

BATI ANADOLU BOUGUER ANOMALİLERİNİN İKİ BOYUTLU ALÇAK GEÇİŞLİ REKURSİV FİLTRELER (IIR) KULLANILARAK FİLTRELENMESİ VE YERKABUĞU KALINLIK DAĞILIMININ İNCELENMESİ

FILTRATION OF WEST ANATOLIAN BOUGUER ANOMALIES BY USE OF TWO DIMENSIONAL LOW-PASS RECURSIVE FILTERS (IIR) AND INVESTIGATION OF THE THICKNESS DISTRIBUTION OF THE CRUST

Fethi Ahmet YÜKSEL

İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Müh. Böl., Avcılar-İSTANBUL

ÖZ: Batı Anadolu Bouguer Gravite haritasının yoruma hazırlanması için tek ve iki boyutlu alçak geçişli rekursiv (IIR) filtreler kullanılmıştır. Elde edilen rejyonel Bouguer gravite anomali haritasından alınan uygun doğrultudaki profillere Talwani yöntemi uygulanarak Batı Anadolu'nun kabuk kalınlığı geometrisi modellenmiştir. Batı Anadolu kabuk kalınlığı, kuzeyde Karadeniz sahillerinde ortalama 30 km. den başlayarak Göller Bölgesinde 35-40 km.'ye ulaşmakta ve güneyde Akdeniz sahillerinde tekrar 32 km.'ye düşmektedir. Ege sahillerinde ise, kabuk ortalama 32 km.'den başlayarak Anadolu'nun içlerine doğru B-D doğrultusunda, 40 km. kalınlığa ulaştığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: İki Boyutlu Alçak Geçişli Rekursiv Filtre (IIR), Batı Anadolu Rejyonel Bouguer Gravite anomali, Batı Anadolu Kabuk Kalınlığı

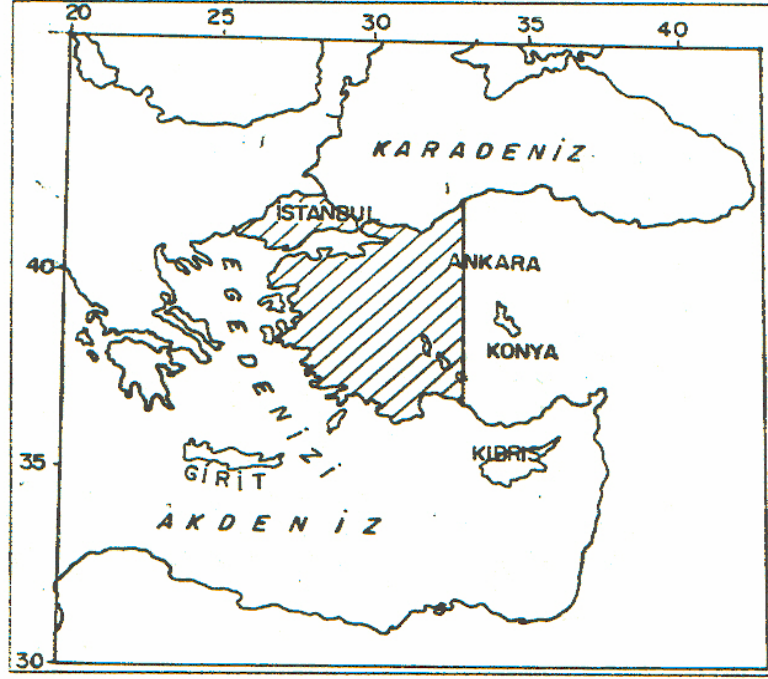
ABSTRACT: One and two dimensional low-pass recursive filters (IIR) were used to prepare West Anatolian Bouguer gravity maps for interpretation. Talwani method was applied to the two profiles obtained from the regional Bouguer gravity anomaly map, and West Anatolian geometry of the crustal thickness has been modelled. West Anatolian crustal thickness starts at 30 kms in the north at the Black sea coast and increases to 35-40 kms at the Lake District (Isparta-Turkey). The thickness decreases to 32 kms at the Mediterranean coast. In the West-East direction the crust starts with 32 kms at the Aegean coast and increases to 40 kms towards central regions.

Key words: Two Dimension Low-Pass Rekursiv filtre (IIR), West Anatolian Regional Bouguer Gravity Anomaly, West Anatolian Crustal Thickness

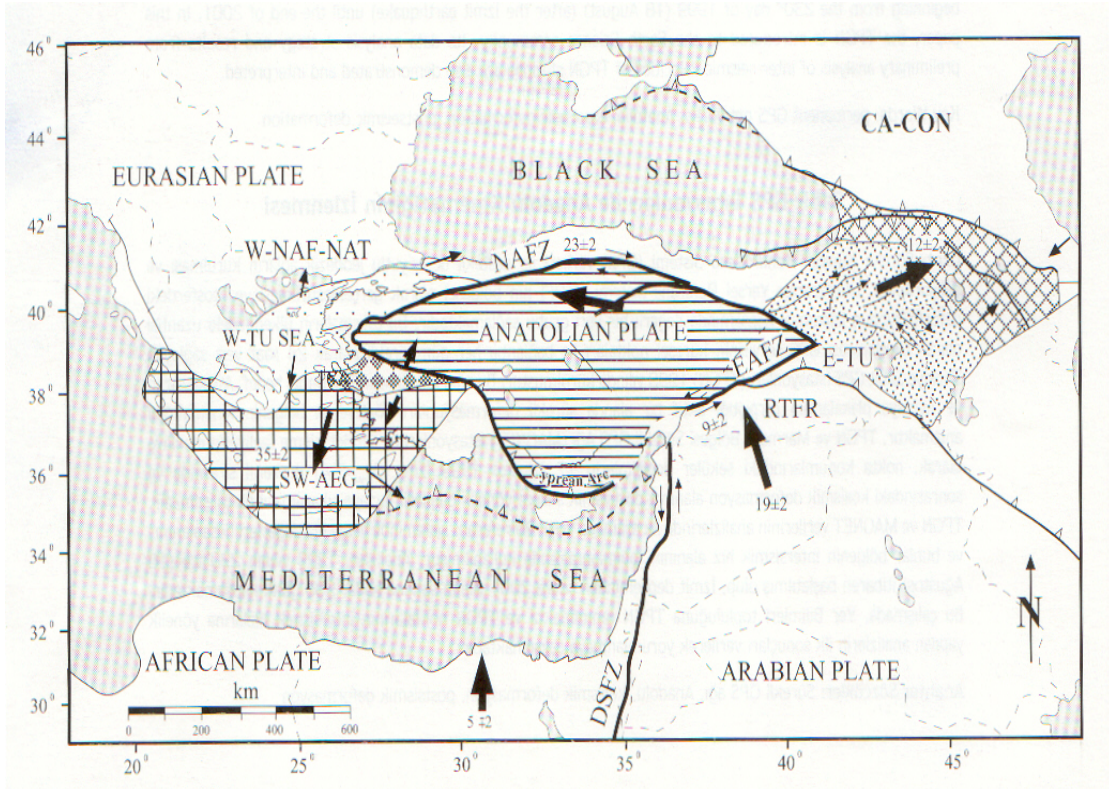
GİRİŞ

Türkiye Avrupa, Afrika ve Arabistan levhalarının doğrudan dokanak halinde bulunduğu Alp-Himalaya dağ oluş zinciri üzerinde yer alır. İnceleme bölgesi bu kuşağın 26.00°-32.00° D boylamları ve 36.00°-42.00° kuzey enlemleri arasında kalan bölgesindedir (Şekil 1). Bu oluşum, Anadolu yarımadasında doğuda sıkışma ve batıda ise genişleme tektonizmasına bağlı olarak karmaşık bir tektonizma meydana getirmiştir Yılmaz, (2000). Diğer taraftan Kuzey Anadolu (KAF) ve Doğu Anadolu (DAF) gibi doğrultu atımlı deformasyonlar Anadolu'nun kuzeyinde ve güney/ güneydoğusunda ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, Türkiye'nin güney/güneybatısında Akdeniz levhasının dalma-batma zonu bulunmaktadır (Şekil 2).

