1614

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BOUGUER GRAVİTE ANOMALİLERİNİN AYRIMINDA POLİNOMİAL YAKLAŞIMIN EN KÜÇÜK KARELER YÖNTEMİYLE ÇÖZÜMÜ VE İRDELENMESİ

Yüksek Lisans Diploma Çalışması

Yöneten: Prof. Dr. Y. Müh. Ali YARAMANCI

Hazırlayan: Sinan DEMİREL

İstanbul, 1984

İ Ç İ N D E K İ L E R

Ö N S Ö Z

Bu çalışma, rezidüel gravite anomalilerinin elde edilmesinde gravite anomalilerinin ayrımı için rejyonal alanın bir polinoma yaklaştırılması ve en küçük kareler yöntemiyle çözümdeki sorunların irdelenmesi esasını kapsamaktadır.

Öncelikle, tek boyutlu (Profil) ve iki boyutlu (harita) olarak polinominal yaklaşımın ve çözümünün kuramsal ve matematiksel ilkeleri açıklanmıştır. Analitik çözümlerin ışığında M.T.A. Enstitüsü tarafından yapılan 1/100.000 ölçekli Biga yarımadası Bouguer Anomali Haritası üzerinde uygulaması yapılmıştır. Uygulamalar harita ve profiller üzerinde verilmiştir.

Sunulan yöntemin uygulama neticeleri, aynı profiller üzerinde iki boyutlu filtreleme ve daire üzerine ortalama yöntemleri uygulamaları ile karşılaştırılmıştır.

Elde edilen neticelerde ortaya çıkan sorunlar irdelenerek verilen yöntemin geçerliliği sonuç olarak verilmiştir.

Bu çalışmayı öneren ve yöneten Sayın Hocam Prof. Dr. Y. Müh. Ali YARAMANCI'ya, çalışmam sırasında bana katkıda bulunan Sayın Dr. Erkan ERTEKİN'e, Sayın Hakkı ŞENEL'e, bilgisayar programı konusunda bana yardımcı olan Sayın Yard. Doç. Dr. Demir KOLÇAK'a, Haydar Furgaç Hesap Merkezi elemanlarına ve düzenleyerek yazımını gerçekleştiren Nurettin ŞİŞMAN'a teşekkür ederim.

Sinan DEMİREL

I. GİRİŞ

Saha ölçülerinden elde edilen verilerle oluşturulan Bouguer gravite anomali haritaları farklı derinlik ve farklı yoğunluklardaki çeşitli şekillere sahip kütlelerin tesirlerini içermektedir. Yeraltındaki bu değişik kütle dağılımının tespit edilmesi gravite yorumunun esasını teşkil eder. Bu nedenle de Bouguer gravite anomalilerdinden yerkabuğunun derinliklerindeki kütlelerin rejyonal etkilerinin ve sığ kütlelerin rezidüel etkilerinin ayrılması gerekmektedir. Gravite prospeksiyonunda genellikle rejyonal alan ayrımı yapılır ve elde edilen rezidüel alanın yorumuna gidilir. Rejyonal ve rezidüel alanların ayrımı yapılmadan ölçülen Bouguer anomalilerden yoruma gidilmesinde büyük güçlükle karşılaşılır.

Rejyonal ve rezidüel alanların ayrımı işlemleri yoruma hazırlık olarak yapılmaktadır ve çok çeşitlidir. Ayırım işlemleri hemen hemen 1930'lu yıllardan itibaren başlanmış ve bugün çok değişik ve ileri boyutlara ulaşmıştır. Hesaplalamalar son yıllarda genellikle matematiksel kuram üzerinden hareketle analitik çözümlemelere dayanarak yapılmaktadır.

