

ÖLÇÖLEN, KESTİRİLEN VE NORMAL GRAVİTENİN
JEOPOTANSİYEL SAYI VE NİVELMAN AĞ DENGELMESİNDEKİ
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Nejat AKSOY
Osman ALP
Emin AYHAN

ÖZET

Gravite ölçülmeyen nivelman geçkileri boyunca, jeopotansiyel sayı hesaplamak için normal gravite veya gravite kestirim yöntemleriyle kestirilen gravite kullanılır. Test geçkisi olarak seçilen farklı nitelikli üç birinci derece nivelman geçkisinde yapılan irdelemede, geçki uzunluğu ve engebeliğine bağlı olarak normal gravite ile ~ 2.5 cm, kestirilen gravite ile ~ 0.1 cm doğrulukla jeopotansiyel sayı belirlenmiştir. Ölçüleri % 5.5 oranında normal gravite veya kestirilen gravite ile hesaplanan jeopotansiyel sayılardan oluşan bir test nivelman ağında; dengeleme sonrası istatistiklerin değişmediği, bilinmeyenlerin normal gravite için ~ 1 cm, kestirilen gravite için ~ 0.5 mm değiştiği görülmüştür.

1. GİRİŞ

W_0 jeoidin potansiyeli ile bir yeryüzü noktasının W potansiyeli arasındaki fark C noktanın C jeopotansiyel sayısı olarak bilinir ve

$$C = W_0 - W \quad (1.1)$$

eşitliği ile verilir. Jeodezide bilinen fiziksel nitelikli H yükseklik türleri jeopotansiyel sayıdan yararlanarak

$$H = \frac{C}{G} \quad (1.2)$$

genel eşitliği ile belirlenebilir. Burada G ; nokta ile başlangıç yüzeyi (jeoid, elipsoid) arasında, noktadan geçen çökül eğrisi boyunca bir ortalama gravite olup yükseklik türünün tanımlayıcısıdır ve

$$G = A + BH \quad (1.3)$$

genel eşitliği ile tanımlanır. (1.3) eşitliğinde A ve B katsayıları yükseklik türüne bağlıdır ve uygulamada sık kullanılan iki yükseklik türü için bu katsayıların aldığı değerler aşağıda verilmektedir.

Helmert Ortometrik Yüksekliği ;

$$A = g \quad , \quad B = -0.424$$

Molodensky (Normal) Yüksekliği ;

$$A = \gamma_0 \quad , \quad B = \frac{\gamma_0}{a} \left[-(1+f+m - 2f \sin^2 \phi) + \frac{H}{a} \right]$$

Burada ;

g : yeryüzünde ölçülen gravite

γ_0 : elipsoid üzerinde normal gravite

f : basıklık

ϕ : jeodezik enlem

$$m = \frac{\omega^2 ab}{kM}$$

ω : yerin açısal dönme hızı

a, b : elipsoidin büyük ve küçük yarıksenleri

kM : Newton çekim sabiti ile yer kitlesi çarpımıdır.

Yüksekliğin (1.2) eşitliğinden hesaplanabilmesi için öncelikle C jeopotansiyel sayının belirlenmesi gerekmektedir. P_0 jeoid noktası ve P yeryüzü noktası olmak üzere P noktasının jeopotansiyel sayısı C_p ;

$$C_p = \int_{P_0}^P g \, dH \quad (1.4)$$

ile bulunur. Uygulamada nivelman noktaları, aralarında belirli uzaklık bulunan noktalardır. Nivelman noktaları arasında geometrik nivelman δH ve noktalar üzerinde gravite (g) ölçüsü yapıldığından (1.4) eşitliği ;

$$C_p = \sum_{P_0}^P g \, \delta H \quad (1.5)$$

olarak kullanılır (Heiskanen - Moritz, 1967).

Nivelman ağlarının dengelemesinde; tam diferansiyel, tek anlamlı ve konumun fonksiyonu olan C jeopotansiyel sayı bilinmeyen ve ΔC jeopotansiyel sayı farkları ölçü olarak seçilir. Bu nedenle geometrik nivelman ve gravite ölçülerinden yararlı ΔC 'nin doğru olarak belirlenmesi önem kazanmaktadır.

Ancak uygulamada değişik nedenlerle nivelman noktalarında gravitenin ölçüleme-
diği durumlar olmaktadır. Bu gibi durumlarda jeopotansiyel sayı farkının
belirlenmesi nivelman noktalarında gravitenin belirlenmesini gerektirir. Bu
amaçla iki seçenek düşünülebilir ;

a. γ normal gravite g gerçek graviteye özdeş kabul edilir,

b. Nivelman noktası çevresine dağılmış noktalardaki gravite ölçülerin-
den uygun kestirim yöntemi ile nokta üzerindeki gravite hesaplanır.

Sözü edilen iki seçenekle belirlenen gravitenin ΔC hesabına olan etkisi
ve bu yolla bulunan ΔC ölçüleriyle yapılan dengelemenin sonuçlar üzerindeki
etkisinin incelenmesi uygulama açısından önemlidir.

Bu amaçla nivelman noktalarında gravite kestirimine uygun bir yöntem
ikinci bölümde ve nivelman ağlarının en küçük kareler dengelemesi ile den-
geleme sonrası istatistik testler üçüncü bölümde açıklanmaktadır. Dördüncü
bölümde ölçülen, kestirilen ve normal gravite ile üç test birinci derece
nivelman geçkisi boyunca ΔC 'ler ayrı ayrı hesaplanarak karşılaştırılmakta-
dır. Aynı bölümde, farklı nitelikli gravitelerle ΔC 'leri bulunan test nivel-
man geçkilerini de içeren bir test nivelman ağı dengelemesinde, bu farklı
 ΔC 'lerin etkisi incelenmektedir.

2. GRAVİTE KESTİRİMİ

Gerçek gravite g_p ; biri normal gravite γ_Q ve dięeri serbest hava ano-
malisi Δg_p olmak üzere

$$g_p = \gamma_Q + \Delta g_p \quad (2.1)$$

biçiminde iki parçadan oluşturulabilir. Bu eşitlikteki γ_Q , gerçek gravite-
nin belirli olduğu P yeryüzü noktasına karşılık Q tellüroid noktasında ta-
nımlıdır. Normal gravite, benimsenen jeodezik referans sisteminin parametre-
leri ile noktanın enlem ve yüksekliği verildiğinde ;

$$\gamma_Q = \gamma_o - \frac{2 \gamma_a}{a} \left[1+f+m+(-3f+\frac{5}{2}m) \sin^2 \phi_Q \right] H_Q + \frac{3 \gamma_a}{a^2} H_Q^2 \quad (2.2)$$

eşitliği ile hesaplanır (Heiskanen - Moritz, 1967). Burada γ_a ekvatordaki nor-
mal gravitedir. Diğer gösterimler bölüm 1'de tanımlıdır.

