

GRAVİTE ANOMALİ KESTİRİMİNDE EKKK VE YTA
YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI*

Emin AYHAN
Osman ALP

ÖZET

Gravitenin yatay ve rasgele değişimleri ile yükseklikle korelasyonunu gözönünde bulunduran yöntemler gravite anomali kestiriminde doğru sonuçlar vermektedir. Bu amaçla, mevcut türden ölçülere uygun değişik yöntemler geliştirilmiştir. Bu çalışmada biri en küçük karelerle kolokasyon (EKKK) ve diğeri bir tür deterministik bir yöntem (YTA) olmak üzere iki yöntem incelenmektedir. Deterministik yöntemde yükseklikle korelasyonun doğrusal olduğu varsayılmakta, yatay değişimler bir trend yüzeyi ve rasgele değişimler ağırlıklı ortalamalar yöntemiyle temsil edilmektedir. EKKK yönteminde; noktaların gravite, yükseklik ve koordinatları, GPM2-T1 yerpotansiyeli katsayıları ve 450mx450m grid köşe yüksekliklerinden oluşan sayısal arazi modeli kullanılmaktadır. Her iki yöntem 82 test noktasında uygulanmıştır. Kestirilen ve ölçü değerlerinin karşılaştırılmasında RMS değerleri EKKK için ± 3.05 mgal ve YTA için ± 2.27 mgal bulunmuştur.

ABSTRACT

Accurate results for gravity anomaly prediction are obtained with the techniques which consider height correlation, horizontal and random variations of gravity. For this purpose, various techniques appropriate for the kind of observations available are developed. In this study two techniques, least squares collocation (LSC) and a kind of deterministic method (YTA) are investigated. The deterministic method assumes linear height correlation and represents horizontal and random variations with the trend surface and the weighted means respectively. Coordinates, height and gravity of the points, GPM2-T1 earthpotential coefficients and digital terrain model scaled at 450mx450m grid nodes are used in LSC. Both techniques are carried out at 82 test points. Comparison of the predicted and the observed values results in RMS values ± 3.05 mgal and ± 2.27 mgal for LSC and the deterministic method respectively.

* EKKK : En Küçük Karelerle Kolokasyon.

YTA : Yükseklik, Trend Yüzeyi, Ağırlıklı Ortalamalar.

1. GİRİŞ

Gravite anomali ölçü noktalarından yararlanarak ölçü yapılmayan noktalarda gravite anomalilerini hesaplamak amacıyla çok sayıda kestirim yöntemi geliştirilmiştir (Kassim,1980;Moritz,1980; Merry,1983;Tscherning-Forsberg,1983; Priovolus,1989). Bilindiği gibi gravite anomalileri ile yükseklik arasında belirgin bir korelasyon bulunmasının yanısıra, gravite anomalileri yatay konuma bağlı olarak da değişmektedir (Lachapelle-Schwarz,1980;Kraiger,1988). Bu çalışmada; Ayhan ve Ayken (1987) ile Ayhan ve Alp (1988) de başlatılan gravite anomali kestirimi konusundaki araştırmaların bir devamı olarak, iki kestirim yöntemiyle uygulama ve karşılaştırma yapılmaktadır. Söz konusu yöntemlerden ilki Ayhan ve Alp (1988) de geliştirilen, gravite anomalileri ile yükseklik arasında doğrusal korelasyonun varsayıldığı, yatay konumdan kaynaklanan trendin 3ncü dereceden iki boyutlu bir polinomla ve rasgelelik özelliğinin ağırlıklı ortalamalarla belirlendiği yöntemdir. Bu yöntem Yükseklikle Korelasyon, Trend yüzeyi ve Ağırlıklı ortalamalar kavramlarından kaynakla yazı içinde YTA kestirim yöntemi ismi ile anılacaktır. İncelenen diğer yöntem ise EKKK yöntemidir. Bu yöntemde gravite spektrumun düşük frekans grubu yerpotansiyeli küresel harmonik katsayıları, yüksek frekans grubu topoğrafik yüksekliklerden yararlanarak artık yerey modeli (RTM) ve orta frekans grubu ise EKKK yöntemiyle belirlenmektedir. Böylece gravite anomalilerinin yükseklikle korelasyonu RTM ve yerpotansiyeliyle, yatay konuma bağlı trendi daha çok yerpotansiyeliyle ve rasgeleliği ise EKKK yöntemiyle temsil edilmiş olmaktadır.