Bouguer gravite anomalilerinin ayrımı için kullanılan ayırım yöntemlerinden bazılarını;

a) Grafik yöntemleri (Ortalama Gradient Profil yöntemi v.b.)

b) Ortalama Değer yöntemleri (Daire üzerine ortalama v.b.)

c) Türev yöntemleri

d) Uzanım yöntemleri

e) Frekans Analizi yöntemleri

f) Analitik yöntemler (En Küçük Kareler Yöntemi)

olarak sıralayabiliriz.

Çalışmada Analitik Yöntemler içinde yer alan, rejyonal alanın polinominal olarak ifadesi ve en küçük karelerle çözümü ele alınarak verilmeye çalışılmıştır. En küçük kareler yöntemi rezidüel anomalinin elde edilmesinde farklı neticelere varılmasından kaçınmak, ortalama müşterek bir değere ulaşılabilmesi için seçilmiştir.

2. GRAVİTE ANOMALİLERİNİN POLİNOMLARA YAKLAŞTIRILMASI VE EN KÜÇÜK KARELERLE ÇÖZÜMÜN ESASLARI

Gravite prospeksiyonunda en önemli konulardan biri de, ölçülen gravite anomalisindeki rejyonel ve rezidüel anomalilerin birbirinden ayrılmasıdır. Rejyonal ve rezidüel anomalilerin ayrı ayrı ölçülmelerine imkân olmadığına göre bu ayrım işlemleri bazı kabullerle yapılabilmektedir. Rejyonal anomalilerin, derin kütlelerin yavaş değişen gravite alanları olduğu kabul edilerek amprik bir bağıntı ile ifade edilmeye çalışır. Bu da rejyonal anomalinin n inci dereceden bir polinomla belirlenmesi olabilir. Böylece rejyonal anomali bir profil boyunca polinom olarak

$$Z(x) = \sum_{i=0}^{n} b_i \, x^i \tag{1}$$

şeklinde yazılabilir. Bu durumda rezidüel anomali ifadesi:

$$R(x) = g(x) - Z(x) \tag{2}$$

olur. Rejyonal anomaliyi ifade eden polinomun (n + 1) katsayısının bulunabilmesi için, ölçülen gravitenin en az bu sayıda noktalardaki değerinin bilinmesi gereklidir. Açık olarak

$$Z(x) = b_0 + b_1x + b_2x^2 + \ldots\ldots. + b_nx^n \tag{3}$$

şeklinde yazılan ve ölçü noktalarından geçen polinomun katsayılarının bulunmasında en küçük kareler yöntemi uygulanır. Bu uygulamada

$$L = \sum_{j=1}^{m} R_n^2 = \sum_{j=1}^{m} (g_j - z_j)^2 = \text{minimum} \tag{4}$$

şartının sağlanması gerekir. Bu şartın sağlanması için de L nin polinomun bilinmeyen katsayılarına göre türevlerinin sıfır olması gereklidir. Böylece;

$$\Sigma R \frac{\partial R}{\partial b_0} = (-2) \sum_{j=1}^{m} [g_j - \sum_{i=0}^{n} b_i x_j^i] = 0 \qquad (5)$$

yazarak

$$mb_0 + b_1 \sum_1^m x_i + b_2 \sum_1^m x_i^2 + \ldots\ldots. + b_n \sum_1^m x_i^n = \sum_1^m g_i \qquad (6)$$

bağıntısı elde edilir. Böylece benzer şekilde diğer katsayılara göre türevler alınarak n inci dereceden polinom için (n + 1) normal denklem elde edilir. Bu denklemler:

$$\begin{aligned} & mb_0 + \sum_1^m x_i b_1 + \ldots\ldots + \sum_1^m x_i^n b_n = \sum_1^m g_i \\ & \sum_1^m x_i b_0 + \sum_1^m x_i^2 b_1 + \ldots\ldots + \sum_1^m x_i^{n+1} b_n = \sum_1^m (x_i\ g_i) \qquad (7) \\ & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ & \sum_1^m x_i^n b_0 + \sum_1^m x_i^{n+1} b_1 + \ldots\ldots\ldots + \sum_1^m x_i^{2n} b_n = \sum_1^m (x_i^n\ g_i) \end{aligned}$$