(2.1) ve (2.2) eşitlikleri ile herhangi bir noktada gravite kestirimi o noktada Δg_F serbest hava anomali kestirimine dönüşmektedir. Bu amaçla değişik yöntemler kullanılmakta olup bu çalışmada üç aşamalı ve

$$\Delta g_{F_p} = 0.1119 H_p + \sum_{k=0}^2 \sum_{l=0}^1 c_{kl} x_p^k y_p^l + \frac{\sum_{i=1}^N \Delta g_{II_i} d_{ip}^{-3.5}}{\sum_{i=1}^N d_{ip}^{-3.5}} \quad (2.3)$$

I nci aşama

II nci aşama

III ncü aşama

genel eşitliği ile verilen yöntem uygulanacaktır. Sözkonusu yöntemin her aşaması bağımsız olup birbiri ardısıra ve kendinden bir önceki aşamada bulunan artık anomali ölçüleri ile uygulanır. İlk aşamada elde edilen tamamlanmamış Bouguer anomalilerine ikinci aşamada 3 ncü dereceden iki boyutlu bir polinom geçirilmektedir. Üçüncü aşamada ise ağırlıklı ortalamalar kestirim yöntemi kullanılmaktadır. (2.3) eşitliğindeki gösterimlerin anlamları aşağıda açıklanmaktadır.

Δg_{F_p} : P noktasında kestirilen serbest hava anomalisi

H_p : P noktasının yüksekliği

c_{kl} : bilinmeyen katsayılar

d_{ip} : P ve i nci ölçü noktası arasındaki uzaklık

N : ölçü nokta sayısı , (10 < N olarak alınmaktadır).

$x_p = (\phi_p - \phi_o) R_o$, $y_p = (\lambda_p - \lambda_o) \text{Cos } \phi_o R_o$

$R_o = \sqrt{M_o N_o}$, $e^2 = 1 - (b/a)^2$

$M_o = a(1-e^2) (1-e^2 \text{Sin}^2 \phi_o)^{-3/2}$, $N_o = a(1-e^2 \text{Sin}^2 \phi_o)^{-1/2}$

ϕ_p, λ_p : P noktasının enlem ve boylamı

$\phi_o = N^{-1} \sum_{i=1}^N \phi_i$, $\lambda_o = N^{-1} \sum_{i=1}^N \lambda_i$

ϕ_i, λ_i : i nci ölçü noktasının enlem ve boylamı

Yukarıda açıklanan kestirim yöntemi serbest hava anomali kestiriminde ± 3 mgal doğruluk sağlamakta olup uygulamaya yönelik diğer özellikleri Ayhan-Alp (1988)'de verilmektedir.

Uzak nokta etkisinin küçük olması, az sayıda ölçü ile hesaplamaların bilgisayar zamanından tasarruf sağlaması ve genellikle nivelman geçkilerinin büyük bölgelere yayılması nedenleriyle sözü edilen kestirim yönteminin sınırlı bir bölgede uygulanması anlamlı olmaktadır. Kestirimin uygulandığı bölge meridyen ve paraleller ile sınırlı iç ve dış olmak üzere içiçe iki bölgeden oluşur. İç bölge ölçü noktalarına ek olarak kestirim noktalarının tamamını da kapsar. Dış bölge ise iç bölge merkezde olarak iç bölge dışında kalan tüm ölçü noktalarını kapsar. İç ve dış bölgelerin genişliği ile seçim özellikleri bölüm 4'de açıklanmaktadır.

3. NİVELMAN AĞ DENGELMESİ VE İSTATİSTİK TESTLER

Bu bölümde nivelman ağlarının dolaylı ölçülerle en küçük kareler dengelemesi ve dengeleme sonrası uygulanan B-test yöntemi kısaca açıklanacaktır. Bir nivelman ağının u sayıda noktasının C_i ($i=1,2,\dots,u$) jeopotansiyel sayıları \underline{X} bilinmeyen vektörünü, n adet nivelman geçkisi boyunca ΔC_j ($j=1,2,\dots,n$) jeopotansiyel sayı farkları \underline{l} ölçü vektörünü oluşturmak üzere, ölçüler arasında korelasyon olmadığı varsayımı ile dengelemenin matematik modeli ;

$$\underline{A} \underline{X} = \underline{l} + \underline{v} \quad (3.1)$$

$$\underline{P}_\ell = \text{diag} (P_{11}, P_{22}, \dots, P_{jj}, \dots, P_{nn}) \quad (3.2)$$

$$P_{jj} = \frac{200}{t^2 S_j} \quad (3.3)$$

ile oluşturulur (Kok v.d., 1980). Burada \underline{A} katsayılar matrisi, \underline{v} düzeltme vektörü, P_{jj} ağırlıklar, t mm cinsinden km de gidiş dönüş kapanması ve S_j km biriminde geçki uzunluğudur. Nivelman noktalarının tamamı bilinmeyen kabul edildiğinde serbest ağ dengelemesi sözkonusudur ve (3.1), (3.2), (3.3) ile verilen matematik modelin en küçük kareler ilkesini sağlayan çözümü ;

$$\hat{\underline{X}} = (\underline{A}^T \underline{P}_\ell \underline{A})^+ \underline{A}^T \underline{P}_\ell \underline{l} \quad (3.4)$$

$$\hat{\underline{v}} = (\underline{A} (\underline{A}^T \underline{P}_\ell \underline{A})^+ \underline{A}^T \underline{P}_\ell - \underline{I}) \underline{l} \quad (3.5)$$

$$Q_{\hat{\underline{X}}\hat{\underline{X}}} = (\underline{A}^T \underline{P}_\ell \underline{A})^+ \quad (3.6)$$

$$Q_{\hat{\underline{v}}\hat{\underline{v}}} = Q_{\ell\ell} - \underline{A} (\underline{A}^T Q_{\ell\ell}^{-1} \underline{A})^+ \underline{A}^T \quad (3.7)$$

$$Q_{\ell\ell} = P_{\ell}^{-1}$$

$$\hat{\sigma}_o^2 = \frac{\hat{v}^T P_{\ell} \hat{v}}{f} \quad (3.8)$$

$$m_{i\zeta}^2 = \frac{\sigma_o^2 \text{Iz}(Q_{\hat{x}\hat{x}})}{u} \quad (3.9)$$

olarak bulunur. Burada (.)⁺ Pseudoinvers, $Q_{\hat{x}\hat{x}}$ bilinmeyenlerin ağırlık tersi matrisi, $Q_{\hat{v}\hat{v}}$ düzeltmelerin ağırlık tersi matrisi, $\hat{\sigma}_o^2$ birim ağırlıklı ölçünün aposteriori varyansı, $m_{i\zeta}$ iç duyarlık ve f serbestlik derecesidir ($f=n-u+1$) (Mierlo, 1979 ; Ayhan - Yanıçoğlu, 1987).