Söz konusu yöntemler iki ve üçüncü bölümlerde kuramsal ilkeleri ile kısaca açıklanmakta, dördüncü bölümde ise ANKARA yakınında seçilen 82 test ölçü noktasında her iki kestirim yöntemiyle ayrı ayrı gravite anomalisi hesaplanarak yöntemler karşılaştırılmaktadır.

2. YTA YÖNTEMİYLE KESTİRİM

Gravite, koordinatlar (uygun projeksiyonda (X,Y)) ve H yükseklikleri belirli n adet ölçüden

$$\Delta g(X_p, Y_p) = \underbrace{\hat{a}}_I + \underbrace{\hat{b}_H + \sum_{k=0}^2 \sum_{\ell=0}^1 \hat{c}_{k\ell} X_p^\ell Y_p^k}_{II} + \underbrace{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta g_{II,i} \cdot S_{ip}^{-3.5}}{\sum_{i=1}^n S_{ip}^{-3.5}}}_{III} \quad (1)$$

üç aşamalı genel kestirim eşitliği ile ölçü bulunmayan bir P hesap noktasında $\hat{\Delta}g$ serbest hava anomalisi bulunur. (1) eşitliğinin ilk iki toplam terimi yük-

seklikle korelasyonun giderildiği birinci aşama, üçüncü toplam terimi trendin belirlendiği ikinci aşama ve dördüncü toplam terimi ise ağırlıklı ortalamaların uygulandığı üçüncü aşamayı oluşturmaktadır. YTA yönteminde, bir önceki aşamada bulunan indirgenmiş anomaliler bir sonraki aşamada ölçü olarak kullanılır. Örneğin Δg_{II} değeri ilk iki aşama sonunda elde edilen indirgenmiş anomalidir.

(1) eşitliğindeki terimlerin anlamları aşağıdadır;

$\hat{a}, \hat{b}, \hat{c}_{kl}$ Bilinmeyenler

S_{ip} P noktası ile i nci ölçü noktası arasındaki uzaklıktır.

Yukarıda verilen yöntem ve pratikte uygulaması ile ilgili ayrıntılı bilgiler Ayhan ve Alp (1988) ile Ayhan v.d. (1990)'da verilmektedir.

3. EKKK YÖNTEMİYLE KESTİRİM

Yerpotansiyeli küresel harmonik katsayıları, gravite ölçüleri ve yükseklikler gravite spektrumun farklı bölgeleri hakkında bilgi verirler. Bu üç grup ölçünün uygun kombinasyonu uygun yöntemle değerlendirildiğinde gravite spektrumunun tamamını belirlemek mümkündür (Schwarz,1985). Schwarz (1985)'de verilen gravite spektrumu gruplarına uygun olarak Δg serbest hava anomalisi;

$$\Delta g = \Delta g_{\rho} + \Delta g_m + \delta g \quad (2)$$

olmak üzere üç parçadan oluşturulabilir. Bu eşitlikteki Δg_{ρ} ; yerpotansiyeli küresel harmonik katsayılarından bulunur ve δg ; RTM ile topoğrafik indirgeme değeri olarak hesaplanır. (2) eşitliği düzenlenerek

$$\Delta g_m = \Delta g_R = \Delta g - \Delta g_{\rho} - \delta g \quad (3)$$

ile tanımlanan Δg_R artık anomalileri EKKK yöntemiyle değerlendirilir ve hesap noktalarında $\hat{\Delta g}_m$ (veya $\hat{\Delta g}_R$) bulunur. P hesap noktasında EKKK yöntemiyle Δg_m değeri;

