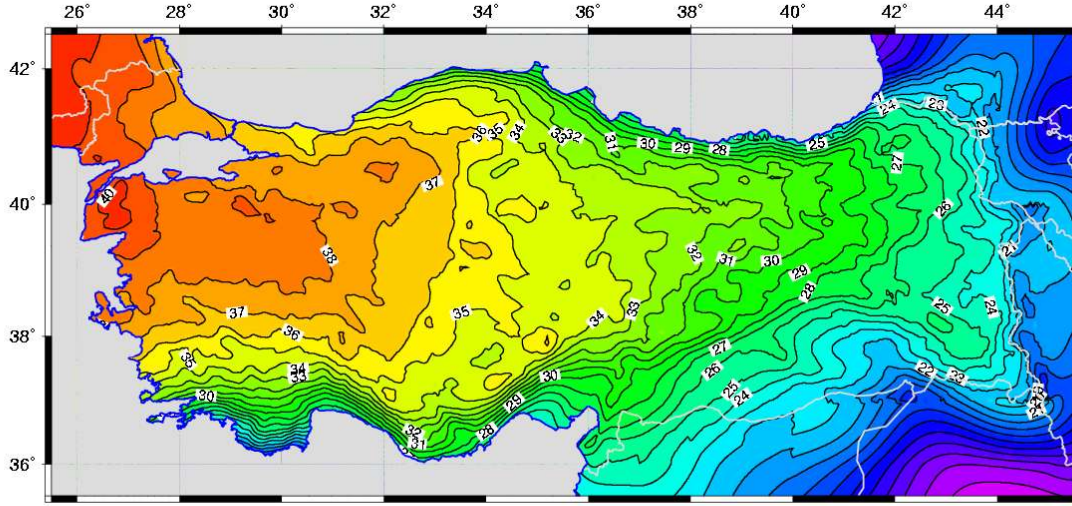
artık ölçüler (dN) hesaplanmıştır. Artık ölçülerin modellenmesinde, en küçük eğrilik yöntemi kullanılarak, 35° - 43° enlemleri ve 25° - 46° boylamları ile sınırlı bölgede, $3' \times 3'$ grid köşelerinde artık ölçüler hesaplanmıştır (Smith and Wessel, 1990). Güncellenmiş Türkiye Jeoidi-1999, Türkiye Jeoidi-1999A (TG-99A) olarak isimlendirilmiş olup herhangi bir noktada TG-99A jeoid yükseklik değeri (N_{TG-99A}), o noktadaki TG-91 jeoid yüksekliği (N_{TG91}), trend (t) ve artık ölçü (dN) olmak üzere,

$$N_{TG-99A} = N_{TG-91} - t - dN \quad (18)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır (Kılıçoğlu, 2004).

TG-91 jeoid yükseklikleri, trend ve artık ölçü değerleri aynı (3'x3') grid köşe noktalarında belirli olduğundan bu üç grid veri (18) eşitliğinde verildiği gibi birleştirilerek "Güncellenmiş Türkiye Jeoidi-1999 (TG-99A)" yükseklikleri hesaplanmaktadır.

Güncellenmiş Türkiye Jeoidi-1999 (TG-99A)'un gravimetrik jeoid (TG-91) ile 197 noktadan hesaplanan GPS/Nivelman jeoidinin birleştirilmesi ile oluşturulmuştur. TG-99A yaklaşık ± 10 cm iç duyarlığa ve ± 15 cm doğruluğa sahiptir. GPS yöntemi ile hesaplanan elipsoid yüksekliklerinin ortometrik yüksekliklere dönüştürülerek orta ve küçük ölçekli coğrafi materyal üretiminde doğrudan kullanılabilceği belirtilmektedir (Kılıçoğlu, 2004) (Şekil 7).



Şekil 7: Güncellenmiş Türkiye Jeoidi – 1999A (TG-99A) (m) (Kılıçoğlu, 2004).

4. ELİPSOİD YÜKSEKLİKLERİ İLE ORTOMETRİK YÜKSEKLİKLER ARASINDA DÖNÜŞÜM

a. GPS İle Ortometrik Yükseklik Belirleme

Noktaların elipsoid yükseklikleri, TUTGA-99A'ya dayalı hesaplanan GPS ölçüleriyle ITRF-96 datumunda belirlenir. GPS ölçüleri ile belirlenen elipsoid yüksekliklerinin ülkemizde kullanılan ortometrik yükseklik sistemine dönüştürülmesi amacıyla, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği taslağında dört yöntem öngörülmüştür. Bunlar;

- TG-99A jeoidinin doğrudan kullanılması,
- TG-99A jeoidinin yerel GPS/Nivelman ölçüleriyle güncelleştirerek kullanılması,
- Baz vektörlerinde elipsoid ve TG-99A jeoid yükseklik farklarından elde edilen ortometrik yükseklik farklarının bir nivelman ağı şeklinde dengelenmesi,
- Yerel GPS/Nivelman jeoid modelinin oluşturulmasıdır.