şeklinde verilirler. Bu (n + 1) denklem çözülerek polinomun katsayıları hesaplanmış olur. Burada b_0, b_1, ..., b_n bilinmeyenlerin katsayıları esas köşegenine göre bir matris teşkil ettiklerinden bu normal denklemleri matris şeklinde:

$$\begin{bmatrix} m & \Sigma x_i & \ldots\ldots\ldots\ldots & \Sigma x_i^n \\ \Sigma x_i & \Sigma x_i^2 & \ldots\ldots\ldots\ldots & \Sigma x_i^{n+1} \\ \ldots & \ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots \\ \ldots & \ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots \\ \Sigma x_i^n & \Sigma x_i^{n+1} & \ldots\ldots\ldots & \Sigma x_i^{2n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma g_i \\ \Sigma(x_i\ g_i) \\ \vdots \\ \Sigma(x_i^n\ g_i) \end{bmatrix} \qquad (8)$$

gösterebiliriz. Böylelikle katsayıların hesaplanması kolaylıkla yapılabilinir. Rejyonal anomalinin polinomial olarak belirlenmesinden sonra (2) bağlantısı ile rezidüel anomali kolaylıkla bulunabilir.

Kompüterlerin çok ilerlemesi, polinominal olarak yaklaşımın en küçük karelerle çözümünün hesaplama işlemlerinin çok ve zaman alıcı oluşunu çok büyük derecede azaltmıştır. Bu nedenle polinominal yaklaşım, esası yukarıda verildiği gibi tek boyutlu (profil) olarak yapıldığı gibi iki boyutlu (yüzeysel) olarak da yapılmaktadır. Gravite çalışmaları genellikle haritalar üzerinde yapıldığından, rezidüel anomali hesaplamaları için de polinominal yaklaşımın iki boyutlu olarak yapılması en uygun olanıdır. Bunun için iki boyutlu olarak 1, 2 ve 3. dereceden polinomial yaklaşımlar (yüzeysel) aşağıdaki metinlerde çözümleri ile verilmişlerdir.

3.1. REJYONAL ALANIN 1. DERECEDEN POLİNOMLA İFADESİ

Rejyonal alanı x, y koordinat sisteminde 1. dereceden bir polinom olarak

$$Z(x,y) = Ax + By + C \qquad (9)$$

olarak yazabiliriz. Burada A, B, C polinomun katsayılarıdır.

Buna bağlı olarak rezidüel anomali ifadesi de

$$R(x,y) = g(x,y) - Z(x,y) = g(x,y) - (Ax + By + C) \qquad (10)$$

şeklinde olacaktır.

$$\Sigma R \frac{\partial R}{\partial A} = 0 \quad , \quad \Sigma R \frac{\partial R}{\partial B} = 0 \quad , \quad \Sigma R \frac{\partial R}{\partial C} = 0$$

şartını sağlayacak normal denklemleri

$$\Sigma R \frac{\partial R}{\partial A} = - x\,(g(x,y) - (Ax + By + C)) = 0$$

$$\Sigma R \frac{\partial R}{\partial B} = - y\,(g(x,y) - (Ax + By + C)) = 0 \qquad (11)$$

$$\Sigma R \frac{\partial R}{\partial C} = - 1\,(g(x,y) - (Ax + By + C)) = 0$$

Şeklinde bulunur ve

$$
\begin{aligned}
\Sigma Ax^2 + \Sigma Bxy + \Sigma Cx &= \Sigma g(x,y)\ x \\
\Sigma Axy + \Sigma By^2 + \Sigma Cy &= \Sigma g(x,y)\ y \qquad (12) \\
\Sigma Ax + \Sigma By + \Sigma Cx^{\circ} y^{\circ} &= \Sigma g(x,y)
\end{aligned}
$$