$$\hat{\Delta g}_m = C_p \bar{C}^{-1} \Delta g_R \quad (4)$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada C_p hesap noktası ile ölçü noktaları arasındaki kovaryans matrisi, $\bar{C} = C_{\Delta g_R} \Delta g_R + C_{nn}$ olmak üzere, $C_{\Delta g_R} \Delta g_R$ artık anomali kovaryans matrisi ve C_{nn} ölçü hata kovaryans matrisi olup diyagonal bir matristir. P noktasında (4) ile hesaplanan Δg_{mp} 'ye küresel harmonik katsayılarıyla bulunan Δg_{ρ_p} ve RTM ile topoğrafik indirgeme değeri δg_p eklenerek

$$\hat{\Delta}g_p = \Delta g_{\ell_p} + \hat{\Delta}g_{mp} + \delta g_p \quad (5)$$

ile $\hat{\Delta}g$ serbest hava anomalisi kestirilir (Tscherning ve Forsberg;1983). Yükseklik bilgilerinin olmadığı durumda δg değeri sıfır alınır ve (3)-(5) eşitlikleri ile EKKK yöntemi uygulanır.

EKKK yöntemiyle gravite anomali kestirimi yapabilmek için (4)'deki kovaryans matrisinin diğer bir deyişle deneysel yerel gravite anomali kovaryans fonksiyonunun kovaryans yayılma yasası ile bozucu potansiyel kovaryans fonksiyonundan belirlenmesi gerekir. Bu çalışmada T bozucu potansiyel yerel kovaryans fonksiyonu;

$$K(P,Q) = \sum_{\ell=2}^{\ell_{\max}} \sigma_{\ell}^e \left(\frac{R_B}{R} \right)^{\ell+1} P_{\ell}(\cos \Psi) + \sum_{\ell=\ell_{\max}+1}^{\infty} \frac{A}{(\ell-2)(\ell-1)(\ell+24)} \left(\frac{R_B}{R} \right)^{\ell+1} P_{\ell}(\cos \Psi) \quad (6)$$

olarak seçilmiştir. Burada σ_{ℓ}^e hata derece varyansı, R_B Bjerhammer yarıçapı, R ortalama yeryarıçapı, A ölçek faktörü, $P_{\ell}(\cos \Psi)$ Legendre fonksiyonu, Ψ küresel uzaklık ve ℓ_{\max} yerpotansiyelinin en büyük derecesidir.

EKKK yöntemi çok sayıda araştırmacı tarafından incelenmiş ve hem kuramsal hemde uygulama özellikleri diğer makalelerde verilmiş olduğundan burada kısaca bilgi vermenin yeterli olacağı düşünülmüştür.

4. SAYISAL UYGULAMA

YTA ve EKKK yöntemleriyle gravite anomali kestirimi yapmak amacıyla ANKARA yakınında 82 test ölçü noktası seçilmiştir. Test ölçü noktalarını da kapsayan $38^{\circ}.87-40^{\circ}.87$ enlemleri ve $31^{\circ}.48-33^{\circ}.58$ boylamları arasında kalan $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ boyutlu test bölgesindeki 3072 gravite ölçü noktası ulusal gravite kütüğünden seçilmiştir. Bu kütükteki ölçü noktalarında; ED-50 datumunda enlem ve boylam, yükseklik, ölçülen gravite, serbest hava anomalisi, GPM2-T1 yerpotansiyelinin 180 nci derece ve sıradan katsayıları ile indirgenen artık anomali ve RTM ile topoğrafik indirgeme değeri bulunmaktadır. Ulusal gravite kütüğünün özellikleri Ayhan (1990) da ayrıntılı olarak verilmektedir.