Üst Kretase'de Arap-Afrika levhalarının kuzeye doğru hareketi sonucu Anadolu levhalarının bazı sirtlar boyunca kenetlendikleri görülür. Bu kıta-kıta çarpışmalarında levha arası havzalarda meydana gelen çökeller güneye itilerek Menderes ve Toros levhaları üzerinde kalın Likya Naplarını oluşturmuşlardır. Eosen'de güneyde sıkışma ve kabuk kalınlaşması devam ederken Kuzeyde Pontit üzerinde bir gerilme ve kabuk incilmesi görülmektedir. Orta-Üst Miyosen'den itibaren Batı Anadolu'da genel bir gerilme tektoniği görülür. Yitim ve kıta-kıta çarpışmasıyla meydana gelen kabuk kısılması ve bu kısılmanın nasıl olduğu, bugünkü yapının yerin içine doğru ve yeryüzünde nasıl değiştiği önemli problemlerdir (Şengör, 1980).



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.
Figure 1. Location map of the study area.



Şekil 2. Anadolu, Ege ve Doğu Akdeniz bölgelerinin genel tektonik konumu (Mc Clusky, 2000).
Figure 2. The tectonic position of the Anatolia, the Aegean and Eastern Mediterranean regions (Mc Clusky, 2000).

Batı Anadolu'nun K-G doğrultulu açılma tektoniği kuramı birçok yer bilimci tarafından kabul edilmekle birlikte, bu açılmanın mekanizmasını değişik yapısal modeller üzerinde tartışmaktadırlar. Yer bilimcilerin Batı Anadolu'ya ilişkin çalışmalarından Mc Kenzie (1972) Anadolu plakasını Ege ve Anadolu plakaları olmak üzere ikiye ayırmaktadır. Daha sonra Mc Kenzie (1978) bu önerisine farklı bir yorum getirerek, Batı Anadolu'nun kıtasal litosferinin bir elin parmaklarının açılmasına benzer şekilde gerilerek yayıldığını ve K-G açılmanın günümüzde de devam ettiğini önermiştir. Alptekin (1973) ise, Anadolu plakası'nın tek parça olarak batıya hareket ettiğini, K-G doğrultulu açılmanın ise üst mantoda meydana gelen bir yükselme ile açıklamaktadır. Bingöl (1976) bu olguyu destekleyerek Batı Anadolu'daki üst manto yükselmesinin kabukta incelmeye neden olduğunu ve grabenlerin geliştiğini belirtmektedir. Dewey ve Şengör (1979) tarafından önerilen modelde Mc Kenzie (1972)'nin Ege plakası üçe bölünmektedir. Bu çalışmada Anadolu bloğunun batıya kaçışının Yunan makaslanma zonu boyunca frenlenmesi bölgede bir D-B doğrultulu sıkışmaya neden olmakta ve bu sıkışma sonucunda K-G doğrultulu açılmaların geliştiği önerilmektedir. Kocaefe (1981) bölgenin güncel tektoniğinin KG-GD doğrultulu aktif faylarla geliştiğini ve D-B doğrultulu çöküntü alanlarının fizyografik şekillerinin bölgede bindirme tektoniğinin denetimi altında olduğu savını öne sürmektedir. Akçığ (1988), Batı Anadolu'daki D-B yönelimli çöküntü alanlarının üst mantoda bir yükselme (kabukta inceleme) sonucu K-G doğrultulu gerilme tektoniğine paralel olarak gelişen rift sistemlerini önermiştir. Son yıllarda, McClusky (2000) ve Lenk v.d. (2003) GPS verilerini kullanarak Afrika, Arap ve Avrasya levhalarının çarpıştığı aktif bir alanda sürekli deformasyonlar Türkiye Sabit GPS İstasyonları (TPGN) gözlenerek bölgenin kinematiği izlenmekte ve batıya kaçış ve plaka konumları modellenmiştir (Şekil 2).

Batı Anadolu'da, kabuk kalınlığını belirlemeye yönelik farklı yöntemlerle çalışmalar yapılmıştır. Gravite anomali verileri kullanılarak kabuk kalınlığının Ege Denizi'nde ortalama 30 km olan kabuk kalınlığı Batı Anadolu'da 35-40 km ye ulaştığı hesaplanmıştır (Allen ve Morelli, 1971; Meisner v.d., 1987; Kolçak, 1982; Akçığ, 1988; Yüksel, 1993; Ankaya ve Akçığ, 1998; Hisarlı ve Orbay, 2000 ve Dolmaz v.d., 2003). Düşük dalga dağılımı (low wave dispersion) (Ezen, 1993), Rayleigh ve düşük dalgaların birlikte değerlendirilmesi (Mindavelli ve Mitchell, 1989) verileri ile Ege'de kabuk kalınlığının İç Anadolu'da 40

km.'yi aşkın kalınlıklardan, Ege denizine doğru 30 km.' ye tedricen azaldığı saptanmıştır.

Bu çalışmada, Türkiye'nin 26.00⁰-32.00⁰ D boylamları ve 36.00⁰-42.00⁰ kuzey enlemleri arasında kalan bölgesinin (Şekil 1) Bouguer Gravite haritasına alçak geçişli iki boyutlu Rekürsiv filtreler uygulanarak Batı Anadolu Rejyonal Bouguer haritası elde edilmiş ve bu harita kullanılarak Mohorovicic süreksizlik yüzeyinin derinliği hesaplanmıştır.

Kabuk kalınlığının araştırılmasında kullanılan gravite verilerinin, önce, yerel etkilerden ayrılarak yoruma hazırlanması gerekir. Bu amaçla, gravite verilerine sayısal alçak geçişli filtreleme yöntemlerinden biri olan Rekürsiv filtre uygulandı (Yüksel, 1993, Yüksel, 2003a, 2003b, 2003c).

Gravite verileri kullanılarak kabuk kalınlığının hesaplanması için iki boyutlu Fourier güç spektrumu (Davis, 1973), Tsuboi SinX/X (Tsuboi, 1983), Talwani'nin poligonal yöntemi (Talwani v.d., 1959), Ters çözüm yöntemleri (Marquardt, 1963) ve Multiple Source Werner Deconvolution (MSWD) (Hansen and Simmonds, 1993; Khair v.d., 1997) uygulanmaktadır. Bu çalışmada Batı Anadolu Kabuk kalınlığının dağılımı için Talwani yöntemi kullanılmıştır (Talwani v.d., 1959).

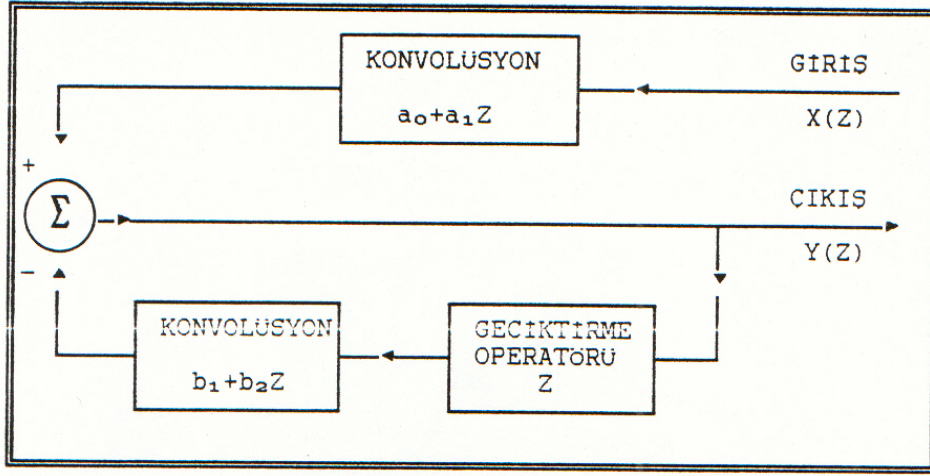
İKİ BOYUTLU REKÜRSİV FİLTRELEME

Sayısal filtrelerin çıkışını hesaplamada oldukça fazla sayıda çarpma işlemi yapıldığından dolayı filtreleme işlemi bilgisayar kullanım zamanının önemli bir kısmını harcar. Sayısal filtreler birim impuls tepkisi veya filtre ağırlık fonksiyonu ile uzaklık verisinin konvole edilmesi şeklinde ayrık uzaklık verilerine çok sık uygulanır. Hesaplanan her bir çıkış noktası, giriş noktalarının sınırlı sayıda ağırlıklı toplamıdır. Oysa, filtre Z-dönüşüm değişkeninin rasyonel bir fonksiyonu olarak yazılabilirse, konvolüsyona oranla daha uyumlu eşdeğer bir hesaplama algoritması elde edilebilir (Shanks, 1967; Shanks v.d., 1972) (Şekil 3, Şekil 4).