Buna göre çalışmadan beklenen jeodezik doğruluk göz önüne alınarak, önerilen yöntemlerden proje için uygun olanı kullanılmalıdır.

b. Yükseklik dönüşümünde TG-99A'nın doğrudan kullanılması

Üzerinde GPS ölçmeleri yapılan herhangi bir noktanın TUDKA-99 datumundaki ortometrik yüksekliği (H); noktanın GPS ile bulunan elipsoid yüksekliği (h) ve noktanın TUTGA-99 datumundaki enlem ve boylamının fonksiyonu ile TG-99A jeoidinden yararlanılarak hesaplanan jeoid yüksekliği (N_M) olmak üzere,

$$H = h - N_M \quad (19)$$

eşitliği ile bulunur. Ancak, kıyı bölgeler ile TG-99A'nın modellenmesinde az noktanın kullanıldığı bölgelerde, noktanın enlem ve boylamına bağlı olarak hesaplanabilen TG-99A jeoid yüksekliklerinin doğruluğu birkaç desimetre civarında olabilmektedir.

c. TG-99A'nın Yerel GPS/Nivelman Ölçüleriyle Geliştirilmesi

Jeoidin hızlı değiştiği bölgeler, kıyılar ve modellemede az noktanın kullanıldığı bölgelerde TG-99A'nın kullanımının neden olduğu sakıncaların önüne geçerek, yüksek doğruluklu jeoid yüksekliği hesaplamak amacıyla, çalışma bölgesinde yapılan GPS/Nivelman ölçüleri ile TG-99A'nın geliştirilerek kullanılması uygun bir yöntemdir. Ortometrik yüksekliği (H) bilinen nivelman noktalarında GPS ölçüsü yapmak ve GPS ölçülerinin ITRF-96 koordinat sisteminde dengelenmesi suretiyle noktaların GPS/Nivelman jeoid yüksekliklerini ($N_{GPS/Niv}$);

$$N_{GPS/Niv} = h - H \quad (20)$$

eşitliğinden hesaplamak mümkündür. Burada h noktanın dengeli elipsoid yüksekliğidir. Nivelman noktalarının TG-99A jeoid yükseklikleri (N_{TG-99A}), noktaların ITRF-96 datumundaki koordinatlarının bir fonksiyonu olarak hesaplanabilmektedir.

TG-99A jeoid yüksekliklerinin iyileştirilmesi genel olarak üç adımda gerçekleştirilebilir. Birinci adımda; nivelman noktalarının arazide GPS ölçüsü ile hesaplanan yerel jeoid yüksekliklerinden ($N_{GPS/Niv}$), yine aynı noktaların enlem ve boylam değerlerine göre Harita Genel Komutanlığında mevcut grid kütüğünden yararlanılarak hesaplanan TG-99A jeoid yüksekliklerinin (N_{TG-99A}) çıkarılarak bölgedeki jeoidin değişim miktarı,

$$d\hat{N} = N_{GPS/Niv} - N_{TG-99A} \quad (21)$$

eşitliği ile hesaplanır. İkinci adımda, nivelman noktalarında hesaplanan jeoid değişim miktarı ($d\hat{N}$)'ndan yararlanarak, uygun bir algoritma ile bir yüzey tanımlanır ve

$$\hat{N} = N_{TG-99A} + d\hat{N} \quad (22)$$

eşitliği ile bölge için geliştirilmiş bir yerel jeoid belirlenir. Üçüncü adımda da, (22) eşitliği ile hesaplanan geliştirilmiş yerel jeoid yüksekliği kullanılarak, noktaların geliştirilmiş ortometrik yükseklikleri (\hat{H}),

$$\hat{H} = \hat{h} - \hat{N} \quad (23)$$

eşitliği ile hesaplanır.

ç. Baz Vektörlerinde Elipsoid ve Jeoid Yükseklik Farklarından Elde Edilen Ortometrik Yükseklik Farklarının Bir Nivelman Ağı Şeklinde Dengelenmesi

Bu yöntem, jeodezik ağda seçilen baz vektörlerine ait ortometrik yükseklik farklarının ölçü olarak alınarak, nivelman nokta yüksekliklerine dayalı olarak dengelenmesi şeklinde tanımlanabilir. Bu amaçla, her iki ucunda da GPS ölçüsü yapılmış herhangi bir baz vektörünün uç noktaları arasındaki ortometrik yükseklik farkı;

$$\Delta H_{ij} = (h_j - h_i) - (N_j - N_i) \quad (24)$$

veya

$$\Delta H_{ij} = \Delta h_{ij} - \Delta N_{ij} \quad (25)$$

eşitliği ile hesaplanabilir.