Gravitenin yükseklikle korelasyonu ile yatay konuma bağlı trendin farklı yollarla belirlendiği YTA ve EKKK yöntemlerinde kullanılan ölçüler nitelik ola-

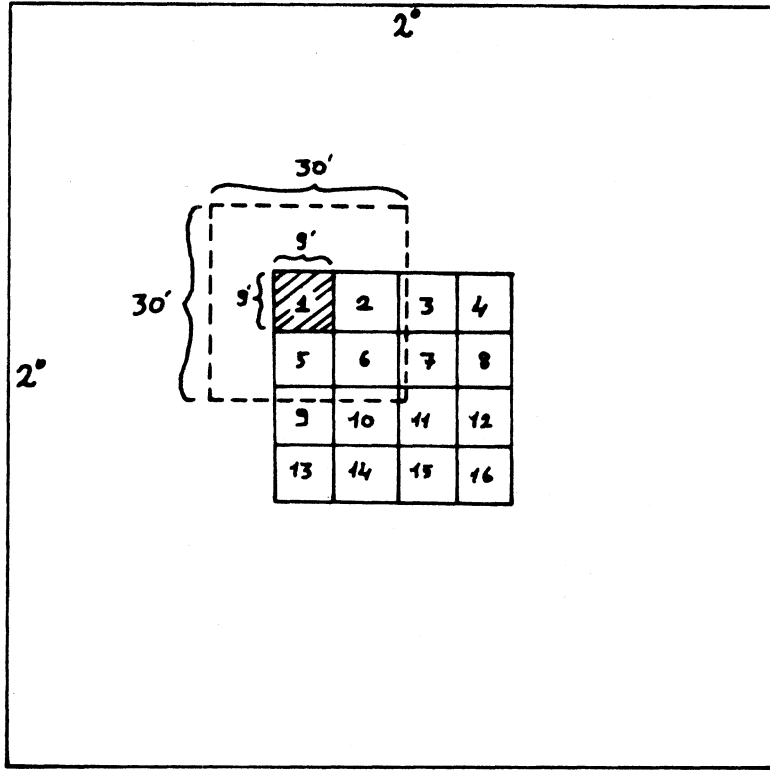
arak farklılık göstermektedir. YTA yönteminde ölçü noktalarının koordinatları yükseklik ve serbest hava anomali ölçülerinin belirli olması yeterlidir. $39^{\circ} 33'-40^{\circ} 09'$ enlemleri ve $32^{\circ} 18'-32^{\circ} 54'$ boylamları arasında kalan 82 test noktasının dağılımına bağlı olarak bu bölge $9'X9'$ boyutlu 16 altbölgeye ayrılarak YTA yöntemi uygulanmıştır. Altbölge merkezde kalmak üzere $30'X30'$ 'lik bölgeye giren gravite anomali ölçüleri o alt bölgede YTA ile kestirim amacıyla kullanılmıştır. Her altbölgede farklı ölçü kümesi ile uygulanan YTA yönteminde, öncelikle Ayhan ve Alp (1988)'de geliştirilen robust karakterli test ile uyumsuz ölçüler belirlenmekte ve daha sonra (1) eşitliği ile test noktalarında kestirim yapılmaktadır. Test bölgesinde oluşturulan birbirine komşu altbölgeler şekil 1'de, altbölgelerdeki ölçü ve test noktalarının sayısı ise tablo 1'de verilmektedir. YTA yöntemiyle kestirimde kullanılan ölçülerin toplam sayısı yaklaşık 1140'dır. Ancak komşu altbölgelerde ölçülerin çoğu ortak kullanılmaktadır.

Tablo-1 : Altbölge Ölçü ve Test Nokta Sayıları

Altbölge No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Ölçü Sayısı	279	308	320	329	303	315	317	332	323	321	315	316	327	326	318	318
Test Nok. Sayısı	5	5	8	4	3	5	7	3	7	6	7	6	4	5	4	4

YTA yöntemiyle hesaplamada test noktalarındaki ölçü ve hesap farklarına ait histogram şekil-2.a'da, farkların ortalama, RMS, en büyük ve en küçük değerleri tablo 3'de sergilenmektedir. Ayrıca farkların oluşturduğu kümeye χ^2 uyum teste uygulanarak kümenin normal dağılımda olup olmadığı test edilmiştir.