Z-domeni Z değişkeninin Laplace "s" değişkeni ile ilişkisi T birim uzunluk cinsinden $Z=e^{(-Ts)}$ eşitliğiyle tanımlanır. Z-domeninde giriş-çıkış fark denklemi ayrık transfer fonksiyonu ile ifade edilebilir (Şekil 3). n gecikme için yukarıdaki Z bağıntısı $Z^n=e^{(-nTs)}$ şeklinde kullanılır.

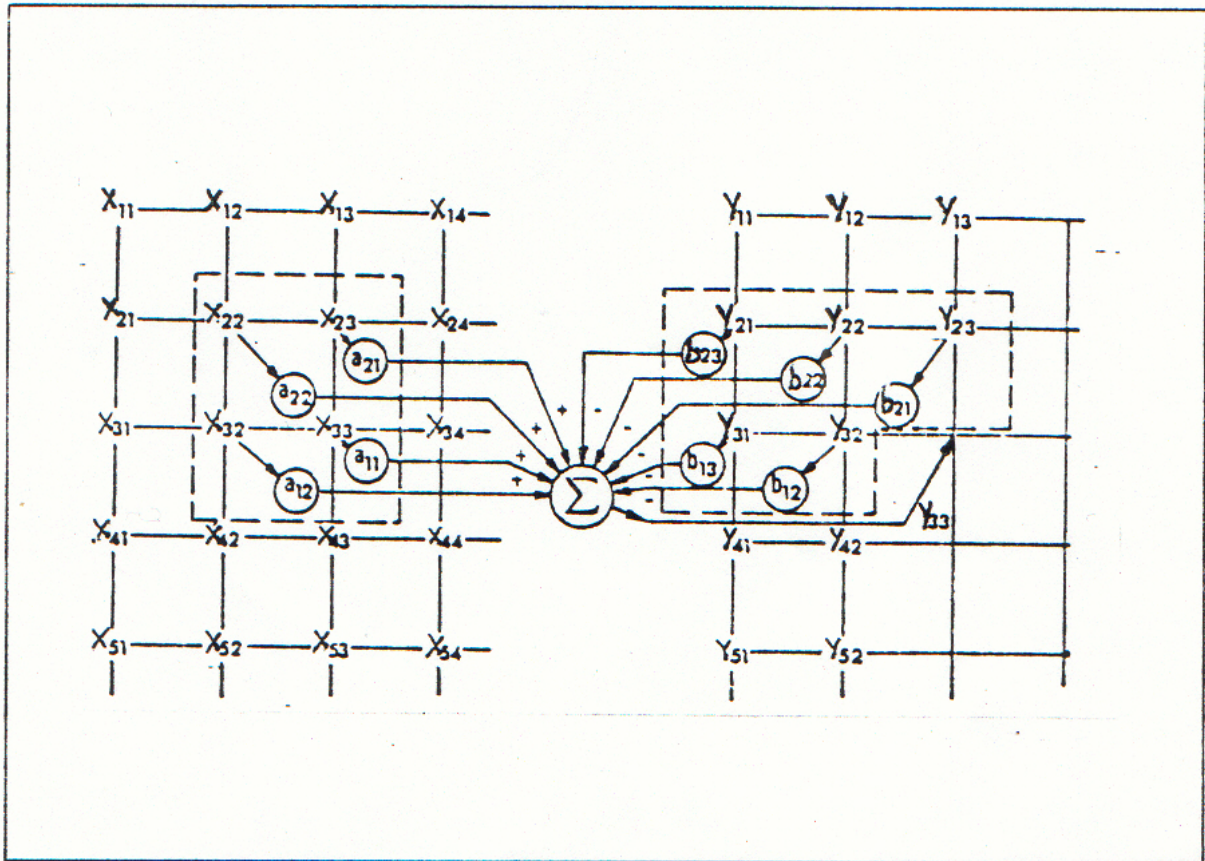
İki boyutlu rekürsiv bir alçak geçişli filtre (Şekil 4) elde etmek için bir polinom olarak aşağıdaki bağıntıyla transfer fonksiyonu kullanılır. Burada Z_1 ve Z_2 X giriş verisinin iki değişkenidir.

$$F(Z_1, Z_2) = \frac{\Delta_1 \Delta_2}{2} \cdot \frac{(1 + Z_1)(1 - Z_2)}{1 + b_{11}Z_1 + b_{12}Z_2 + b_{22}Z_1Z_2}$$



Şekil 3. Rekürsion filtrenin akış şeması.

Figure 3. Flow chart of recursion filter.



Şekil 4. İki boyutlu rekürsiv filtrelemenin şematize şekli.

Figure 4. Graphical figure of the two-dimensional recursive filtering.

Z_1 ve Z_2 değişkenlerinin kuvveti X veri dizisindeki ilişkili filtre katsayılarının yerini gösterir. Transfer fonksiyonunda bulunan b_{21} , b_{12} , ve b_{22} katsayıları aşağıdaki eşitliklerle

$$b_{21} = \left(\frac{a\Delta_1\Delta_2}{2} - \Delta_1 \cos \beta + \Delta_2 \sin \beta \right) / D,$$

$$b_{12} = \left(\frac{a\Delta_1\Delta_2}{2} + \Delta_1 \cos \beta - \Delta_2 \sin \beta \right) / D,$$

$$b_{22} = \left(\frac{a\Delta_1\Delta_2}{2} - \Delta_1 \cos \beta - \Delta_2 \sin \beta \right) / D \text{ ve}$$

$$D = \left(\frac{a\Delta_1\Delta_2}{2} + \Delta_1 \cos \beta + \Delta_2 \sin \beta \right)$$

bulunur. Burada a (rad/km) kesme dalga sayısıdır ve $a=2\pi f_c f_N$ eşitliğiyle tanımlanır.

Bu amaçla Bouguer gravite haritasını (Şekil 5) alçak geçişli bir filtreyle filtrelemek için kesme dalga sayısı $f_c=0.05$ devir/veri aralığı olan (Şekil 6, Şekil 7) bir filtrenin transfer fonksiyonunun tasarlanması gerekir. $a=2\pi f_c f_N$; $f_N=1/2\Delta$ (f_c kesme dalga sayısı; Δ örnekleme aralığı; a kesme dalga sayısı) olduğundan $a=2(3.1415)(0.05/2\Delta)=0.15708/\Delta$; $\Delta_1=\Delta_2=\Delta=1$ şeklinde elde edilir. Buradan $a=0.1571/\Delta=0.1571$ (devir/veri aralığı) hesaplanır. Sonra, sırasıyla b_{21} , b_{12} ve b_{22} bulunur. Aşağıdaki bağıntılarda β , (S_1 , S_2) eksenlerinin dönme derecesidir (S_1 ve S_2 Laplace değişkenlerine ait iki boyutlu filtrenin dalga sayısı cevabıdır ve Laplace düzlemi eksenleridir). $\beta=45^\circ$ alınarak önce D

$$D=(0.1571+2(0.707+0.707))=2.9855$$

Olarak bulunur. Sonra, b_{21} , b_{12} ve b_{22} sırasıyla hesaplanır.