Burada;

ΔH_{ij} : Bazvektörünün i ve j noktaları arasındaki ortometrik yükseklik farkı,

h_i, h_j : i ve j noktalarında elipsoid yüksekliği,

N_i, N_j : i ve j noktalarında interpolasyonla hesaplanan TG-99A jeoid yüksekliğidir.

d. Yerel GPS/Nivelman Jeoid Modelinin Oluşturulması

Bu yöntemde, çalışma bölgesinde yeterli sayı ve dağılımda olacak şekilde seçilmiş ve geometrik nivelman ölçüleri ile TUDKA-99 datumunda Helmert ortometrik yükseklikleri hesaplanan GPS noktalarının (TUTGA-99A datumunda elipsoid yükseklikleri bilinen noktalar) GPS/Nivelman jeoid yükseklikleri ($N=h-H$) hesaplanır. Daha sonra, bu noktalardaki GPS/Nivelman jeoid yüksekliklerine uygun bir matematik yüzey geçirilerek bölge için jeoid yükseklikleri modellendirilir.

5. SAYISAL UYGULAMA

Sayısal uygulama ile arazide hiç nivelman ölçüsü yapmadan, jeodezik noktaların GPS ile belirlenen elipsoid yüksekliklerinin TUDKA-99 datumunda ortometrik yüksekliklere dönüştürülmesinde, TG-99A'nın doğrudan kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Uygulamada, Harita Genel Komutanlığı tarafından 2001-2004 yılları arasında Türkiye geneline dağılmış hava alanlarında mühendislik amaçlı jeodezik çalışmalarda tesis, ölçü ve hesabı yapılan 167 adet GPS/Nivelman noktası (Şekil 8) kullanılmıştır. Çalışmalarda seçilen nivelman noktalarının sağlam olup olmadıkları, arazide yapılan nivelman ölçüleri ile kontrol edilmiş ve sağlam olan nivelman noktalarında GPS ölçüsü yapılmıştır. Diğer taraftan, arazi çalışmaları sırasında, GPS ölçüsü yapılmaya uygun olmadığı görülen nivelman noktaları geometrik nivelman ölçüsü ile açığa taşınarak (yaklaşık 30-40m) GPS ölçüsüne uygun bir hale getirilmiştir. Bu noktalarda yapılan GPS ölçüleri, Harita Genel Komutanlığına lisanslı Trimble GPSurvey 2.35 ticarî GPS ölçü değerlendirme yazılımı (TGS, 1999) ile değerlendirilmiştir. Değerlendirmede GPS baz vektörleri ölçü olarak alınmış ve ölçüler TUTGA-99A noktalarına dayalı olarak dengelenerek çalışma bölgesindeki nivelman noktalarının; GRS-80 elipsoidini referans alan ITRF-96 datumunda ve 1998.0 epoğundaki jeodezik koordinatları (λ, ϕ, h) hesaplanmıştır.

a. $N_{GPS/Niv.}$ ve N_{TG-99A} Jeoid Yüksekliklerinin Hesaplanması

Test noktası olarak kullanılan 167 adet GPS/Nivelman noktasındaki $N_{GPS/Niv.}$ jeoid yükseklikleri, (15) eşitliğinin

$$N_{GPS/Niv.} = h_{TUTGA-99A} - H_{TUDKA-99}$$

(26)

şeklinde yeniden düzenlenmesi ile hesaplanmıştır. Noktaların ortometrik yükseklikleri ($H_{TUDKA-99}$) TUDKA-99 datumunda, elipsoid yükseklikleri ($h_{TUTGA-99A}$) ise TUTGA-99A datumundadır. Çalışmada kullanılan GPS/Nivelman noktalarının jeoid yükseklikleri (N_{TG-99A}) ITRF-96 koordinatları yardımıyla TG-99A'dan interpolasyonla hesaplanmıştır. Daha sonra $N_{GPS/Niv.}$ jeoid yüksekliği ile TG-99A'dan hesaplanan N_{TG-99A} jeoid yüksekliği karşılaştırılmıştır. Hesaplanan jeoid yükseklikleri ($N_{GPS/Niv.}$) ile TG-99A'dan hesaplanan jeoid yükseklikleri (N_{TG-99A}) arasındaki farklar (ΔN);

$$\Delta N = N_{GPS/Niv.} - N_{TG-99A}$$

(27)

eşitliği ile hesaplanmıştır. 167 adet GPS/Nivelman noktasında hesaplanan ΔN farklarına ait istatistikler Tablo 1'de, fark verilerine ait "Sıklık Tablosu" Tablo 2'de, farkların noktalara göre dağılımı grafik olarak Şekil 9'da gösterilmiştir.