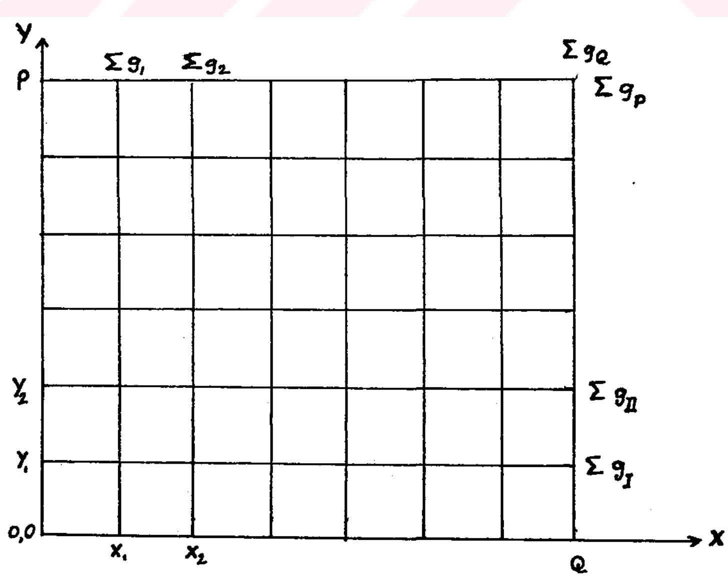
şeklinde yazabiliriz. Bir matris halinde

$$
\begin{bmatrix} \Sigma x^2 & \Sigma xy & \Sigma x \\ \Sigma xy & \Sigma y^2 & \Sigma y \\ \Sigma x & \Sigma y & \Sigma x^{\circ} y^{\circ} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma x\ g(x,y) \\ \Sigma y\ g(x,y) \\ \Sigma g(x,y) \end{bmatrix} \qquad (13)
$$

şeklinde gösterilebilir.

Buradan katsayıların çözümü için de Σx^2, Σxy, Σx, Σy^2, Σy, $\Sigma x^{\circ} y^{\circ}$, $\Sigma x\ g(x,y)$, $\Sigma y\ g(x,y)$ ve $\Sigma g(x,y)$ değerlerinin hesaplanması gerekmektedir.

x, y koordinat sisteminde bu değerlerin hesaplanmaları P ve Q noktaları arasında (Şekil 1).



Şekil 1: Hesaplamalar için Koordinat Sistemi

$$\Sigma x^k = (P+1) \sum_{i=1}^{Q} x_i^k$$

$$\Sigma x^k y^L = \sum^{Q} x^k \sum^{P} y^L$$

$$\Sigma y^L = (Q+1) \sum_{j=1}^{P} y_i^L$$

$$\Sigma x^{\circ} y^{\circ} = (Q+1)(P+1)$$

$$\sum_{i=1}^{Q} g\, x^P = x_1^P \Sigma g_1 + x_2^P \Sigma g_2 + \ldots\ldots + x_Q^P \Sigma g_Q$$

$$\sum_{j=1}^{P} g\, y^q = y_1^q \Sigma g_I + y_2^q \Sigma g_{II} + \ldots\ldots + y_Q^P \Sigma g_P$$

$$\Sigma G = \sum_{i=1}^{Q} \sum_{j=1}^{P} g_{i,j}$$

bağıntılarıyla bulunur.

3.2. REJYONAL ALANIN 2. DERECEDEN POLİNOMLA İFADESİ

x, y koordinat sisteminde rejyonal alanı 2. dereceden bir polinom olarak

$$Z(x,y) = Ax^2 + By^2 + Cxy + Dx + Ey + F \qquad (14)$$

şeklinde yazabiliriz.