$$b_{21} = [\pi \cdot f_c - 2(\cos \beta - \sin \beta)] / D,$$

$$b_{12} = [\pi \cdot f_c + 2(\cos \beta - \sin \beta)] / D,$$

$$b_{22} = [\pi \cdot f_c - 2(\cos \beta + \sin \beta)] / D \text{ ve}$$

$$D = [\pi \cdot f_c + 2(\cos \beta - \sin \beta)]$$

$$b_{21}=(0.1571-2(0.707-0.707))/2.9855 = 0.0526$$

$$b_{12}=(0.1571+2(0.707-0.707))/2.9855 = 0.0526$$

$$b_{22}=(0.1571-2(0.707+0.707))/2.9855 = -0.8948$$

Bulunan bu katsayılar $F(Z_1, Z_2)$ bağıntısında yerine konarak,

$$F(Z_1, Z_2) = \frac{0.052 + 0.052Z_1 + 0.052Z_2 + 0.052Z_1Z_2}{1 + 0.052Z_1 + 0.052Z_2 - 0.895Z_1Z_2}$$

iki boyutlu rekürsiv filtrenin transfer fonksiyonu elde edilir. Bulunan $F(Z_1, Z_2)$ transfer fonksiyonu

$$Y(Z_1, Z_2) = F(Z_1, Z_2) \cdot X(Z_1, Z_2)$$

bağıntısında yerine konulursa aşağıdaki rekürsiv bağıntısı sayısal olarak elde edilebilir.

$$y_{mn} = a_{11}x_{m,n} + a_{12}x_{m,n-1} + a_{21}x_{m-1,n} + a_{22}x_{m-1,n-1} \\ - b_{12}y_{m,n-1} - b_{13}y_{m,n-1} - b_{21}y_{m-1,n} - b_{22}y_{m-1,n-1} - b_{23}y_{m-1,n-2}$$

$$y_{m,n} = 0.052x_{m,n} + 0.052x_{m,n-1} + 0.052x_{m,n-1} + 0.052x_{m-1,n-1} \\ - 0.052y_{m-1,n} - 0.052y_{m,n-1} + 0.895y_{m-1,n-1}$$

Bu rekürsion ilişkisinde x_{22} , x_{23} , x_{32} ve x_{33} giriş değerlerini ve önceden hesaplanmış y_{21} , y_{22} , y_{23} , y_{31} ve y_{32} çıkış değerleri y_{33} 'ü hesaplamak için kullanılan değerlerdir (Şekil 4).

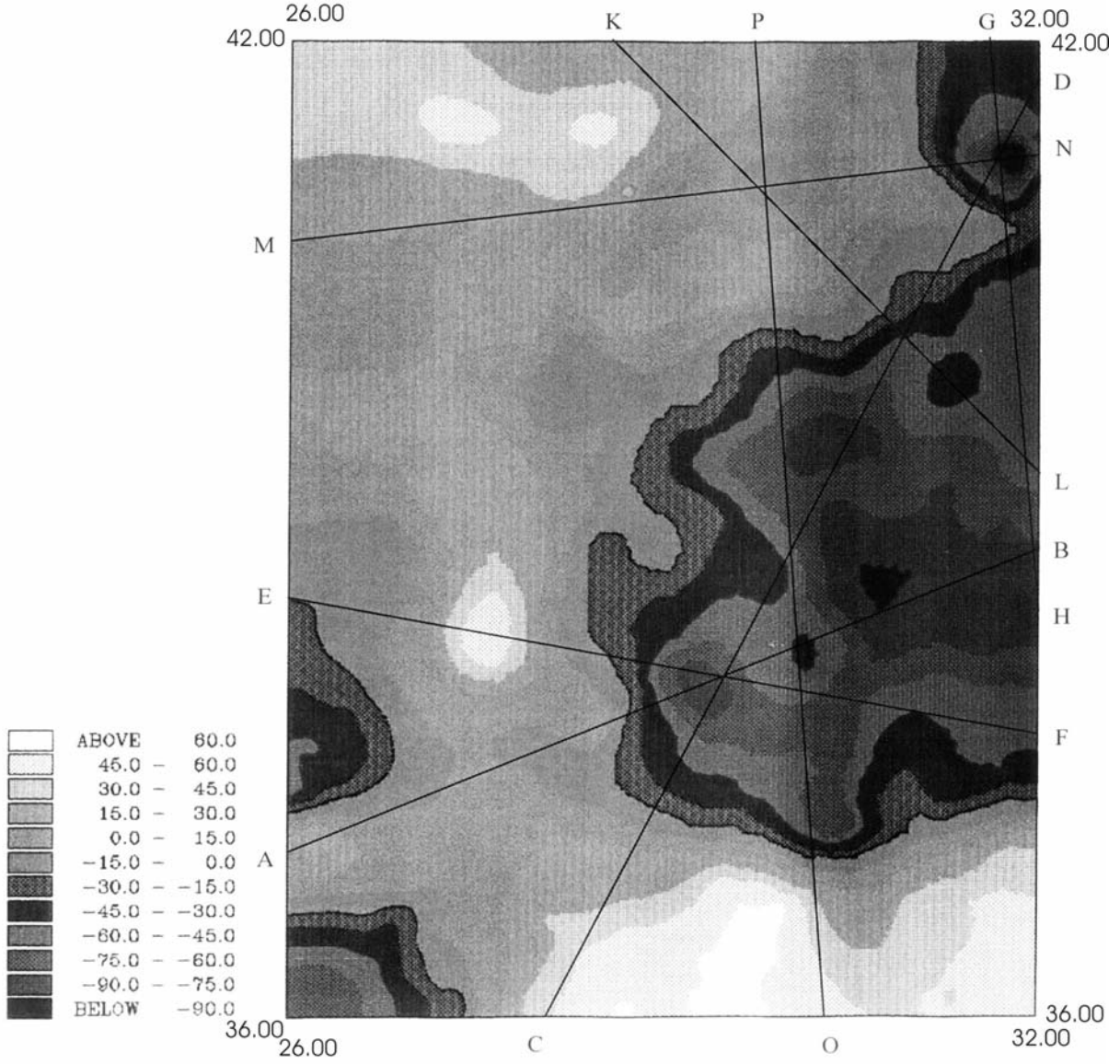
Pay ve paydasının Z -dönüşümü yapılan kesirli sayısal filtreler kullanılmadan önce, analiz edilerek kararlı olup olmadıkları belirlenir. Bu işlem filtre konvölüsyonunun pay ve paydasını oluşturan

polinomların köklerinin bulunmasıyla yapılır. Söz konusu kökler filtre türünü tanımlamada kullanılır. Payın kökleri filtrenin sıfırlarını ve paydanın kökleri ise filtrenin kutuplarını verir. Filtrenin duraylılığı sıfır ve kutuplarının z -düzlemindeki birim daire (yarıçapı "1.0" olan daire) üzerindeki konumları incelenerek yapılır.

Alçak geçişli bir filtrenin sıfır ve kutuplarının $Z=\pm 1$ birim dairesi üzerindeki konumları Şekil 8'de

görülmektedir. Birim dairenin η -ekseni, z-düzleminin gerçel ve $j\gamma$ -ekseni ise z-düzleminin sanal eksenidir. Sayısal filtrenin genlik ve faz tepkileri sistem

fonksiyonu $H(z)$ 'nin birim daire $|Z|=1.0$ üzerinde incelenmesiyle bulunur. $Z=e^{-jw\Delta t}$ denkleminde w 'nin gerçek değerleri



Şekil 5. Batı Anadolu Bouguer Gravite haritası (HGK).

Figure 5. Bouguer gravity map of West Anatolia (HGK).

$Z=1.0$ 'in değerlerine $Z=1.0+j0.0$ noktası sıfır frekansına ve $Z=-1.0+j0.0$ noktası ise $f_N=w_N/2\pi=1/2\Delta t$ (burada w frekans ve Δt dijital aralığıdır) katlama (Nyquist) frekansına karşılık gelir. Diğer frekanslar 0 ile Nyquist frekans arasında ($0 \leq w \leq \pi$) dağılır. Sıfır ve kutupları bilinen bir filtrenin genlik ve faz tepkileri z-düzlemi kullanılarak grafiksel analizle kolayca belirlenebilir.