EKKK yöntemiyle kestirimde GPM2-T1 yerpotansiyeli küresel harmonik katsayıları, gravite anomalileri ve yükseklikler kullanılmıştır. Gravite ölçü noktalarında; GPM2-T1 yerpotansiyelinin 180 nci derece ve sıradan katsayılarıyla indirgenmiş artık ölçüler $450m \times 450m$ grid köşe yükseklikleri ve $5' \times 5'$ ve $15' \times 15'$ ortalama yüksekliklerden bulunan RTM ile topoğrafik indirgeme değerleri daha önceden hesaplanmış olup ulusal gravite kütüğünde bulunmaktadır. Deneysel yerel gravite anomali kovaryans fonksiyonunun yerel belirleyici parametreleri (C_0 kovaryans, ζ korelasyon uzunluğu, ψ_0 ilk sıfır nokta) ile serbest parametreleri (A, R_B); yerpotansiyeli ile indirgenmiş artık anomalilerle ve ayrıca RTM ile topoğrafik indirgeme uygulanmış artık anomalilerle ayrı ayrı hesaplanmış



Şekil-1: YTA Yönteminde Altbölgeler

olup tablo-2'de verilmektedir. Gerek kovaryans fonksiyonu serbest parametrelerinin belirlenmesinde gerekse (4) eşitliğindeki kovaryans matrislerinin hesabında σ_{ℓ} hata derece varyansları için GPM2 yerpotansiyelinin orijinal değerleri kullanılmıştır.

Tablo 2 : Kovaryans Fonksiyonu Parametreleri

Ölçüler	C_0 mgal	ζ	ψ_0	A mgal ²	R_B km
GPM2-T1 Gravite	520.37	3'.20	25'.58	242.63	6370.375
GPM2-T1 Gravite,RTM	147.19	9'.36	34'.39	139.66	6368.100

Test bölgesinde rasgele dağılan 3072 ölçünün (4) eşitliğinde kullanılması bilgisayar hesaplama zamanını artıran bir faktördür. Bu nedenle bölge içinde 5' x 5' sıklıkta ölçü seçilip 608 noktalı yeni bir ölçü kümesi oluşturulmuştur. Bu ölçü kümesindeki noktalarda önce GPM2-T1 yerpotansiyeli ile indirgenen artık anomaliler ve sonra RTM ile topoğrafik indirgeme uygulanan artık anomaliler kullanılarak 82 test noktasında gravite anomalisi hesaplanmıştır. Ayrıca, RTM ile topoğrafik indirgeme getirilmiş 7.5' x 7.5' sıklıklı 285 ölçü ile test nokta değerleri bir kez daha hesaplanmış ve hesaplamalarda gravite ölçü doğruluğu $\bar{\pm}3$ mgal alınmıştır. EKKK yöntemiyle yapılan bu üç hesaplamada ölçü ve hesap farklarına ait bilgiler tablo 3'de, farkların histogramları Şekil-2.a,b,c,d' de gösterilmektedir.