Nivelman noktalarından en az birinin bilinmesi durumunda dayalı ağ dengelemesi sözkonusudur ve çözüm (3.4) - (3.7) eşitliklerinde pseudo invers yerine (.)⁻¹ Cayley inversi konularak bulunur. Dayalı ağ dengelemesinde f serbestlik derecesi ($n-u$) alınır.

Dengeleme sonrası uygulanan B-test yöntemi birbiri ile bağıntılı iki testten oluşur (Baarda, 1968 ; LGR, 1982)

a. σ^2 - testi (varyans testi, F dağılım testi) ;

$$\frac{\hat{\sigma}_o^2}{\sigma_o^2} \leq F_{1-\alpha} ; f , \infty \quad (3.10)$$

ile ifade edilir. Burada σ_o^2 birim ağırlıklı ölçünün apriori varyansı, α testin anlamlık derecesi ve $F_{1-\alpha} ; f , \infty$ F dağılımı kritik değeridir.

b. w - testi (data snooping) ;

$$w_i = \frac{-v_i}{\sigma_{v_i}} \sim N(0,1) \quad (3.11)$$

$$\sigma_{v_i}^2 = \sigma_o^2 Q_{\hat{v}_i \hat{v}_i} \quad (3.12)$$

olmak üzere

$$\left| w_i \right|_{\max} < \sqrt{F_{1-\alpha_o} ; 1, \infty} \quad (3.13)$$

koşulunu sağlamayan ölçü uyumsuz ölçü olarak belirlenir. Burada α_0 tek boyutlu testin anlamlılık derecesidir.

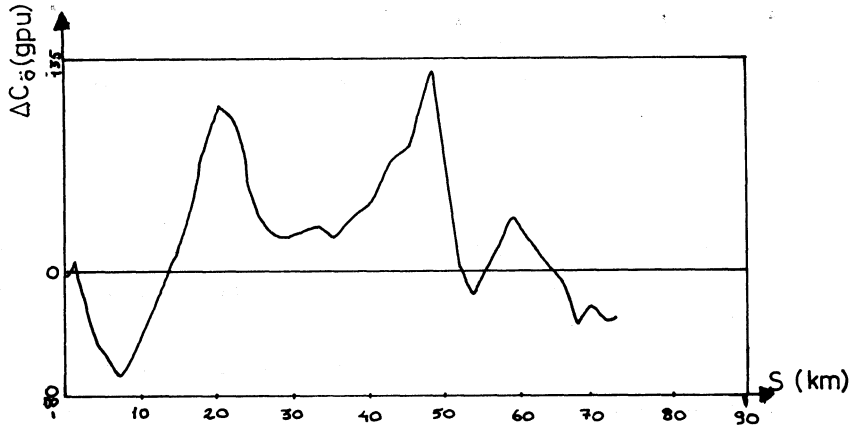
4. SAYISAL UYGULAMA

Gravite ölçülmemesi durumunda bölüm 1'de sözü edilen yollar ile hesaplanan gravitenin jeopotansiyel sayı farkı ve nivelman ağ dengelemesindeki etkilerini göstermek üzere, farklı niteliğe sahip arazilerde seçilen üç test I nci derece nivelman geçkisinde inceleme yapılmıştır. Test nivelman geçkilerinin genel özellikleri Tablo-1'de verilmektedir. Her üç geçki boyunca topoğrafyanın yükseklikle değişimi Şekil-1'de ayrıca gösterilmiştir. Test geçkilerinde mevcut nivelman noktaları üzerinde gravite ölçülmüş ve ayrıca enlem ve boylamları 1/25000 ölçekli haritalardan interpole edilerek belirlenmiştir.

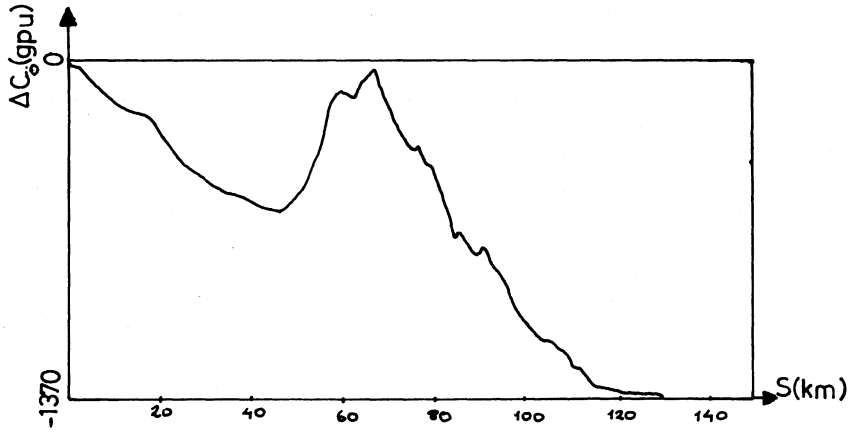
Geçki No.	Nok. Sayısı	Toplam Uzunluk (km)	Ort.Nok. Uzaklığı (km)	Yükseklik Değişimi (m)	Yerleşim Yerleri
42	43	72.8	1.7	197.6	KULU/KONYA-GÖLBAŞI/ANKARA
48B	116	124.3	1.1	1456.1	TARSUS-POZANTI-ÇAKMAK
50	162	267.8	1.7	1605.8	KONYA-KARAMAN-SİLİFKE

Tablo-1 : Test Nivelman Geçkileri.