Filtrenin kararlı olması için $H(z)$ 'nin payının kökleri $|Z_1| \leq 1.0$ ve paydasının kökleri $|Z_1| > 1.0$ olması gerekir (Rabiner ve Gold, 1975).

Elde edilen iki boyutlu filtrenin kararlı olup olmadığı aşağıdaki bağıntılarla hesaplanır (Shanks v.d., 1972).

$$\left| \frac{1}{b_{12}} \right| > 1.0; \left| \frac{1}{0.0526} \right| = 19.01$$

$$\left| \frac{1 + b_{12}}{b_{21} + b_{22}} \right| > 1.0; \left| \frac{1 + 0.0526}{0.0526 - 0.8948} \right| = 1.25$$

$$\left| \frac{1 + b_{12}}{b_{21} - b_{22}} \right| > 1.0; \left| \frac{1 + 0.0526}{0.0526 + 0.8948} \right| = 1.06$$

Bu değerlerin pozitif ve birden büyük olduğu, Z- düzleminde sıfır ve kutuplarının yerlerinin işaretlenmesiyle, görülür (Şekil 8) (Shanks v.d., 1972, Yüksel,1993).

$$F(Z_1^{-1}, Z_2^{-1}) = \frac{0.052 + 0.052Z_1^{-1} + 0.052Z_2^{-1} + 0.052Z_1^{-1}Z_2^{-1}}{0.052 + 0.052Z_1^{-1} + 0.052Z_2^{-1} - 0.895Z_1^{-1}Z_2^{-1}}$$

Negatif filtrenin rekürsion bağıntısı ise aşağıdaki gibi elde edilir.

$$y_{m,n} = 0.052x_{m,n} + 0.052x_{m+1,n} + 0.052x_{m,n+1} + 0.052x_{m+1,n+1} - 0.052y_{m+1,n} - 0.052y_{m,n+1} + 0.895y_{m+1,n+1}$$

Rekürsion filtreler sayısallaştırılmış Bouguer harita verilerine uygulanmasıyla Batı Anadolu Rejyonel Gravite haritaları elde edilir (Şekil 9). Rekürsion filtrelerin kullanılmasıyla, konvolusyon filtrelerin aksine harita kenarlarından veri kaybı olmamaktadır.

BATI ANADOLU KABUK KALINLIĞININ HESAPLANMASI

Çalışmada Harita Genel Komutanlığı'nın 1/1.000.000 ölçekli Bouguer gravite anomali haritası kullanılmıştır. Bouguer haritasında pozitif anomali değerleri Trakya'da yüksek pozitif değerlerden Marmara denizinin Güneyine kadar azalarak devam eder. Sonra negatif değerlerden artarak Isparta-Göller bölgesinde, en yüksek, yaklaşık -90 mgal 'e kadar artar. Antalya körfezi civarında tekrar pozitif değerlere ulaşarak Akdeniz'de devam eder. Bouguer gravite anomali haritası 1 cm.=10 km. olmak üzere sayısallaştırıldı. Elde edilen sayısal değerlere alçak geçişli rekürsiv filtre uygulandıktan sonra Batı Anadolu Rejyonel Bouguer haritası çizildi (Şekil 9).

Gravite anomalileri kullanılarak Mohorovicic süreksizlik yüzeyi belirlenebilir. Bu süreksizlik yüzeyi, yoğunluğu ortalama 2.60 gr/cm³ olan litosfer ile

Rekürsion yöntemi kullanarak sıfır fazlı filtreler, aşağıda anlatıldığı gibi, iki şekilde elde edilir.

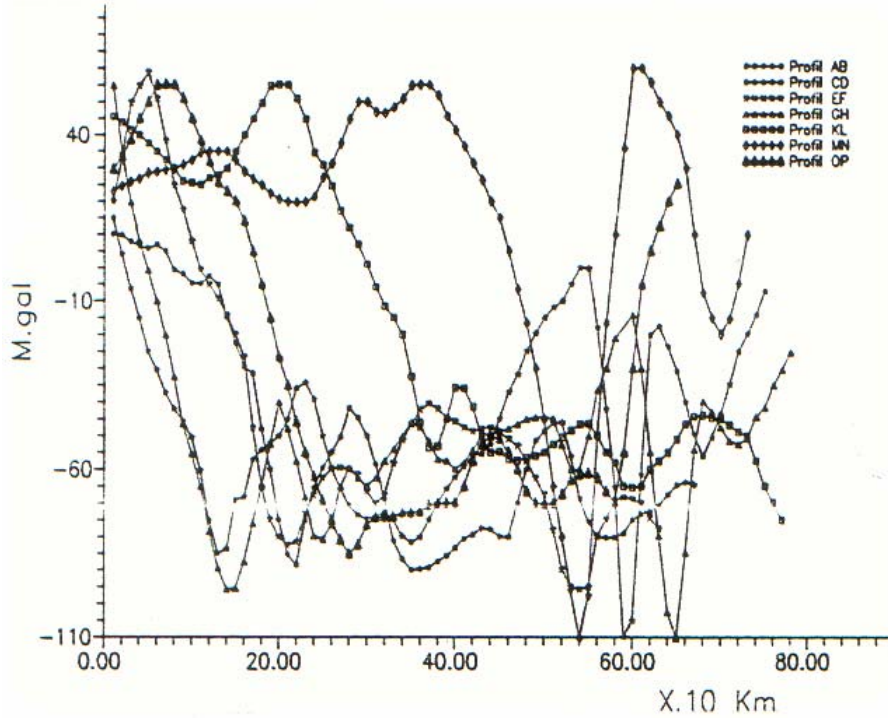
- 1) Giriş verileri F(Z₁,Z₂) filterine uygulanır. Sonra, filtrelenmiş çıkış ters çevrilerek tekrar aynı filtreden geçirilir. Bu çıkış tekrar ters çevrilerek istenilen sıfır fazlı filtre elde edilir.
- 2) İkinci yöntem kararlı pozitif ve negatif filtre elde edilmesini gerektirir. Negatif filtre elde edebilmek için Z yerine Z⁻¹ konularak ters filtre elde edilir (Shanks, 1967). Burada Z⁻¹ zaman ilerlemesini gösterir. Pozitif ve negatif filtreden çıkan veriler toplanarak Batı Anadolu Bouguer haritasına ait kesme dalga sayısı, f_c=0.05 devir/veri aralığı olan sıfır fazlı filtre çıkışı elde edilir.

yoğunluğu 3.40 gr/cm³ olan astenosfer arasındaki ortalama sınırdır. Gravite anomalileri kullanılarak ortalama kalınlıktan farkların belirlenmesi için Talwani yöntemi kullanılmıştır (Talwani v. d., 1959).

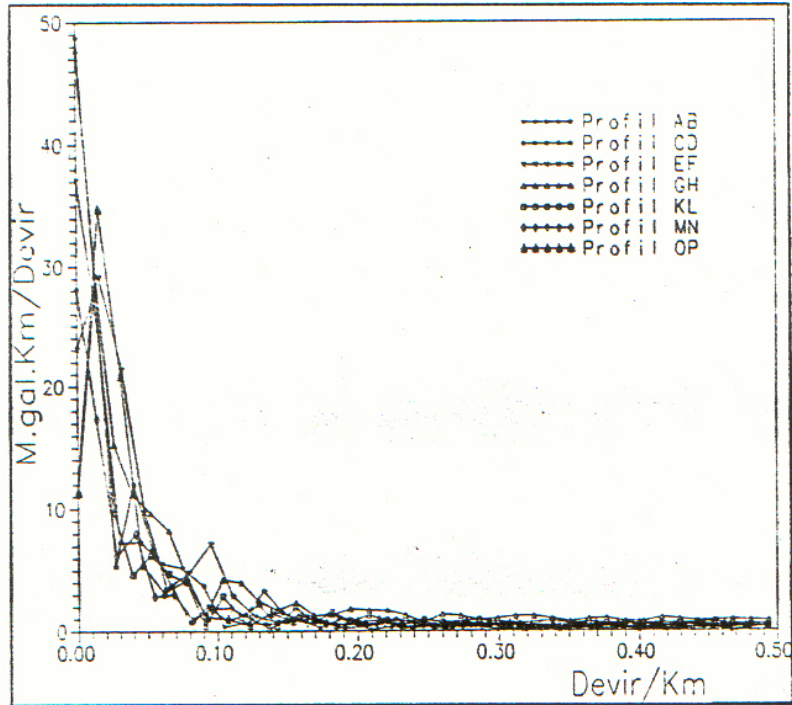
Talwani yöntemi iki boyutlu ve n kenarlı bir kütlelin gravite değerinin hesaplanması için geliştirilmiştir. Gelişigüzel iki boyutlu bir kütlelin çevresi yaklaşık bir poligon şeklinde düşünülebilir.