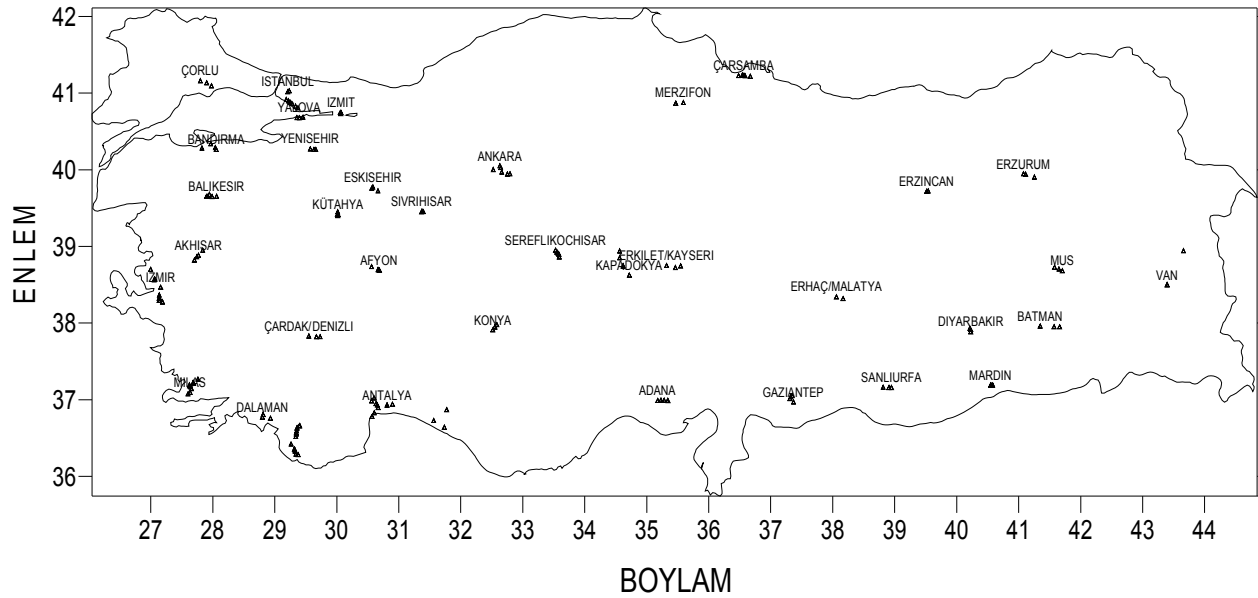
Farkların en küçüğü (cm)	-42.89
Farkların en büyüğü (cm)	34.71
Farkların ortalaması (cm)	0.48
Farklara ait standart sapma (cm)	± 12.7
Farkların RMS değeri (cm)	± 12.6

Tablo 1: 167 GPS/Nivelman noktasında, ($N_{GPS/Niv.} - N_{TG-99A}$) farklarına ait istatistikler (cm).

Sınıf No	Alt Değer	Üst Değer	Ara Değer	Frekans
1	-42.900	-36.961	-39.931	2
2	-36.961	-31.022	-33.992	2
3	-31.022	-25.084	-28.053	2
4	-25.084	-19.145	-22.114	5
5	-19.145	-13.206	-16.175	11
6	-13.206	-7.267	-10.237	21
7	-7.267	-1.329	-4.298	17
8	-1.329	4.610	1.641	37
9	4.610	10.549	7.580	44
10	10.549	16.488	13.518	18
11	16.488	22.427	19.457	3
12	22.427	28.365	25.396	2
13	28.365	34.304	31.335	2
14	34.304	40.243	37.274	1
			Toplam	167

Tablo 2: 167 GPS/Nivelman noktasının ($N_{GPS/Niv.} - N_{TG-99A}$) fark verilerine ait “Sıklık Tablosu”.

Tablo 2’den görüldüğü gibi noktaların %82’sine karşılık gelen 137 adet GPS/Nivelman noktasındaki jeoid yükseklik farkları (ΔN), 10.5 cm ile -13.2 cm arasında dağılım göstermektedir.

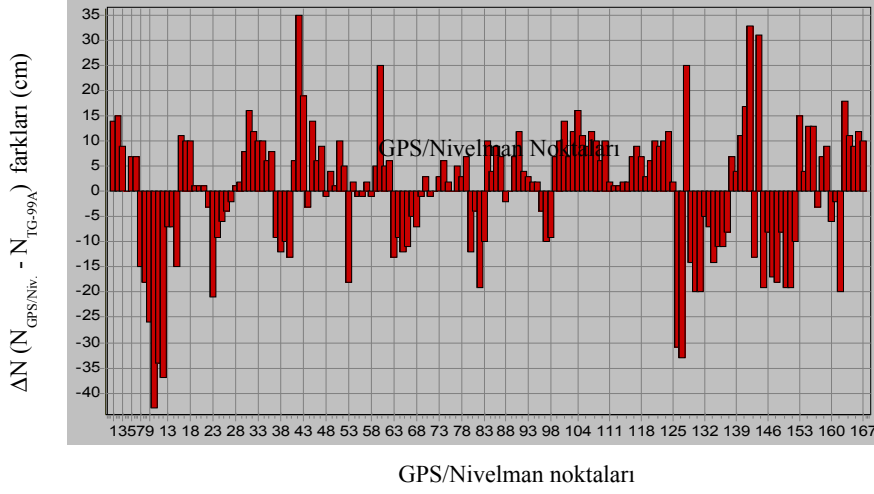


Şekil 8: 167 GPS/Nivelman noktasının Türkiye’deki dağılımı.