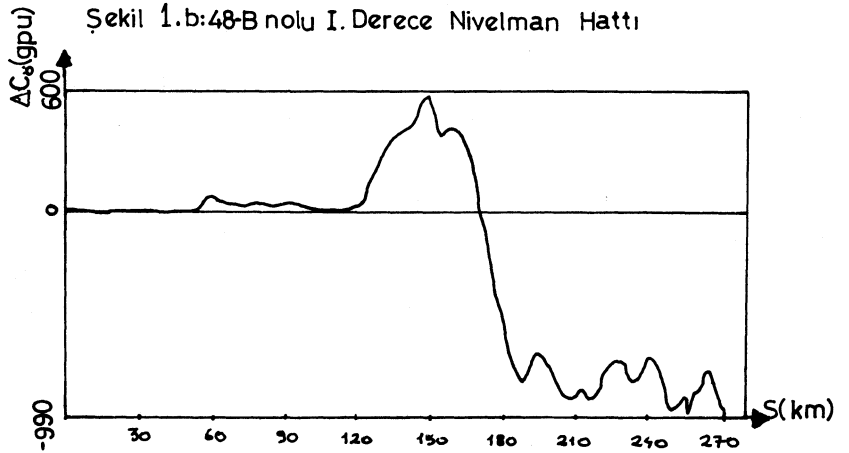
Enlemi ve yüksekliği verilen bir nivelman noktasında γ normal gravite, (2.2) eşitliğinde GRS80 sisteminin parametreleri ile kolayca hesaplanabilir. Bölüm 1'de sözü edilen ikinci seçenekle gravite hesaplamak için bölüm 2'de açıklanan kestirim yöntemi dış sınırları meridyen ve paraleller ile belirli 30' x 30' genişliğinde bir bölgede uygulanacaktır. Söz konusu bölge iç içe konumlanmış iç ve dış olmak üzere iki bölgeden oluşur. Nivelman geçkisinde yer alan nivelman noktaları aynı zamanda hesap noktalarıdır ve geniş bir bölgeye dağılır. Hesap noktaları iç bölgede yer alacağından, her nivelman geçkisi birbiri ile komşu ve her hesap noktası bir iç bölgede bulunacak biçimde hesap bölgelerine ayrılır. Hesap bölge sayısı iç bölge genişliği ile doğrudan bağıntılı olduğundan en uygun iç bölge genişliğinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla test nivelman geçkilerinde iç bölge genişliği sırasıyla 10' x 10' , 15' x 15' ve 20' x 20' alınarak hesap noktalarında gravite kestirimi yapılmıştır. Kestirim işlemi sonunda ölçü ve hesap değerleri



Şekil 1.a :42 nolu I.Derece Nivelman Hattı

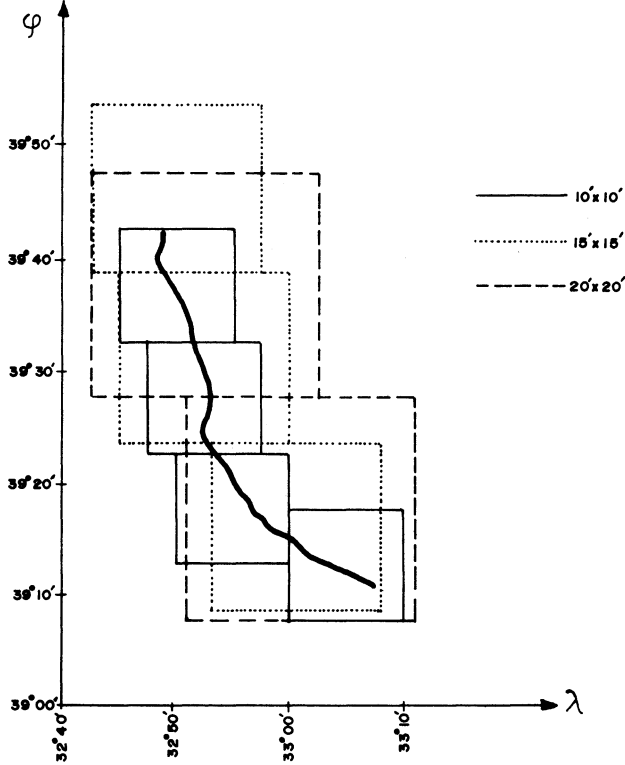


Şekil 1.b:48-B nolu I.Derece Nivelman Hattı



Şekil 1.c:50 nolu I Derece Nivelman Hattı

arasındaki farklardan bulunan RMS (Karesel Ortalama Hata) değerleri Tablo-2 dedir. Tablodaki değerlerin incelenmesi sonunda i bölge genişliğini 10' x 10' almanın anlamlı olacağı sonucuna varılmıştır.



Şekil-2

42 nolu geçki boyunca farklı genişlikte oluşturulan i bölgeler Şekil-2'de gösterilmektedir.

Geçki No.	RMS (mgal)		
	10' x 10'	15' x 15'	20' x 20'
42	± 0.83	3.35	1.19
48B	± 3.56	3.78	4.92
50	± 2.52	3.66	2.77
ORTALAMA	± 2.30	± 3.60	± 2.96

Tablo-2 : İ Bölge Genişliği.

Gravite kestirimi ile ilgili bu belirlemelerden sonra üç test geçkisinde ölçülen, normal ve kestirilen graviteler ile sırasıyla $\Delta C_{\text{Ö}}$, ΔC_{N} ve ΔC_{K} jeopotansiyel sayı farkları hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Tablo-3'de sunulmakta olup bu değerlerin birbirinden farkları, $\delta \Delta C$ ise Tablo-4'de verilmektedir.

Geçki No.	$\Delta C_{\text{Ö}}$	ΔC_{K}	ΔC_{N}
42	-30.48496	-30.48478	-30.48409
48B	-1354.06654	-1354.06641	-1354.06957
50	-981.88075	-981.88045	-981.88045

Tablo-3 : ΔC Jeopotansiyel Sayı Farkları (g.p.u.).

Geçki No.	$\delta \Delta C_{\text{Ö-N}}$	$\delta \Delta C_{\text{K-N}}$	$\delta \Delta C_{\text{Ö-K}}$
42	0.00087	0.00069	0.00018
48B	-0.00211	-0.00316	0.00105
50	-0.02458	-0.02488	0.00030

Tablo-4 : $\delta \Delta C$ Değerleri (g.p.u.).

Tablo-4'den $\delta \Delta C$ 'lerin geçkinin özelliklerine (uzunluk ve topografik yapı) bağlı olarak değiştiği ve $\delta \Delta C_{\text{Ö-N}}$ (*) ile $\delta \Delta C_{\text{K-N}}$ 2.5 cm'ye ulaşırken $\delta \Delta C_{\text{Ö-K}}$ 'nin maksimum 1 mm olduğu görülmektedir. Üç test nivelman geçkisi boyunca $\delta \Delta C$ lerin gösterdiği değişimler Şekil-3, 4 ve 5'de grafik olarak sunulmaktadır. $\Delta C_{\text{Ö}}$ ve $\delta \Delta C_{\text{Ö-N}}$ lerdeki bu değişimler birbiri ile karşılaştırıldığında düz arazilerde benzer, engebeli arazilerde farklı karakterde oldukları görülmektedir.