Poligon şeklinde tasarlanan bir kütlelin herhangi bir noktadaki gravite çekimine ait düşey ve yatay bileşenleri için analitik ifadeler geliştirilmiştir. Kütle boyutu ve konumu için herhangi bir kısıtlama yoktur. Yöntemin uygulanabilirliği, çokgenin verilen kütleyle uygunluğu ve kapalı çokgen olmasına bağlıdır.

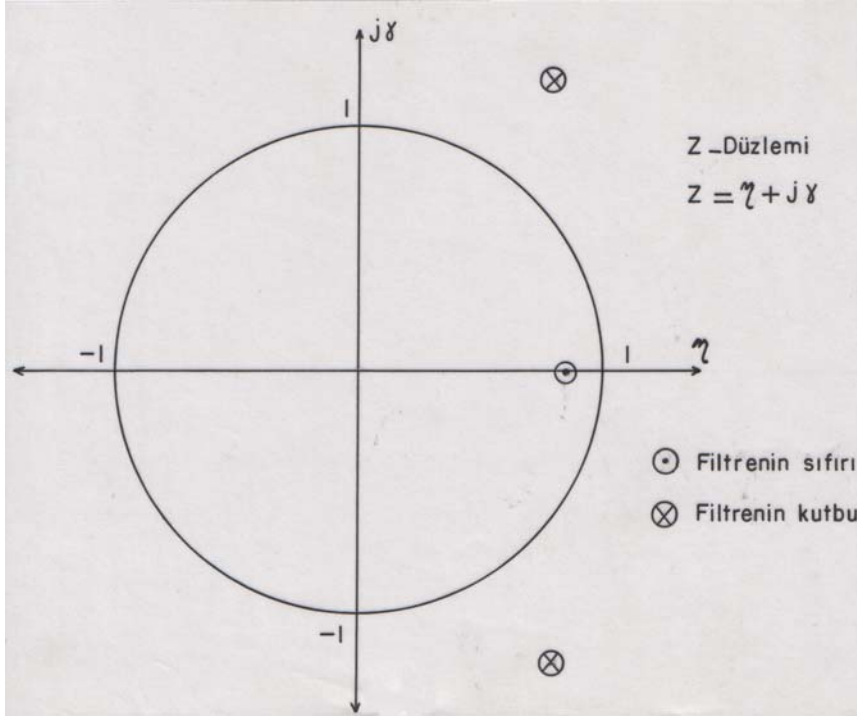
Bu poligonun verilen herhangi bir noktadaki gravite çekiminin düşey ve yatay bileşenleri analitik bağıntılarla bulunabilir. Geliştirilen analitik bağıntılar kütlelin duruşunda ve boyutunda herhangi bir sınırlama konmaksızın kullanılabilir. Yöntemin doğruluğu poligonun verilen kütleyle ne derece uyum gösterdiğine ve poligonun kapalı bir poligon olarak alınmasına bağlıdır. Poligonun kenar sayısı ne kadar çoğaltılırsa yöntemin duyarlılığı da o kadar artırılabilir.



Şekil 6. Bouguer gravite profilleri
 Figure 6. Bouguer gravity profiles.



Şekil 7. Bouguer gravite profillerinin Fourier spektrumları.
 Figure 7. Fourier spectrum of Bouguer gravity profiles



Şekil 8. Kesme dalga sayısı $f_c=0.05$ devir/veri aralığı olan $F(Z)$ IIR filtre transfer fonksiyonunun sıfır ve kutuplarının Z-Düzleminde gösterilmesi.

Figure 8. Display of zero and poles of filter transfer function where cutoff wavenumbers $f_c = 0.05$, on Z-plane

Tasarlanan çokgenin köşe noktaları A, B, C, D, E, F olsun. Bu çokgenin P noktasında oluşturduğu gravite çekiminin düşey bileşeni aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$g=2G\rho\sum Z_i; \quad i=1, 2, 3, \dots, n$$

G: Gravitasyon sabiti; ρ : hacim yoğunluğu. Toplamları çokgenin n kenarı üzerinde yapılır. Bir dizi matematiksel işlemden sonra, aşağıdaki denklem elde edilir.

$$Z_i = a_i \sin \Phi_i \cos \Phi_i [\theta_i - \theta_{i+1} + \tan \Phi_i \times \log_e (\cos \theta_i (\tan \theta_i - \tan \Phi_i) / \cos \theta_{i+1} (\tan \theta_{i+1} - \tan \Phi_i))]]$$

Böylece bir tek kenar üzerinde yapılan integrasyon işlemi n kenarlı çokgen üzerine götürülerek çözüm elde edilir.

Batı Anadolu Bouguer gravite haritasının Alçak geçişli filtrelenmesiyle elde edilen rejyonel gravite haritasından Adapazarı-Antalya doğrultusunda alınan bir profilede okunan rejyonel değerlere uyan en iyi kabuk manto süreksizlik yüzeyi Talwani yöntemiyle modellenerek Batı Anadolu kabuk kalınlığı değişimi