Rezidüel anomali ifademiz de

$$R(x,y) = g(x,y) - (Ax^2 + By^2 + Cxy + Dx + Ey + F) \qquad (15)$$

olacaktır.

$$\Sigma R \frac{\partial R}{\partial A} = 0 \quad , \quad \Sigma R \frac{\partial R}{\partial B} = 0 \quad , \quad \Sigma R \frac{\partial R}{\partial C} = 0$$

$$\Sigma R \frac{\partial R}{\partial D} = 0 \quad , \quad \Sigma R \frac{\partial R}{\partial E} = 0 \quad , \quad \Sigma R \frac{\partial R}{\partial F} = 0$$

Şartlarını sağlayan normal denklemleri de

$$\left.\begin{array}{l}
-x^2\ (g(x,y) - (Ax^2 + By^2 + Cxy + Dx + Ey + F)) = 0 \\
-y^2\ (g(x,y) - (Ax^2 + By^2 + Cxy + Dx + Ey + F)) = 0 \\
-xy\ (g(x,y) - (Ax^2 + By^2 + Cxy + Dx + Ey + F)) = 0 \\
-x\ \ (g(x,y) - (Ax^2 + By^2 + Cxy + Dx + Ey + F)) = 0 \\
-y\ \ (g(x,y) - (Ax^2 + By^2 + Cxy + Dx + Ey + F)) = 0 \\
-1\ \ (g(x,y) - (Ax^2 + By^2 + Cxy + Dx + Ey + F)) = 0
\end{array}\right\} \qquad (16)$$

olarak bulur ve

$$\left.\begin{array}{l}
\Sigma Ax^4 + \Sigma Bx^2y^2 + \Sigma Cx^3y + \Sigma Dx^3 + \Sigma Ex^2y + \Sigma Fx^2 = \Sigma x^2 g(x,y) \\
\Sigma Ax^2y^2 + \Sigma By^4 + \Sigma Cxy^3 + \Sigma Dxy^2 + \Sigma Ey^3 + \Sigma Fy^2 = \Sigma y^2 g(x,y) \\
\Sigma Ax^3y + \Sigma Bxy^3 + \Sigma Cx^2y^2 + \Sigma Dx^2y + \Sigma Exy^2 + \Sigma Fxy = \Sigma xy\ g(x,y) \\
\Sigma Ax^3 + \Sigma Bxy^2 + \Sigma Cx^2y + \Sigma Dx^2 + \Sigma Exy + \Sigma Fx = \Sigma x\ g(x,y) \\
\Sigma Ax^2y + \Sigma By^3 + \Sigma Cxy^2 + \Sigma Dxy + \Sigma Ey^2 + \Sigma Fy = \Sigma y\ g(x,y) \\
\Sigma Ax^2 + \Sigma By^2 + \Sigma Cxy + \Sigma Dx + \Sigma Ey + \Sigma Fx^\circ y^\circ = \Sigma g(x,y)
\end{array}\right\} \qquad (17)$$

şeklinde yazabiliriz. Hesaplama kolaylığı olaraktа matris halinde

$$\begin{bmatrix}
\Sigma x^4 + \Sigma x^2y^2 + \Sigma x^3y + \Sigma x^3 + \Sigma x^2y + \Sigma x^2 \\
\Sigma x^2y^2 + \Sigma y^4 + \Sigma xy^3 + \Sigma xy^2 + \Sigma y^3 + \Sigma y^2 \\
\Sigma x^3y + \Sigma xy^3 + \Sigma x^2y^2 + \Sigma x^2y + \Sigma xy^2 + \Sigma xy \\
\Sigma x^3 + \Sigma xy^2 + \Sigma x^2y + \Sigma x^2 + \Sigma xy + \Sigma x \\
\Sigma x^2y + \Sigma y^3 + \Sigma xy^2 + \Sigma xy + \Sigma y^2 + \Sigma y \\
\Sigma x^2 + \Sigma y^2 + \Sigma xy + \Sigma x + \Sigma y + \Sigma x^\circ y^\circ
\end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ F \end{bmatrix} = \begin{bmatrix}
\Sigma x^2\ g(x,y) \\
\Sigma x^2\ g(x,y) \\
\Sigma xy\ g(x,y) \\
\Sigma x\ \ g(x,y) \\
\Sigma y\ \ g(x,y) \\
\Sigma\ \ g(x,y)
\end{bmatrix} \qquad (18)$$

olarak yazılır. Çözümün sağlanabilmesi için matris eşitliğinin solundaki koordinat değerleri ile eşitliğin sağındaki değerler hesaplanarak yerlerine konur. Matris çözümü ile katsayıların bulunması sonucu rejyonal alan belirlenerek rezidüel alan bulunmuş olur.