$\Delta C_{\text{Ö}}$, ΔC_{K} ve ΔC_{N} 'nin dengeleme sonuçlarına etkisini incelemek için, üç test nivelman geçkisini de içeren 92 ölçü ve 74 noktalı bir test nivelman ağı oluşturulmuştur. Söz konusu nivelman ağı Ege, Akdeniz, İç Anadolu, Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgelerine yayılmış olup ölçü planı Şekil-6'dadır. Test ağında 30, 38, 39, 40 ve 44 nolu ölçüler için önce $\Delta C_{\text{Ö}}$ ve sonra ΔC_{K} ve ΔC_{N} ölçüleri alınarak serbest ve dayalı ağ dengelemesi yapılmıştır. Serbest ağ dengelemesi sonrasında B-test yöntemi uygulanmıştır. B-testinde $\alpha_0 = 0.001$, $\beta = 0.80$ (β , testin gücü) için Baarda (1968)'de verilen nomogramdan alınan

(*) $\delta \Delta C_{\text{Ö-N}} = \Delta C_{\text{Ö}} - \Delta C_{\text{N}}$

$\alpha = 0.10$, $\sqrt{E_{1-\alpha_0}} = 3.29$ ve $F_{1-\alpha_0} ; 19.00 = 1.44$ değerleri kullanılmıştır. σ^2 - testinde $\sigma^2 = \pm 0.0141$ g.p.u. için $\hat{\sigma}_0^2 / \sigma_0^2 \approx 2.4 > 1.44$ bulunmuş ve yinelemeli uygulanan w- testi (data snooping) ile 18 ve 87 nolu ölçülerin uyumsuz olduğu belirlenmiştir. Sözkonusu iki uyumsuz ölçü çıkarılarak yapılan serbest ağ dengeleme sonuçları Tablo-5'dedir. Tabloda I, II ve III nolu dengeleme için verilen değerlerden, aralarında herhangi bir farklılık olmadığı görülmektedir. Serbest dengeleme sonrasında 90 ölçülü dayalı ağ dengelenmesi yapılmıştır.

Dengeleme Türü	SERBEST			DAYALI		
	I (*)	II (*)	III (*)	I	II	III
Dengeleme No.						
$m_{i\zeta}$ (gpu)	± 0.0533	± 0.0532	± 0.0532	± 0.0741	± 0.0741	± 0.0740
$\hat{\sigma}_0$ (gpu)	± 0.0161	± 0.0162	± 0.0162	± 0.0162	± 0.0162	± 0.0162
$\hat{\sigma}_0^2 / \sigma_0^2$	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31

Tablo-5 : Dengeleme Sonrası İstatistik Bilgiler.

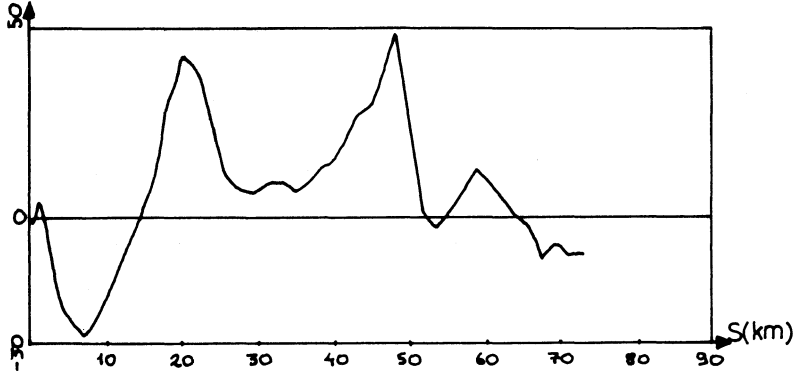
(*) I ... 30, 38, 39, 40, 44 ölçüler için ΔC_O alındı.

II ... 30, 38, 39, 40, 44 ölçüler için ΔC_K alındı.

III ... 30, 38, 39, 40, 44 ölçüler için ΔC_N alındı.

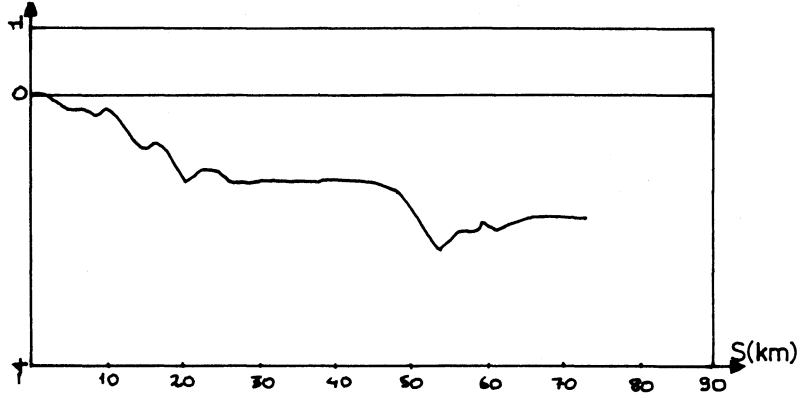
Değişik nitelikteki ölçülerin bilinmeyenler üzerindeki etkilerini belirlemek de önemlidir. Bu amaçla I nolu dengelemede hesaplanan bilinmeyenler en doğru varsayılarak bu bilinmeyenlerin II ve III nolu dengelemedeki bilinmeyenler ile farkları ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu farklar Şekil-7 a,b'de gösterilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi bu farklar I ve III nolu dengeleme için $\sim 0.5 - 1$ cm, I ve II nolu dengeleme için ise ~ 0.5 mm dir. Her iki grupta da farkların 30, 38, 39, 40, 44 nolu ölçülerin uç noktaları ile komşu noktalarda büyük, uzaklaştıkça küçülmekte oldukları gözlenmektedir. Bilinmeyenler ile ilgili olarak bulunan bu özellikler gravite ölçülme-ye-geçki sayısının toplam geçki sayısına oranı 0.055 olan bir nivelman ağında belirlenmiştir. Oranın büyük seçildiği nivelman ağlarında bu özelliklerin daha belirgin ortaya çıkması beklenmelidir.