Tablo 3 : Ölçü ve Hesap Farklarına Ait Bilgiler

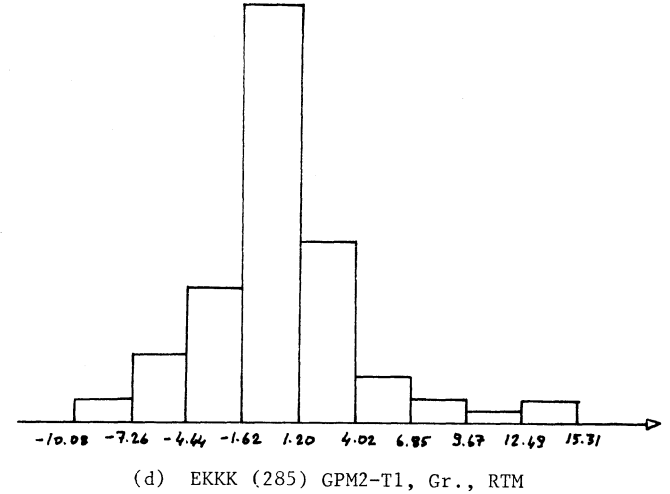
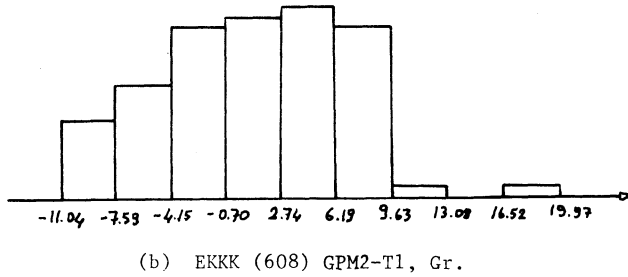
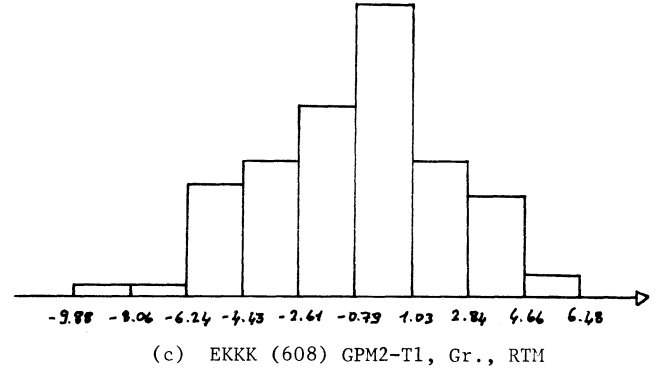
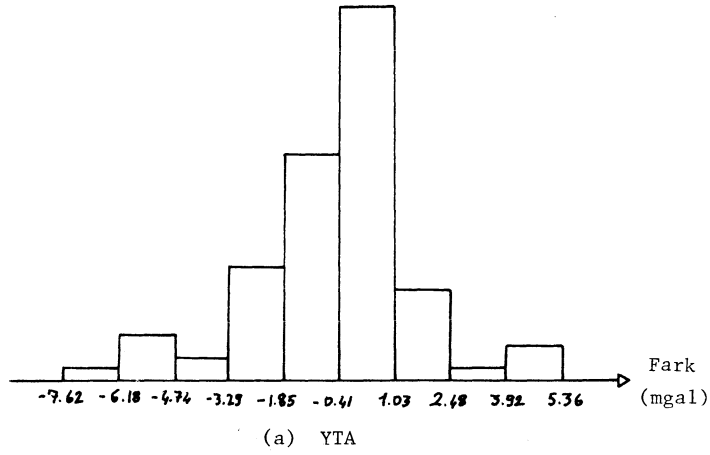
Çözüm	Ortalama (mgal)	RMS (mgal)	En Küçük (mgal)	En Büyük (mgal)	Normal Dağılımda mı?
YTA	-0.55	$\bar{\pm}2.27$	-7.62	+5.36	Hayır
EKKK (608) GPM2-T1,Gr.	+0.85	$\bar{\pm}5.81$	-11.04	+19.97	Evet
EKKK (608) GPM2-T1,Gr.,RTM	-0.55	$\bar{\pm}3.05$	-9.88	+6.48	Evet
EKKK (285) GPM2-T1,Gr.,RTM	-0.08	$\bar{\pm}4.05$	-10.08	+15.31	Hayır

Bu çalışmada uygulanan YTA ve EKKK yöntemlerini, diğer araştırmacıların benzer yöntemlerle yaptığı çalışmalarla karşılaştırmak amacıyla tablo 4 hazırlanmıştır. Tablo incelendiğinde; çok sayıda ölçünün yerel kolokasyon yöntemiyle değerlendirildiği Kraiger (1988)' deki çalışma gözönünde tutulmazsa, en iyi doğruluğu YTA yönteminin verdiği, EKKK yöntemiyle bulunan RMS değerinin aynı yöntemle yapılan diğer uygulamalara göre daha küçük olduğu görülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ankara yakınında seçilen 82 test noktasında YTA ve EKKK yöntemleri ile gravite anomali kestirimi yapılarak her iki yöntem karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada YTA ve EKKK yöntemlerinde RMS değeri için sırasıyla $\bar{\pm}2.27$ mgal ve $\bar{\pm}3.05$ mgal bulunması her iki yöntemin hemen hemen aynı doğrulukta olduğunu gös-



Şekil-2 : Ölçü ve Hesap Farklarına ait Histogramlar.