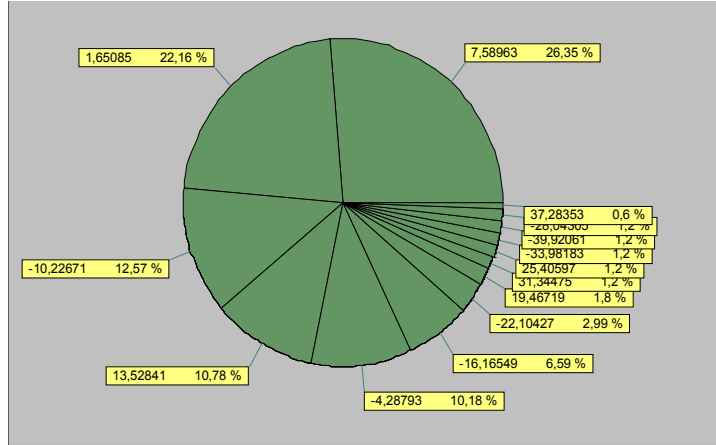
Fark grafiklerinin, sıklık tablosunun ve yüzde cinsinden değerlerin hesaplanması ve çizdirilmesi Selçuk Üniversitesi İstatistik Bölümü tarafından geliştirilen “Selçuk Stat Deneme Sürümü 1.0.8” yazılımı (Selçuk Stat, 2004) kullanılarak yapılmıştır.

167 adet GPS/Nivelman noktasındaki ($N_{GPS/Niv.} - N_{TG-99A}$) farklarının, sıklık tablosundaki (Tablo 2) ara değerlerinin (sınıf orta değerlerine) yüzdelik ve tekrarlılık cinsinden değerleri; grafik olarak Şekil 10 ve Şekil 11’de gösterilmiştir. 167 GPS/Nivelman noktasındaki ΔN farkları Türkiye haritası üzerinde grafik olarak Şekil 12’de gösterilmiştir.

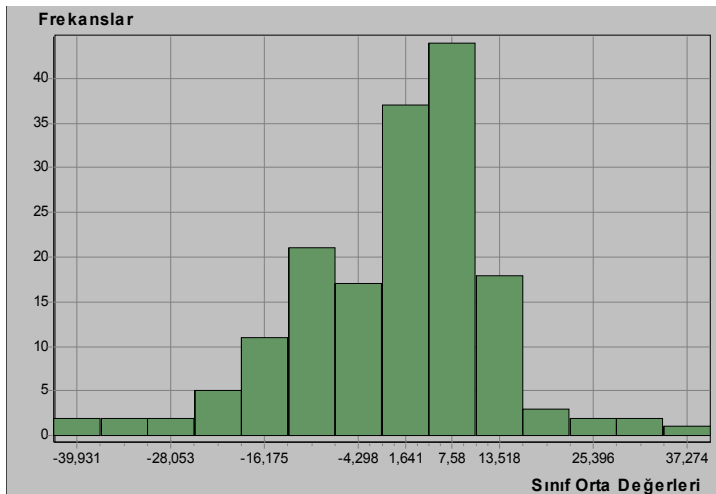
Şekil 12’de ($N_{GPS/Niv.} - N_{TG-99A}$) farklarının en büyük olduğu değerlerin, özellikle ülkemizde 1999 yılında meydana gelen “Marmara depremi”nin büyük oranda etkilediği Sakarya ve İzmit illeri bölgesinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bunun nedeninin, karşılaştırmada kullanılan bölge nivelman nokta yüksekliklerinin, söz konusu deprem nedeniyle değişikliğe uğraması olduğu değerlendirilmektedir.



Şekil 9: 167 adet test noktasında ($N_{GPS/Niv.} - N_{TG-99A}$) farkları grafiği.