$\delta\Delta C_{\text{ö-N}} (\sim \mu\text{m})$



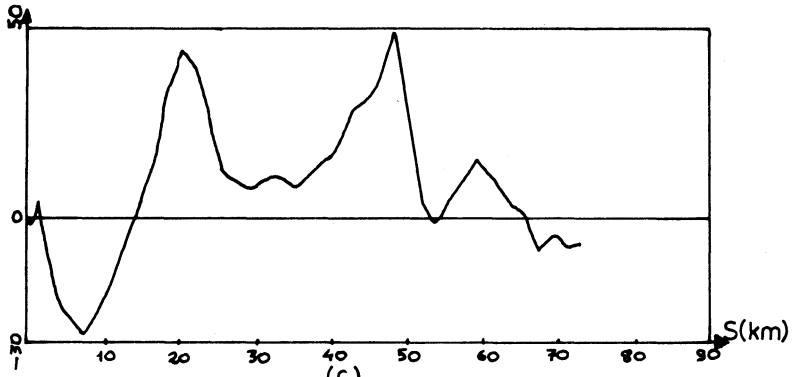
(a)

$\delta\Delta C_{\text{ö-K}} (\sim \mu\text{m})$



(b)

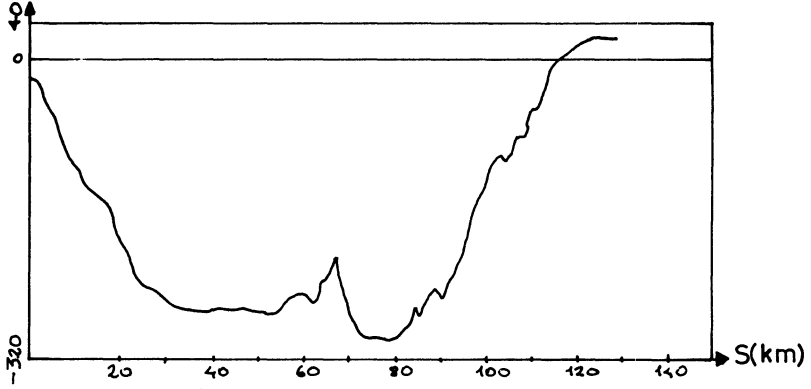
$\delta\Delta C_{\text{K-N}} (\sim \mu\text{m})$



(c)

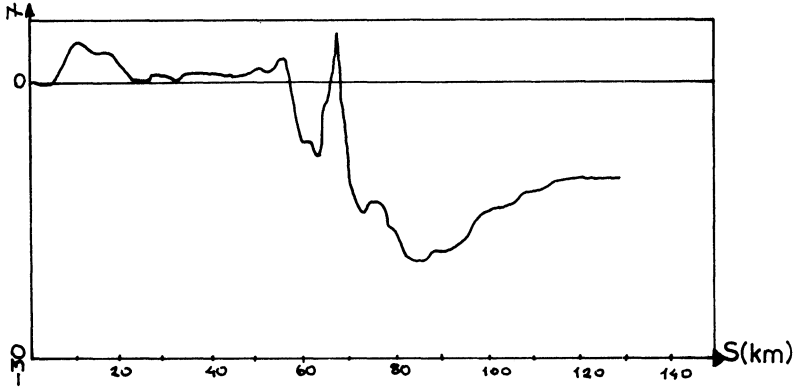
Şekil 3 :42 Nolu I.Derece Nivelman Hattı
(Konya makası-Gölbaşı)

$\delta\Delta C_{\text{ö-N}} (\nu\mu\text{m})$



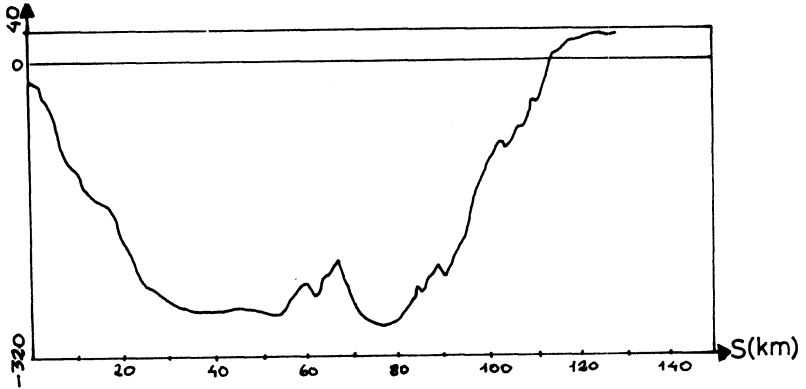
(a)

$\delta\Delta C_{\text{ö-K}} (\nu\mu\text{m})$



(b)

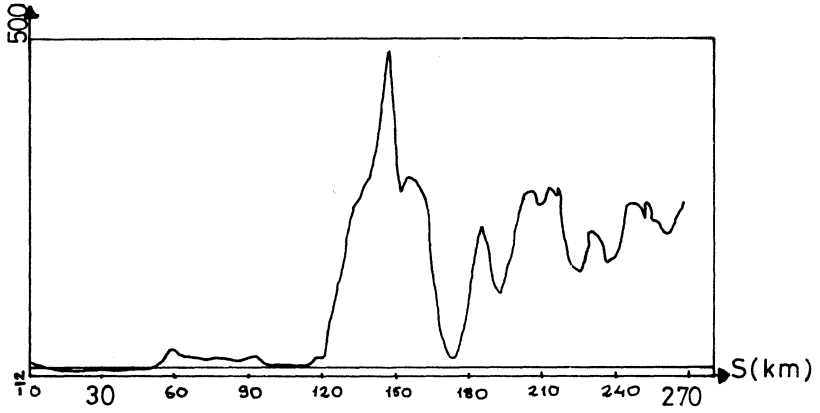
$\delta\Delta C_{\text{K-N}} (\nu\mu\text{m})$



(c)

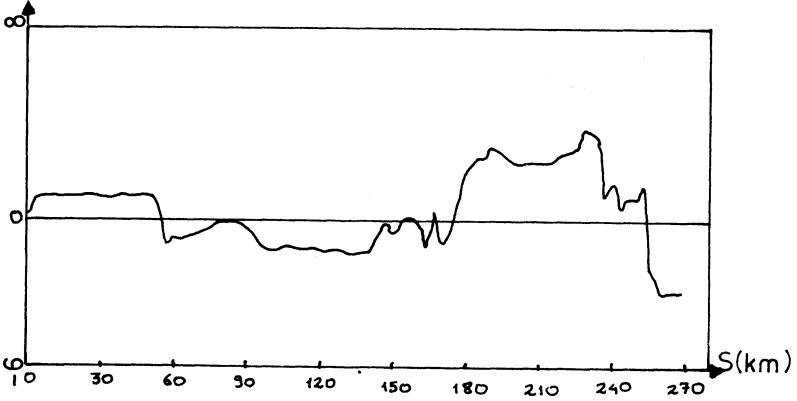
Şekil 4 : 48-B Nolu I. Derece Nivelman Hattı
(Ulukışla - Tarsus)