Tablo 4: Gravite Anomali Kestirim Yöntemlerinin Karşılaştırılması

KAYNAK	YÖNTEM	ÖLÇÜ	Standart Sapma/RMS (mgal)	Ort. (mgal)
Kassim(1980)	* Yüzey	$\Delta g, H$	$\bar{+}4.47$	-0.73
	* Yüzey+ EKK prediksyon (Yerel Kolokasyon)	(Orta engebeli Arazi)	$\bar{+}3.95$	+0.20
Merry(1983)	* Ağırlıklı Ort.		$\bar{+}4.47$	-0.68
	* Yük.Kor.+Yüzey +EKK prediksyon (Yerelkolokasyon)	$\Delta g, H$	$\bar{+}6.60$	-
Schwarz, v.d. (1983)	* EKK prediksyon	Δg_B (Tamamlanmamış Bouguer Anomalisi)	$\bar{+}7.9$	+0.30
Sünkel-Kraiger (1983)	* Parametrelili EKK	$\Delta g, H$ (5 nokta/100km.)	$\bar{+}3.00$	-
Morrison- Douglas(1984)	* Ağırlıklı Ort.	Δg	$\bar{+}3.30$	-
	* En Küçük Karelerle İnterpolasyon	Δg	$\bar{+}2.69$	-
Tscherning- Forsberg(1986)	* EKKK	Yerpotansiyeli (RAPP79) Δg Topoğrafya (RTM)	$\bar{+}6.47$	-0.08
Tscherning- Forsberg(1986)	* EKKK	Yerpotansiyeli (GPM2) Δg Topoğrafya (RTM)	$\bar{+}4.90$	-0.20
Kraiger(1988)	* Yüzey+EKK Prediksyon (Yerelkolakasyon)	Δg_B (1nokta/2km.)	$\bar{+}1.00$	-
Priovolos(1989)	* Hardy	Δg	$\bar{+}3.13$ ($\bar{+}3.88$)	-
	* Bjerhammer	Yerpotansiyeli (OSU86F)	$\bar{+}3.08$ ($\bar{+}3.79$)	-
	* EKKK /	Topoğrafya	$\bar{+}2.84$ $\bar{+}3.68$	-
Bu çalışma(1990)	* Yük.Kor.+yüzey +Ağırlık Ort.(YTA)	$\Delta g, H$	$\bar{+}2.27$	-0.55
	* EKKK	Yerpotansiyeli (GPM2-T1) Δg Yükseklik(15"x20")	$\bar{+}3.05$	-0.55