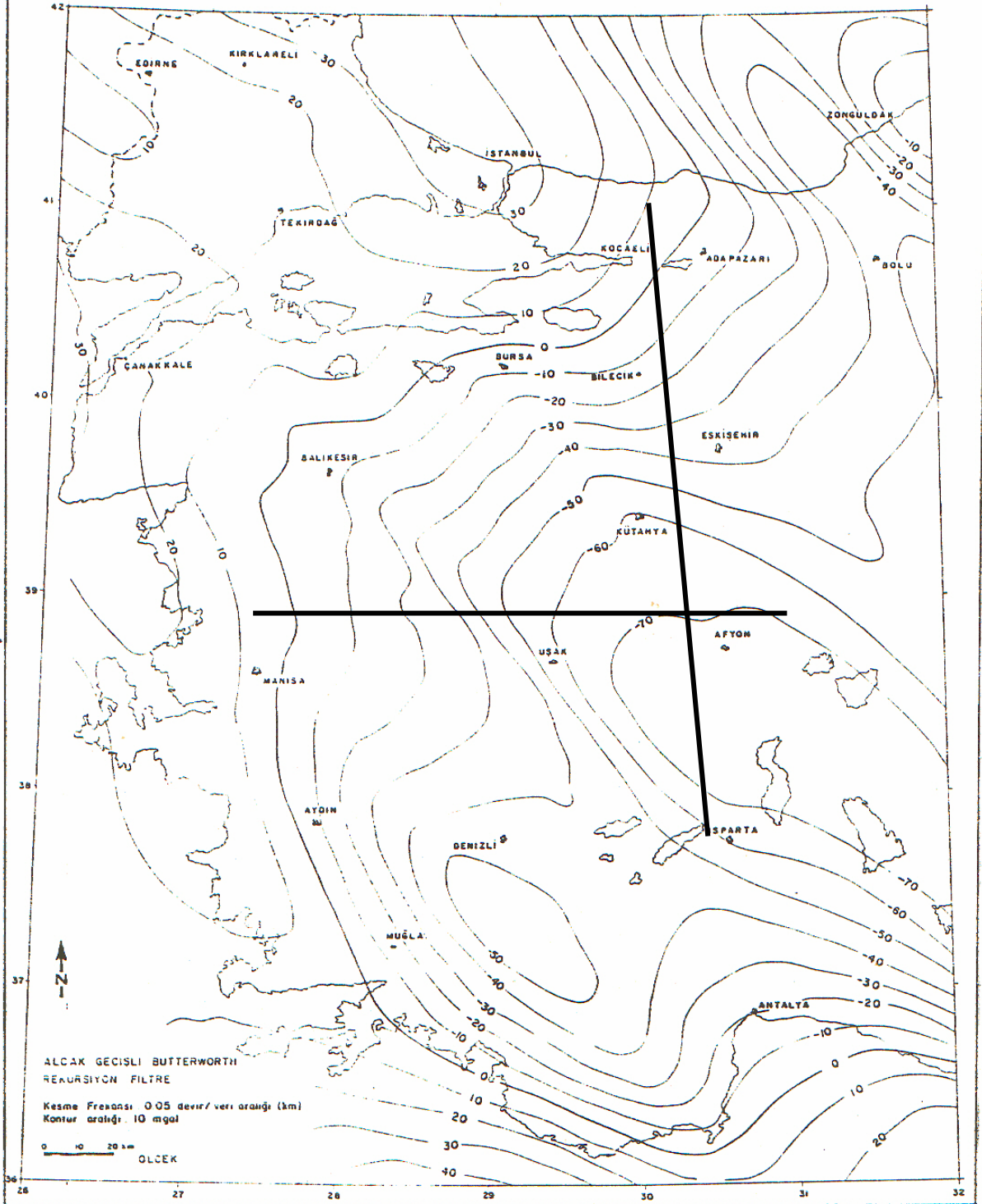
bulunmuştur (Şekil 10). Bulunan moho süreksizlik yüzeyi derinliğinin Adapazarı ve civarında 30 km den başlayıp Isparta ve Göller bölgesinde 35-40 km derinliğe ulaştığı ve Antalya civarı ve Akdeniz'de tekrar incelerken ortalama 32 km derinliğe vardığı hesaplandı.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Gravite verilerinin yoruma hazırlanmasında iki boyutlu tasarlanan rekürsiv (IIR) filtreler başarıyla kullanılmaktadır. Rekürsiv filtreler konvolüsyona nazaran daha az bilgisayar zamanı kullanmakta ve kolay tasarlanabilmektedir. Rekürsiv filtrelerin uygulandığı gravite haritalarının kenarlarındaki veri kaybı Fourier filtrelerine göre olmamaktadır.

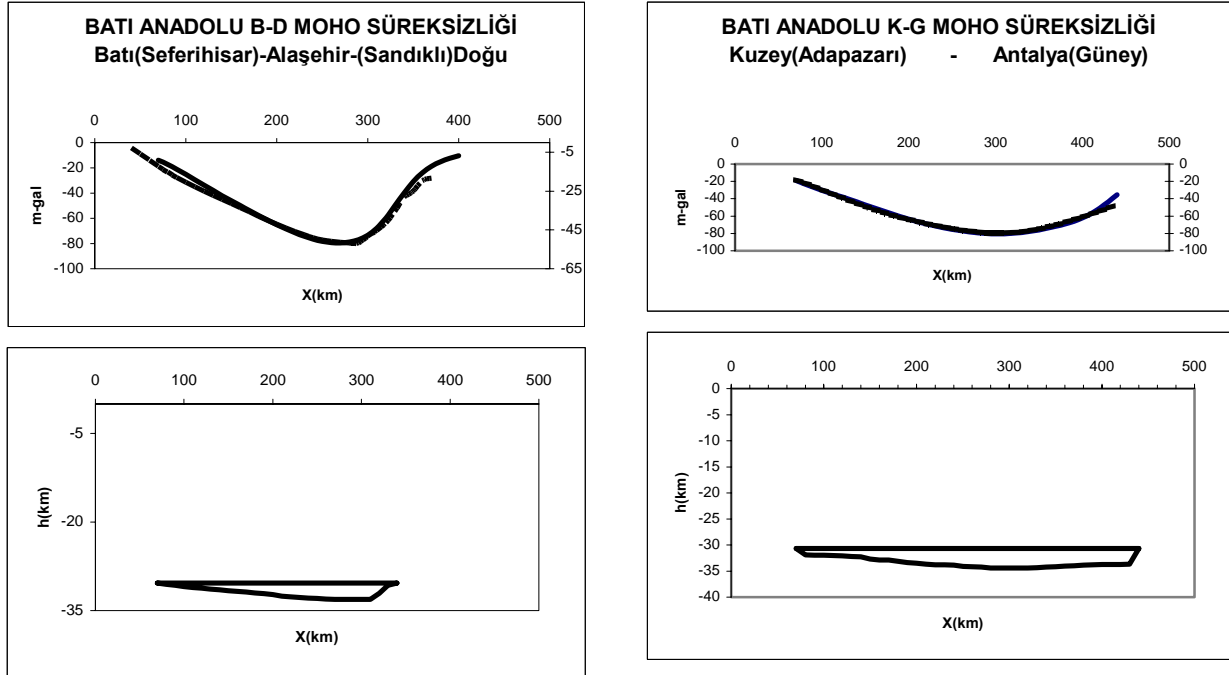
Batı Anadolu sayısal Bouguer gravite değerlerine alçak geçişli rekürsiv filtre uygulanmasıyla rejyonel (bölgesel) gravite verileri elde edildi. Batı Anadolu Rejyonel gravite haritasının sıfır mgal konturu iki farklı yoğunluklu levha sınırını göstermesi açısından oldukça anlamlıdır.

Batı Anadolu Rejyonel gravite anomali haritası üzerinde Adapazarı-Antalya ve Seferihisar-Alaşehir-Sandıklı doğrultusunda alınan K-G ve B-D profillerine Talwani yöntemi uygulanmasıyla iki boyutlu kabuk modelleri hesaplandı.



Şekil 9. Batı Anadolu Bouguer gravite haritasının alçak geçişli Rekürsiv filtre ile filtrelenmesinden elde edilen rejyonel harita, kontur aralığı 10 mgal, $f_c=0,05$ devir/veri aralığı (km).

Figure 9. The regional map obtained by filtering West Anatolian Bouguer Gravity map through low-pass filter with contour intervals of 10 mgal $f_c=0,05$ cycles/data intervals (km).



Şekil 10. Seferihisar-Alaşehir-Sandıklı (B-D) ve Adapazarı-Antalya (K-G) arası Moho süreksizlik yüzeyi.
Figure 10. Moho discontinuity surface between Seferihisar-Alaşehir-Sandıklı (W-E) and Adapazarı-Antalya (N-S).

Moho derinliği Adapazarı ve civarında 30 km den başlayıp Isparta ve Göller bölgesinde 35-40 km derinliğe ulaştığı ve Antalya civarı ve Akdeniz’de tekrar incelenerek ortalama 32 km derinlikte olduğu hesaplandı. Batı Anadolu’da kabuğun en kalın olduğu Isparta ve Göller bölgesindeki lokasyon, Anadolu plakasının batıya kaçarken saatin aksi yöndeki hareketinin mesnet noktasını oluşturmaktadır.

SUMMARY

Recursion filters, designed two dimensionally, are being used successfully to prepare gravity data for interpretation. Recursion filters, when compared with convolution, are designed easier and consume less computer time.

By applying low pass recursive filters to West Anatolian Numerical Bouguer gravity values, regional gravity data were obtained. Two dimensional crust model has been calculated by applying Talwani method to the profiles taken from West Anatolian Regional Gravity anomaly map at appropriate directions.

One and two dimensional low-pass recursive filters (IIR) were used to prepare West Anatolian Bouguer gravity maps for interpretation. Talwani method was applied to the profiles obtained from appropriate directions of the regional Bouguer gravity anomaly map, and West Anatolian crustal thickness geometry has thus been modelled. West Anatolian crustal thickness starts at 30 kms in the north at the

Black sea coast and increases to 35-40 kms at the Lake District (Isparta-Turkey). The thickness decreases to 32 kms at the Mediterranean coast. In the West-East direction the crust starts with 32 kms at the Aegean coast and increases to 40 kms towards central regions.