$\delta\Delta C_{\text{ö-N}}(\sim\mu\text{m})$



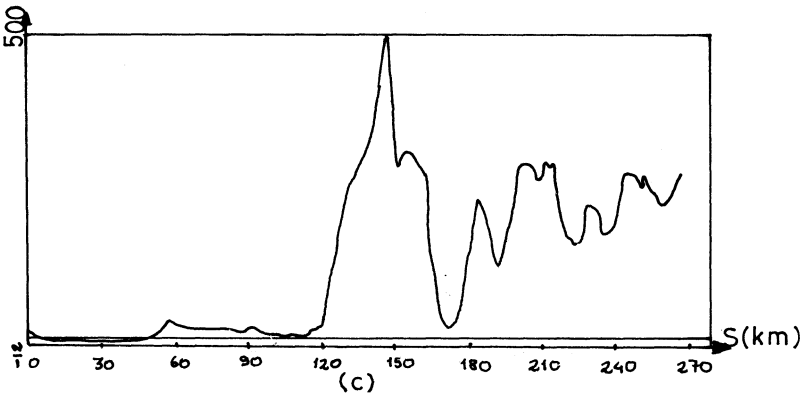
(a)

$\delta\Delta C_{\text{ö-K}}(\sim\mu\text{m})$



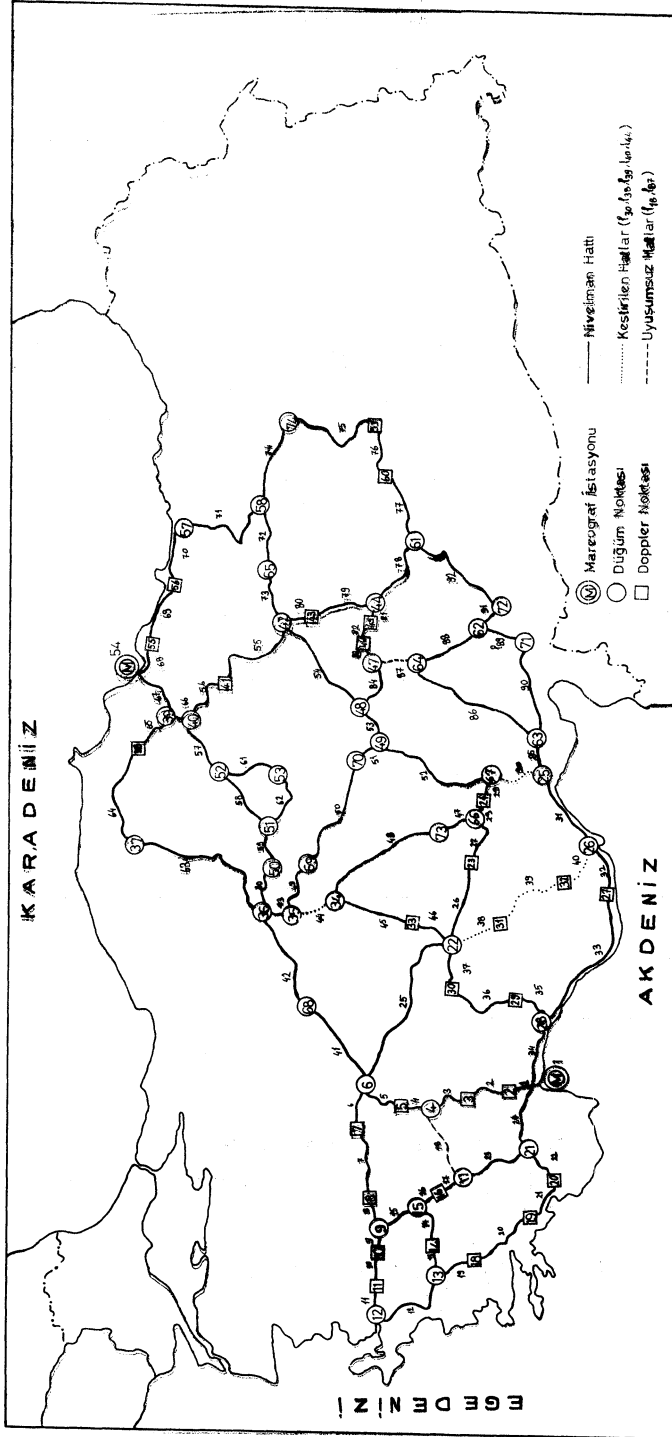
(b)

$\delta\Delta C_{\text{K-N}}(\sim\mu\text{m})$

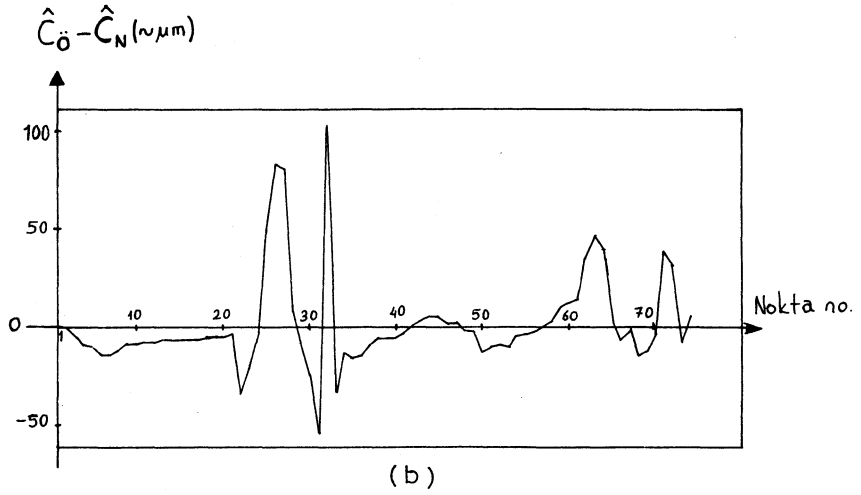
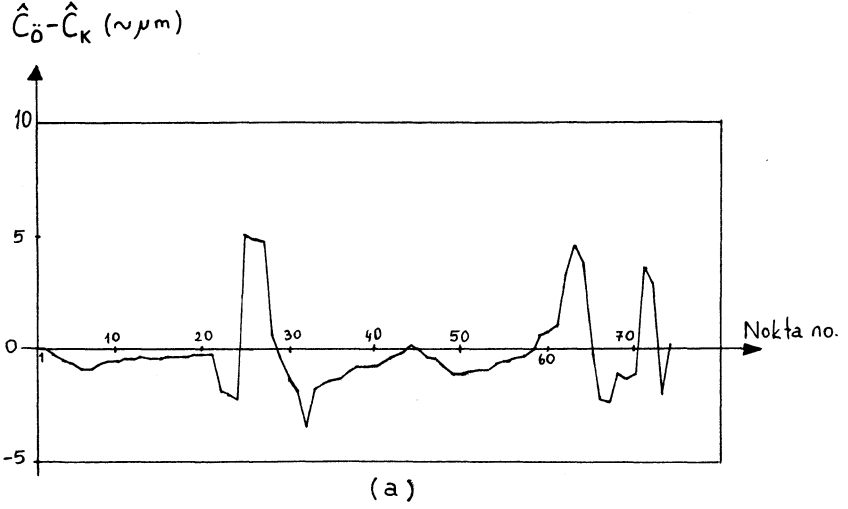