3.3. REJYONAL ALANIN 3. DERECEDEN POLİNOMLA İFADESİ

3. dereceden bir polinom olarak rejyonal alanı, bir x, y koordinat sisteminde

$$Z(x,y) = Ax^3 + By^3 + Cx^2y + Dxy^2 + Ex^2 + Fy^2 + Gxy + Hx + Ky + L \qquad (19)$$

denklemi ile ifade edebiliriz. Bu durumda rezidüel alan ifademiz de

$$R(x,y) = g(x,y) - (Ax^3 + By^3 + Cx^2y + Dxy^2 + Ex^2 + Fy^2 + Gxy + Hx + Ky + L) \qquad (20)$$

olur.

$$\Sigma R\,\frac{\partial R}{\partial A} = 0 \;,\quad \Sigma R\,\frac{\partial R}{\partial B} = 0 \;,\quad \Sigma R\,\frac{\partial R}{\partial C} = 0 \;,\quad \Sigma R\,\frac{\partial R}{\partial D} = 0 \;,$$

$$\Sigma R\,\frac{\partial R}{\partial E} = 0 \;,\quad \Sigma R\,\frac{\partial R}{\partial F} = 0 \;,\quad \Sigma R\,\frac{\partial R}{\partial G} = 0 \;,\quad \Sigma R\,\frac{\partial R}{\partial H} = 0 \;,$$

$$\Sigma R\,\frac{\partial R}{\partial K} = 0 \;,\quad \Sigma R\,\frac{\partial R}{\partial L} = 0$$

şartları sağlayan normal denklemleri de netice olarak

$$\Sigma Ax^6 + \Sigma Bx^3y^3 + \Sigma Cx^5y + \Sigma Dx^4y^2 + \Sigma Ex^5 + \Sigma Fx^3y^2 + \Sigma Gx^4y + \Sigma Hx^4 + \Sigma Kx^3y + \Sigma Lx^3 = \Sigma x^3\, g(x,y)$$

$$\Sigma Ax^3y^3 + \Sigma By^6 + \Sigma Cx^2y^4 + \Sigma Dxy^5 + \Sigma Ex^2y^3 + \Sigma Fy^5 + \Sigma Gxy^4 + \Sigma Hxy^3 + \Sigma Ky^4 + \Sigma Ly^3 = \Sigma y^3\, g(x,y)$$