KATKI BELİRTME

Yazar katkılarından dolayı Prof. Dr. Mustafa Özdemir’e, Prof Dr. İbrahim Kara’ya, Prof. Dr. Naci Orbay’a Türk Petrol Vakfı’na ve isimleri bilinmeyen hakemlere teşekkür eder.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akçığ, Z., 1988**, Batı Anadolu’nun yapısal sorunlarının gravite verileri ile irdelenmesi. TJK Bült. C.31, 63-70.
- Allen, T. D. And Morelli, C., 1971**, A geophysical Study of the Mediterranean Sea. Bolletino di Geofisica Teorica ed Applicata, 13, pp. 99-183
- Alptekin, Ö., 1973**, Fochal mechanisms of earthquakes in Western Turkey and their implications: Ph. D. Thesis, New Mexico Institute of Mining and Technology Socorro, New Mexico, 95p.
- Ankaya, O. ve Akçığ, Z., 1998**, Investigation of the geodynamical properties of Western Anatolia. 12th International Petroleum Congress and Exhibition of

- Turkey, Ankara, October 12-15, 1998, METU Convention Center, s. 49-62.
- Bingöl, E., 1976**, Batı Anadolu'nun Jeotektonik evrimi. M.t.A. enst. Der., 86, s.14-34.
- Davis, J. C., 1973**, Statics and data analysis in geology. John Wiley Soons Inc., New York.
- Dewey, J. F. And Şengör, A. M. C., 1979**, Aegean and surrounding regions. Complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone. Geol. Soc. Of America Bull., Part I, 90, pp. 84-92.
- Dolmaz, M. N., Hisarlı, M., ve Orbay, N., 2003**, Burdur havzasının Bouguer gravite verileri ile yorumu. Yerbilimleri dergisi c. 16, no. 1, s. 23-32.
- Ezen, Ü., 1993**. Kuzey ve Doğu Anadolu'da Love dalgalarının dispersiyonu ve yer kabuğu yapısı. Deprem Araştırma Bülteni, 43, s. 42-62.
- Hansen, R. O., and Simmonds, M., 1993**, Multiple Source Werner Deconvolution, Geophysics, 58, 1792-1800.
- Hisarlı, M ve Orbay, N., 2000**, Bouguer gravity anomalilerinden Ege Denizi'nin kabuk kalınlığının belirlenmesi. Yerbilimleri Dergisi, c. 13, no. 1-2, s. 119-131.
- Khair, K., Tsokas, G. And Sawaf, T., 1997**, Crustal structure of northern Levant region: Multiple source Werner deconvolution estimates for Bouguer gravity anomalies, Geophys. J. Int., 128, 605-616.
- Kocaefe, S. S., 1981**, Batı Anadolu aktüel tektoniği ve Ege-Anadolu plakaları arası yapısal ilişkisinin saptanması. Hacettepe Üniv. Yerbilimleri Fak., Doktora tezi, 160s.
- Kolçak, D., 1982**, Türkiye'de deprem etkinliğinin nicel saptanması. İstanbul Yerbilimleri c.3, no.1-2, s.1-20
- Lenk, O., Türkezer, A., Ergintav, S., Kurt, A.İ. and Belgen, A., 2003**, Monitoring the kinematics of Anatolia using permanent GPS network stations. Turkish Jour. Of Earth Sci. Vol. 12, pp. 55-65.
- Marquardt, D. W., 1963**, An algorithm for least-square optimization of nonlinear parameters. Journal of Soc. Of Indust. App. Math., 11, 431-441.
- McClusky, S., S. Balassania, A. Barka, C. Demir, S. Ergintav, I. Georgiev, O.Gurkan, M. Hamburger, K. Hurst, H. Kalhe, K. Kastens, G. Kekelidze, R. King, V. Kotzev, O. Lenk, S. Mahmoud, A. Mishin, M. Nadariya, A. Ouzounis, D. Paradissis, Y. Peter, M. Prilepin, R. Reilinger, I. Sanli, H. Seeger, A. Tealeb, M.N. Toksöz and G. Veis, 2000**, Global positioning system constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. *J. Geophys. Res.* **105**, pp. 5695-5719.
- Mc Kenzie, D. P., 1972**, Active tectonics of the Mediterranean region. Geop. Jour. Roy. Astr. Soc., 30 (1), pp. 109-185.
- Mc Kenzie, D. P., 1978**, Active tectonics of the Alpin-Himalayan Belt: The Aegean sea and surrounding regions. Geop. Jour. Roy. Astr. Soc., 55, pp. 217-254.
- Meisner, R., Wever, T. H. And Flüh, E. R., 1987**, The Moho in Europe: Implications for crustal development. Annales Geophysicae, 513, 357-364.
- Mindavelli, O. Y and Mitchel, B. C., 1989**, Crustal structure and possible anizotropy in Turkey from seismic wave dispersion. Geophys. Jour. Inter., 98, pp. 93-106.
- Rabiner, L. R. And Gold, B., 1975**, Theory and application of digital signal processing. Prentice-Hall. Inc., New Jersey.
- Shanks, J. L., 1967**, Recursion Filters for Digital Processing. Geophysics 33(1), pp. 33-51.
- Shanks, J. L., Treitel, S. And Justice, J., 1972**, Stability and Synthesis of Two-dimensional Recursive Filters. IEEE Trans. On Audio and Elect. Au-20(2), pp. 115-128.
- Şengör, A. M. C., 1980**, Türkiyenin Neotektoniğinin Esasları. T.J.K. Konferansları Serisi no: 2.
- Talwani, M., Worzel, L. J. And Landisman, M., 1959**, Rapid Gravity Computation for Two-dimensional bodies with Application to the Mendocino Submarine Fracture Zone. Journal of Geophysical Research, v. 64, pp. 49-59.
- Tsokas, G. N. And Hansen, R. O., 1997**, Study of the crustal thickness and the subducting lithosphere in Greece from gravity data. J. Geophys. Res., 102, 20585-20597.
- Tsубoi, C., 1983**, Gravity. George Allen & Unwin Ltd., London
- Yılmaz, Y., 2000**, Ege bölgesinin aktif tektoniği. BADSEM 2000, Batı Anadolu'nun depremselliği sempozyumu, 24-27 Mayıs 2000, İzmir, Bildiriler Kitabı s.3-14.
- Yüksel, F. A., 1993**, Batı Anadolu Bölgesi Serbest Hava Anomalisinin Filtrelenmesi ve Yer Kabuğunun İncelenmesi. İ.Ü. Fen Bilimleri Enst., Doktora Tezi (yayınlanmamış), 104s., İstanbul.
- Yüksel, F. A., 2003a**, Batı Anadolu Bouguer Gravite Anomalilerinin Filtrelenmesi ve Yer kabuğu Kalınlık Dağılımının İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Jeofizik Sempozyumu 13-15 Mayıs 2003, Isparta, Bildiri Özetleri, s. 27.
- Yüksel, F. A., 2003b**, Batı Anadolu Bouguer Anomalilerinin Rekursiv Filtreler Kullanılarak Filtrelenmesi ve Yer kabuğu Kalınlık Dağılımının İncelenmesi. İ.Ü. Coğrafya Bölümü ve İ.Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Sırrı Erinc Sempozyumu 2003 Coğrafya, 11-13 Eylül 2003, İstanbul, Genişletilmiş Bildiri Özetleri, s. 392-399.

Yüksel, F. A., 2003c, Batı Anadolu Bouguer ve Serbest Hava Gravite Anomalilerine Analitik Uzanım Yöntemlerinin Uygulanması. Mersin Üni. Müh. Fak.

Jeoloji Müh. Böl. 10. Yıl Semp., 15-18 Ekim 2003. Bildiri Özleri Kitabı, s. 109.

Yayına Geliş - Received : 01.03.2004

Yayına Kabul - Accepted : 16.12.2004