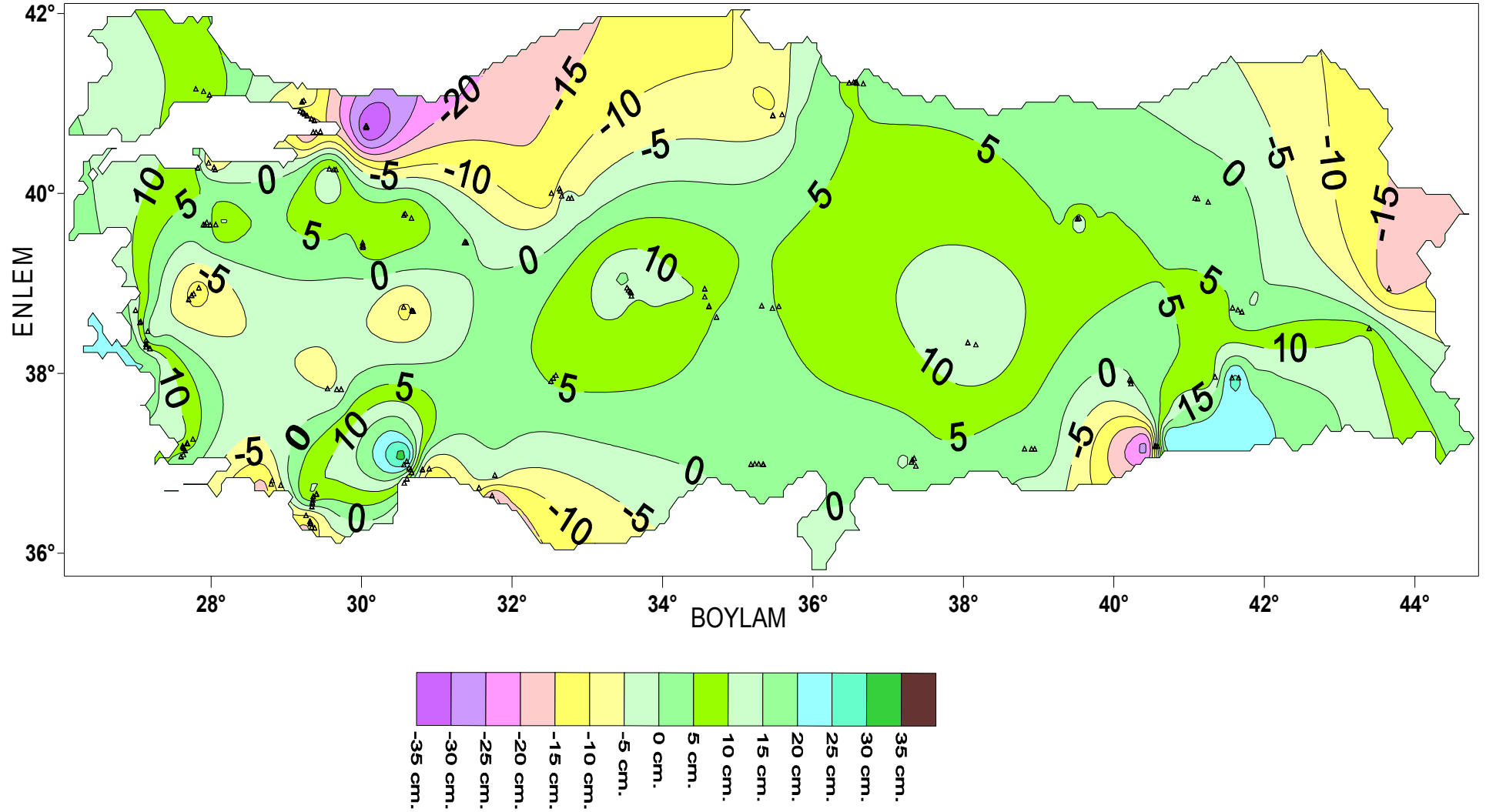
Şekil 10: ($N_{GPS/Niv.} - N_{TG-99A}$) farklarının sıklık tablosundaki (Tablo 2) ara değerlerinin (sınıf orta değerlerin) yüzde cinsinden değerleri.



Şekil 11: ($N_{GPS/Niv} - N_{TG-99A}$) farklarının sıklık tablosundaki (Tablo 2) sınıf orta değerlerinin tekrarlılık (frekans) değerleri.

Karşılaştırmalarda, ($N_{GPS/Niv} - N_{TG-99A}$) farklarına ilişkin olarak hesaplanan ± 12.7 cm'lik standart sapma değeri, Kılıçoğlu (2004) tarafından TG-99A'nın dış doğruluğu için verilen +15 cm değeri ile uyuşmaktadır.

Büyük ölçekli çalışmalarda Güncellenmiş Türkiye Jeoidinin (TG—99A) doğrudan kullanılabilirliğinin araştırılması



Şekil 12: 167 test noktasının dağılımı ve Türkiye ($N_{GPS/Niv} - N_{TG-99A}$) jeoid yükseklik farkı haritası.

6. SONUÇ

GPS ile belirlenen elipsoid yüksekliklerinin, ulusal yükseklik sistemine dönüştürülmesinde ulusal bir jeoid modeline ihtiyaç duyulur. Kılıçoğlu (2004) tarafından, ülkemizde en son oluşturulan ulusal jeoidin Türkiye Jeoidi 1999A (TG-99A) olduğu ve TG-99A'nın yaklaşık 10 cm iç duyarlılığa ve 15 cm doğruluğa sahip olduğu, ayrıca, orta küçük ölçekli coğrafi materyal üretiminde kullanılabileceği belirtilmektedir.