$$
\left.
\begin{aligned}
&\Sigma Ax^5y + \Sigma Bx^2y^4 + \Sigma Cx^4y^2 + \Sigma Dx^3y^3 + \Sigma Ex^4y + \Sigma Fx^2y^3 + \Sigma Gx^3y^2 \\
&\qquad + \Sigma Hx^3y + \Sigma Kx^2y^2 + \Sigma Lx^2y = \Sigma x^2y\ g(x,y) \\
&\Sigma Ax^4y^2 + \Sigma Bxy^5 + \Sigma Cx^3y^3 + \Sigma Dx^2y^4 + \Sigma Exy^4 + \Sigma Fx^3y^2 + \Sigma Gx^2y^3 \\
&\qquad + \Sigma Hx^2y^2 + \Sigma Kxy^3 + \Sigma Lxy^2 = \Sigma xy^2\ g(x,y) \\
&\Sigma Ax^5 + \Sigma Bx^2y^3 + \Sigma Cx^4y + \Sigma Dx^3y^2 + \Sigma Ex^4 + \Sigma Fx^2y^2 + \Sigma Gx^3y \\
&\qquad + \Sigma Hx^3 + \Sigma Kx^2y + \Sigma Lx^2 = \Sigma x^2\ g(x,y) \\
&\Sigma Ax^3y^2 + \Sigma By^5 + \Sigma Cx^2y^3 + \Sigma Dx^2y^4 + \Sigma Ex^2y^2 + \Sigma Fy^4 + \Sigma Gxy^3 \\
&\qquad + \Sigma Hxy^2 + \Sigma Ky^3 + \Sigma Ly^2 = \Sigma y^2\ g(x,y) \\
&\Sigma Ax^4y + \Sigma Bxy^4 + \Sigma Cx^3y^2 + \Sigma Dx^2y^3 + \Sigma Ex^3y + \Sigma\ Fxy^2 + \Sigma Gx^2y^2 \\
&\qquad + \Sigma Hx^2y + \Sigma Kxy^2 + \Sigma Lxy = \Sigma xy\ g(x,y) \\
&\Sigma Ax^4 + \Sigma Bxy^3 + \Sigma Cx^3y + \Sigma Dx^2y^2 + \Sigma Ex^3 + \Sigma Fxy^2 + \Sigma Gx^2y \\
&\qquad + \Sigma Hx^2 + \Sigma Kxy + \Sigma Lx = \Sigma x\ g(x,y) \\
&\Sigma Ax^3y + \Sigma By^4 + \Sigma Cx^2y^2 + \Sigma Dxy^3 + \Sigma Ex^2y + \Sigma Fy^3 + \Sigma Gxy^2 \\
&\qquad + \Sigma Hxy + \Sigma Ky^2 + \Sigma Ly = \Sigma y\ g(x,y) \\
&\Sigma Ax^3 + \Sigma By^3 + \Sigma Cx^2y + \Sigma Dxy^2 + \Sigma Ex^2 + \Sigma Fy^2 + \Sigma Gxy \\
&\qquad + \Sigma Hx + \Sigma Ky + \Sigma Lx^0 y^0 = \Sigma g(x,y)
\end{aligned}
\right\} \qquad (21)
$$

şeklinde yazabiliriz. Bu normal denklemler matris haline getirilir ve koordinat hesapları yapıldıktan sonra bilinmeyenler (katsayılar) çözülerek rejyonal alan belirlenmiş olur. 20 numaralı denklemle de rezidüel alan bulunur.

Daha yukarı dereceden polinominal yaklaşımın en küçük kareler yöntemiyle çözümü de verilen 1, 2 ve 3. dereceden polinomların çözümündeki yollar takip edilerek yapılabilinir. Polinominal yaklaşımın derecesi arttıkça yapılacak işlemler de o nispette fazlalaşacaktır. Hesaplamalar iyi bir programlama ile Elektronik Hesap makinelerinin kullanılması halinde çok kısa bir zaman içinde kolaylıkla yapılmaktadır. Böylece rejyonal alan istenilen derecede bir polinomla ifade edilebilir ve ölçülen anomalilerden ayırarak rezidüel anomaliyi elde edebiliriz.