(c)

Şekil 5 :50 nolu I. Derece Nivelman Hattı
(Konya - Silifke)



Şekil-6



Şekit-7 : Bilinmeyenler arasındaki farklar

(a) I-II nolu Dengelemeden bulunan bilinmeyenlerin farkı ($\hat{C}_{\text{Ö}} - \hat{C}_{\text{K}}$)

(b) I-III nolu Dengelemeden bulunan bilinmeyenlerin farkı ($\hat{C}_{\text{Ö}} - \hat{C}_{\text{N}}$)

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada gravite ölçülmeyen nivelman noktalarında normal gravite veya kestirim yöntemiyle kestirilen gravite ile jeopotansiyel sayı hesaplamasının doğruluğu ve bunun nivelman ağlarındaki etkisi irdelenmiştir.

Değişik özellikli üç test birinci derece nivelman geçkisinde yapılan incelemede geçkinin uzunluk ve engebelik derecesine bağlı olarak normal gravite ile hesaplanan jeopotansiyel sayı farklarının ~ 2.5 cm farklı olduğu görülmüştür. Kestirilen gravite ile yapılan hesaplamada ise bu farkın ~ 0.1 cm olduğu belirlenmiştir.

Toplam ölçü sayısının % 5.5'u ΔC_N veya ΔC_K ölçülerinden oluşan 74 nokta ve 92 ölçülü test nivelman ağında, ΔC_0 yerine ΔC_N veya ΔC_K alınmasının nivelman ağı dengeleme sonuçlarındaki etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada dengeleme sonrası istatistiklerin değişmediği ancak bilinmeyenlerin ΔC_N için ~ 1 cm ve ΔC_K için ~ 0.5 mm kadar değiştiği belirlenmiştir. Bilinmeyenlerdeki bu değişim, ΔC_0 yerine ΔC_N veya ΔC_K ölçüsü alınan geçkilerin uç noktalarına yaklaştıkça büyümekte uzaklaştıkça küçülmektedir. Bu da beklenen bir sonuçtur.

Nivelman çalışmalarının pratik sonucu nokta yüksekliklerini belirlemektir. Dengelemede hesaplanan C jeopotansiyel sayısı ve (1.2) eşitliğinden yararlı yükseklikler hesaplanır. Giriş bölümünde sözü edilen Molodensky yüksekliğini hesaplarken kullanılan A ve B katsayıları ölçülen graviteden bağımsızdır, ancak Helmert ortometrik yüksekliği ölçülen gravitenin bilinmesini gerektirir. 2 nci bölümde sözü edilen gravite kestirim yöntemiyle ± 3 mgal doğruluk sağlandığı düşünülürse, ölçülen gravite yerine kestirilen gravitenin yükseklik belirlemek amacıyla kullanılması, yükseklikte $\pm (3 * H_{(km)})$ mm hataya neden olmaktadır.

Yukarıda belirtilen nedenlerle ;

- * Normal gravitenin jeopotansiyel sayısının yeterli doğrulukla belirlenmesine uygun olmadığı ve bu konuda ciddi kuşkuların olduğu,
- * İkinci bölümde verilen gravite kestirim yönteminin, gravite ölçülmeyen nivelman geçkileri boyunca jeopotansiyel sayı hesabı ve yükseklik belirlemesi için yeterli doğruluğu sağladığı ve
- * Yeterli büyüklükte ve ölçülerinin tamamı aynı türden (örn. ΔC_N veya ΔC_K) olan bir test nivelman ağında çalışmanın sürdürülmesi uygun görülmektedir.

K A Y N A K L A R

- /1/ Arık, T. 1989 : Dağlık Bölgelerde Serbest Hava Anomalilerinin Prediksiyonu. Harita Dergisi, Sayı: 102
- /2/ Ayhan, E., Alp, O. 1988 : Serbest Hava Anomali Kestirim Yöntemleri ve Yöntemlerin Karşılaştırılması. Harita Dergisi, Sayı: 101, ss.1-28
- /3/ Ayhan, E., Yanıçoğlu, O. 1986 : A Study on Outlier Detection By Least Squares Adjustment. Sum on Height Determination and Recent Crustal Movements in Western Europe, Hannover.
- /4/ Ayhan, E., Bank, E. 1987 : South-Western Anatolia (Aegean Region) Doppler Geoid. Bollettino di Geodesia e Scienze Affini, Firenze, pp.293-308
Lenk, O., Şeker, H.A.
- /5/ Baarda, W. 1968 : A Testing Procedure for use in Geodetic Networks, Netherlands Geodetic Comm. Vol.2, No.5
- /6/ Heiskanen, W.A. 1967 : Physical Geodesy, Freeman, Newyork.
Moritz, H.
- /7/ Kok, J.J., Ehrnsperger, W. 1980 : The 1979 Adjustment of the IELN and its Analysis of Precision and Reliability and Int. Sum on Problems Related to the Redefinition of North American Vertical Geodetic Networks, Ottawa.
- /8/ Mierlo, J, Van 1979 : Free Network Adjustment and S-Transformation, DGK, Reihe B 252
- /9/ The Staff of The Geodetic Computing Center (LGR) 1982 : The Delft Approach for the Design and Computing of Geodetic Networks. Forth years of Though, Vol.1.