Bu yazıda, büyük ölçekli harita üretim çalışmalarında GPS ölçüsü ile elipsoid yüksekliği belirlenen noktaların ortometrik yüksekliklerinin belirlenmesinde TG-99A'nın doğrudan kullanılabilirliği amacıyla yapılan araştırma sonuçları verilmektedir. Araştırmada Türkiye geneline olabildiğince homojen olarak dağılmış 167 adet test noktası kullanılmış ve 167 adet test noktasının TG-99A'dan hesaplanan jeoid yükseklikleri (N_{TG-99A}) ile geometrik nivelman ve GPS/Nivelman ölçülerinden yararlanarak hesaplanan jeoid yükseklikleri ($N_{GPS/Niv.}$) karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada, Türkiye geneline dağılmış 167 adet GPS/Nivelman noktasında belirlenen GPS/Nivelman jeoid yükseklikleri ($N_{GPS/Niv.}$) ile TG-99A jeoid yükseklikleri (N_{TG-99A}) arasındaki farkların en küçüğünün -42,9 cm, en büyüğünün 34,7 cm ortalamasının 0,48 cm, standart sapmasının ise $\pm 12,7$ cm olduğu belirlenmiştir. Fark haritası Şekil 12'de verilmiştir. Söz konusu farklar, TG-99A'nın;

- a. Bir kaç desimetre doğrulukta bir jeoid olduğunu,
 - b. Türkiye genelinde yapılacak büyük ölçekli harita yapım çalışmaları için;
- (1) Tüm bölgelerde istenen yükseklik doğruluğunu (± 10 cm) sağlamadığını,
 - (2) Türkiye'nin yaklaşık % 59'sını kaplayan iç bölgelerde ± 10 cm civarında doğruluk sağladığını,
 - (3) Deniz ve ülke sınırlarına yakın bölgeler ile dağlık bölgelerde ± 10 cm'den daha az doğrulukta jeoid yükseklik bilgisi sağladığını,
- c. 1/5000'den daha küçük ölçekli harita üretimlerinde ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) çalışmalarında ihtiyaç duyulan nokta ortometrik yüksekliklerinin belirlenmesinde doğrudan kullanılabileceğini göstermektedir.

Şekil 12'deki Türkiye haritasının incelenmesinden;

- a. Ülkemizde 40° 'den daha küçük enlemde yer alan bölgeler ile ülke sınırları ve deniz kıyılarında, ihtiyatlı olmak koşulu ile doğrudan TG-99A kullanılarak ± 10 cm doğrulukla yükseklik dönüşümünün olanaklı olduğu anlaşılmaktadır. Bu bölgelerde yapılacak büyük ölçekli harita üretim çalışmalarında, GPS ölçüleriyle TUTGA datumunda belirlenen elipsoid yüksekliğinin, ortometrik yüksekliğe dönüştürülmesinde TG-99A'nın doğrudan kullanımının olanaklı olduğu görülmektedir.
- b. ($N_{GPS/Niv.} - N_{TG-99A}$) farklarının ± 10 cm'den büyük olduğu bölgelerin, genel olarak Kuzey Anadolu Fay Hattının uzandığı bölgeler olduğu görülmektedir. Bu nedenle, bölgedeki nivelman hatlarının tesis ve ölçüsünden sonra meydana gelen depremler nedeniyle bölgede yer alan nivelman hatlarında yenileme ölçülerinin yapıp yapılmaması konusu değerlendirilmelidir.

1/5000 ve daha büyük ölçekli harita ve harita bilgilerinin üretimi ile mühendislik amaçlı çalışmalarda personel, zaman ve para tasarrufu sağlamak üzere, santimetre doğrulukta bir Türkiye Jeoidine olan ihtiyaç günümüzde giderek artmaktadır. Türkiye jeoidinin santimetre doğrulukta hesaplanacağı zamana kadar geçecek sürede, büyük ölçekli harita üretimlerinde, nokta yüksekliklerinin istenen doğrulukta belirlenmesi için; bu yazıda açıklanan TG-99A jeoidinin yerel GPS/Nivelman jeoidi ile geliştirilmesi uygun olacağı değerlendirilmektedir.

TG-99A'nın geliştirilmesi için önce, geçki kontrolleri yapılmış uygun sayı ve dağılımdaki GPS/Nivelman noktaları ile yerel GPS/Nivelman jeoidi (yerel jeoid) oluşturulmalı, daha sonra bu raporda açıklanan "TG-99A'nın geliştirilmesi yöntemi"ndeki işlem sırası takip edilerek güncelleştirilmesinin uygun olacağı değerlendirilmektedir. Ancak, çalışmada seçilecek nivelman noktalarının sağlam olup olmadıkları mutlaka kontrol edilmeli ve GPS ölçüleri sağlam olan nivelman noktalarında yapılmalıdır.