termektedir. YTA yöntemiyle hesaplamalarda; test bölgesi merkezindeki $1^{\circ}x1^{\circ}$ -lik bölgede toplam 1140 ölçü noktasına ait koordinat, serbest hava anomalisi ve yükseklik değeri kullanılmıştır. EKKK yönteminde ise $2^{\circ}x2^{\circ}$ test bölgesine giren $5'x5'$ sıklıklı 608 serbest hava gravite anomalisi, GPM2-T1 yerpotansiyelinin katsayıları ve $450x450m$ sıklıklı topoğrafik yükseklikler ölçü olarak değerlendirilmiştir. Ancak ulusal gravite kütüğü daha önce hazırlanmış ve bu kütükteki gravite noktalarında GPM2-T1 katsayılarıyla Δg_{ℓ} ve RTM ile topoğrafik indirgeme değeri belirli olduğundan EKKK yönteminde bir ön çalışmaya gerek yoktur. YTA yönteminde ise; $9'x9'$ lik altbölgelerin belirlenmesi ile altbölgelere uygun ölçü kümelerinin oluşturulması ve sonra altbölgelerde ayrı ayrı hesaplama yapılması zaman almaktadır. Her iki yöntemi doğruluk ve hesaplama zamanı yönüyle karşılaştırabilmek için test bölgesi merkezindeki $1^{\circ}x1^{\circ}$ lik bölgede $3'x3'$ veya $5'x5'$ sıklıkta gravite anomali ölçülerinin EKKK yönteminde kullanılmasında yarar bulunduğu değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- /1/ AYHAN,E. : Yerel Jeoidin En Küçük Karelerle Kolokasyon (EKKK) Yöntemiyle Belirlenmesi.Harita Dergisi,sayı 106, 1991
- /2/ AYHAN,E.,AYKEN,İ. : Gravite Anomali Prediksiyonu ve Yerel Kovaryans Fonksiyonu.Harita Dergisi,sayı 98, ss.19-44,1987
- /3/ AYHAN,E.,ALP,O. : Serbest Anomali Kestirim Yöntemleri ve Yöntemlerin Karşılaştırılması.Harita Dergisi, sayı 101,ss.1-28,1988
- /4/ AYHAN,E.,AKSOY,N,ALP,O. : Ölçülen,Kestirilen ve Normal Gravitenin Jeopotansiyel sayı ve nivelman ağ dengelemedeki etkilerinin araştırılması.Harita Dergisi,sayı 104,ss.39-56.1990
- /5/ KASSIM,F.A. : An evaluation of three techniques for the prediction of gravity anomalies in Canada. University of New Brunswick,Dept.of Surv. Eng.,Techn.Rept.No.73. 1980
- /6/ KRAIGER,G. : Influence of the curvature parameter on least squares prediction.Manuscripta Geodaetica,Vol. 13,pp.164-171, 1988

- /7/ LACHAPELLE,G., : Empirical determination of the gravity anomaly
K.P.SCHWARZ. covariance function in mountainous areas.Canadian Surveyor,Vol.34,No.3,pp.251-264.1980
- /8/ MERRY,C.L. : Gravity anomaly prediction using local collocation(In Techniques to predict gravity anomalies and deflections of the vertical in mountainous areas.Ed.K.P.schwarz,pp.52-63). 1983
- /9/ MORITZ,H. : Advanced physical geodesy.Herbert Wichmann Verlag.Karlsruhe. 1980
- /10/ MORRISON,F.F., : A comparison of gravity prediction methods on
B.C.DOUGLAS. actual and simulated data. Geophysics,Vol,49.
No.10,pp.1774-1780. 1984
- /11/ PRIOVOLOS,G.J. : Two discrete approaches to gravity prediction.Manuscripta Geodaetica,Vol.14,No.6,pp.357-362. 1989
- /12/ SCHWARZ,K.P. : Data types and their spectral properties.(In:Proc. of the Int.Summ.Sch.on Local gravity field approximation Ed.K.P.Schwarz,pp.1-66). 1985
- /13/ SCHWARZ,K.P., : Gravity and deflection estimation using different
G.LACHAPELLE, data types. (In: Techniques to predict gravity
A.MAINVILLE. anomalies and deflections of the vertical in mountainous areas. Ed.K.P.Schwarz,pp.71-83). 1983
- /14/ SUNKEL,H., : The prediction of free-air anomalies. Manuscripta
G.KRAIGER. Geodaetica,Vol.8,No.3,pp.229-248 1983
- /15/ TSCHERNING,C.C. : Local approximation of the gravity potential by
least squares collocation. (In Proc. of the Int. Summ.Sch.on Local gravity field approximation. Ed.K.P.Schwarz,pp.277-362). 1985
- /16/ TSCHERNING,C.C., : Prediction test using least squares collocation
R.FORSBERG. and residual terrain reduction.(In Techniques to predict gravity anomalies and deflections of the vertical in mountainous areas.Ed.K.P. Schwarz, pp.71-83). 1983
- /17/ TSCHERNING,C.C., : Geoid determination in the Nordic countries from
R.FOSBERG. gravity and height data.Presented Int.Sym.on the Definition of the Geoid. 1986