GPS ölçüsü ile hesaplanan yatay konum bileşenleri elipsoid yüksekliklerinden daha yüksek doğrulukla belirlendiğinden, yükseklik transferi (belirleme) çalışmalarında dayanak noktası olarak kullanılacak TUDKA noktalarındaki GPS gözlemlerinin uzun süreli yapılmasının uygun olacağı değerlendirilmekte, ayrıca araştırmacıların GPS ile yüksek doğrulukta elipsoid yüksekliklerinin belirlenmesi konusuna yönelmelerinin gerekli olduğu değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

Ayhan M.E., Demir C., 1992). Türkiye Ulusal Düşey Kontrol (Nivelman) Ağı-1992 (TUDKA-92). Harita Dergisi, Sayı 109.

Ayhan M.E., 1993. Geoid determination in Turkey (TG-91). Bull. Geodesique, No.67, sayfa 10-22.

Ayhan,M.E., Lenk O., Demir C., Kılıçoğlu A., Kahveci M., Türkezer A., Ocak M., Açıkgöz M., Yıldırım A., Aktuğ B., Şengün Y.S., Kurt A.İ., Fırat O., 2001. Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı-1999 (TUTGA-99) Teknik Rapor. İç Rapor, Hrt.Gn.K.lığı, Ankara.

Ayhan,M.E., Demir C., Lenk A.O., Kılıçoğlu A., Aktuğ B., Açıkgöz M., Fırat O., Şengün Y.S., Cingöz A., Gürdal M.A., Kurt A.İ., Ocak M., Türkezer A., Yıldız H., Bayazıt N., Ata M., Çağlar Y., Özerkan A., 2002. Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı-1999A (TUTGA-99A). Harita Dergisi, Özel Sayı 16.

Demir C., 1999. Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999 (TUDKA-99). HGK İç Rapor No: Jeofniv-02-1999, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Gürkan O., 1984. Fiziksel Jeodezi K.T.Ü. Genel Yayın No:19 Fakülte Yayın No:8 K.T.Ü. Basımevi Trabzon

Holdahl S.R., 1979. Height Systems for North America, Proc. First Int. Con. on redefinition of the North American Geodetic Vertical Control Network. Correction of Levelling Refraction. Bull. Geod. Vol. 55, No. 3, sayfa 231-249.

Kılıçoğlu A., 2004. Güncelleştirilmiş Türkiye Jeoidi (TG-99A). <http://www.hgk.mil.tr/> (akademik çalışmalar/ bildiriler/ jeodezi).

Kılıçoğlu A., Fırat O., 2003. TUJK 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı 24-25-26 Eylül, Konya

Selçuk Stat, 2004. Selçuk Stat Deneme Sürümü 1.0.8. Selçuk Üniversitesi, İstatistik Bölümü.

Smith W.H.F., Wessel P., 1990. Gridding With Continuous Curvature Splines in Tension. Geophysics, 55, sayfa 293-305.

TGS, 1999. "Trimble Gpsurvey" GPS Ölçü Değerlendirme Yazılımı. Trimble Navigation Limited. 645 North Mary Avenue Sunny, CA 940864SA. www.trimble.com

Torge W., 1980. Geodesy, Walter de Gruyter, Berlin, Newyork.

Tscherning C.C., Knudsen P., Forsberg R., 1994. Description of the GRAVSOFT Package. Geophysical Institute, University of Copenhagen, Technical Report, 1991, 2.Ed. 1992, 3. Ed 1993, 4. Ed. 1994.

Yıldırım A., 2000. Türkiye Mutlak Jeoidinin (TG-2000) Belirlenmesi. HGK İç Rapor No:JEOf-NİV-1-02, Ankara,

**BÜYÜK ÖLÇEKLİ ÇALIŞMALARDA GÜNCELLENMİŞ TÜRKİYE JEODİNİN (TG—99A)
DOĞRUDAN KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

SUNUM YAPAN YAZARIN ADI : Mehmet Ali GÜRDAL

ÖZGEÇMİŞ

İLETİŞİM BİLGİLERİ

Adı-Soyadı: M.Ali GÜRDAL

Yazışma Adresi: Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Harita Genel Komutanlığı 06100-Ankara, Türkiye

Telefon: 0-312-595 22 60

Faks: Hrt. Gn. K.lığı 0-312-320 14 95

e-posta: mgurdal@hgk.mil.tr

Adı-Soyadı: Selçuk CEYLAN

Yazışma Adresi: Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Harita Genel Komutanlığı 06100-Ankara, Türkiye

Telefon: 0-312-595 22 38

Faks: Hrt. Gn. K.lığı 0-312-320 14 95

e-posta: sceylan@hgk.mil.tr