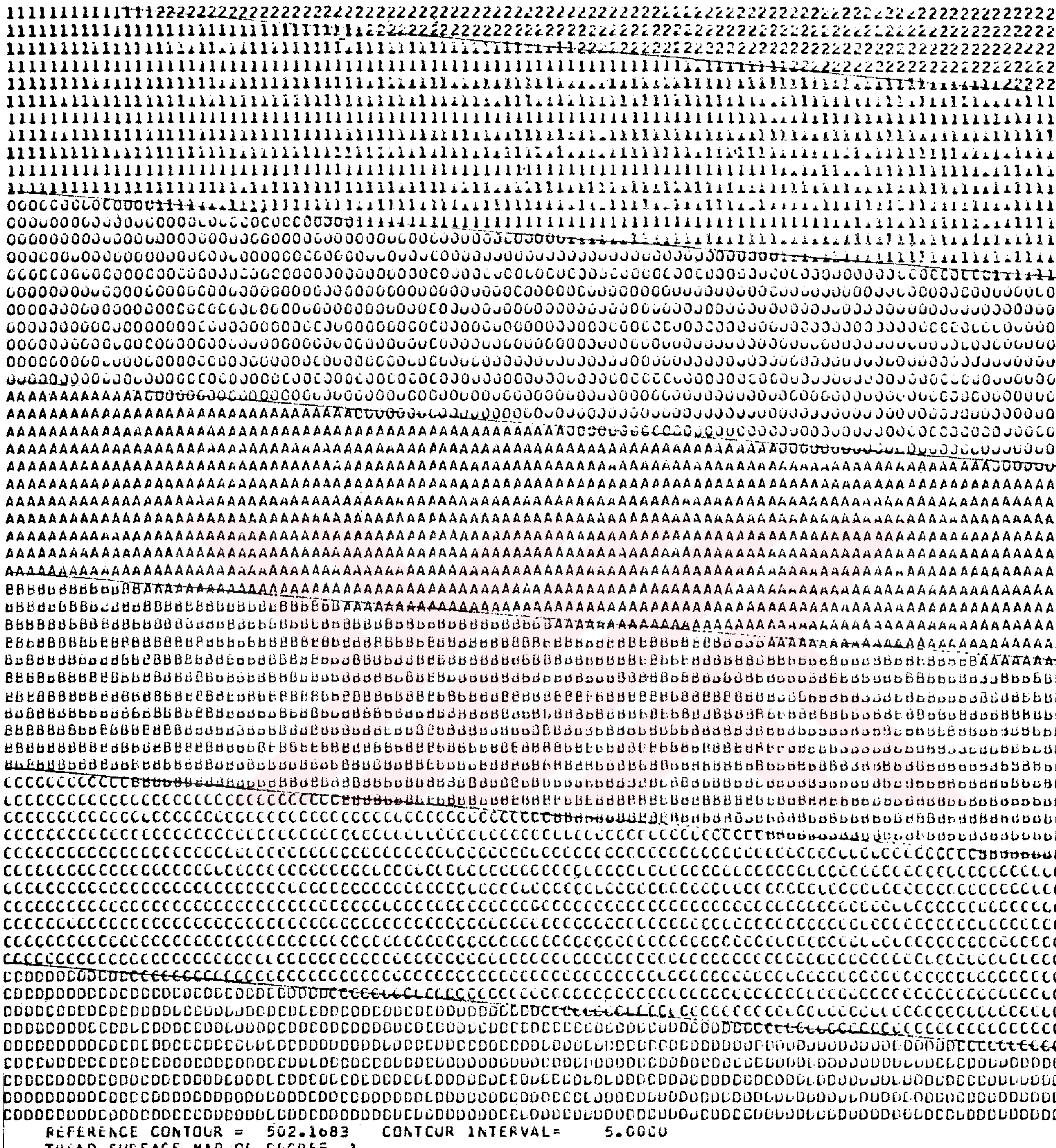
3. UYGULAMA VE ELDE EDİLEN NETİCELER

Bölüm 2'de matematiksel çözümü verilen yöntemin uygulaması M.T.A. Enstitüsü tarafından Jeotermik Enerji araştırmaları için yapılan Biga Yarımadası Bouguer gravite anomali haritası (Ek 2) üzerinde yapılmıştır.

Saha verileri üzerine, verilen yöntemin uygulamasının seçimi, modellerle hazırlanmış gravite anomali haritaları üzerine uygulamaların daha önceleri bazı yazarlar tarafından yapılmış (1, 7, 8, 10, 12) olmasından kaynaklanmıştır. Ayrıca da karşılaşılacak sorunların gerçek saha verilerine yapılacak uygulamada karşımıza çıkacağı da aşikârdır.

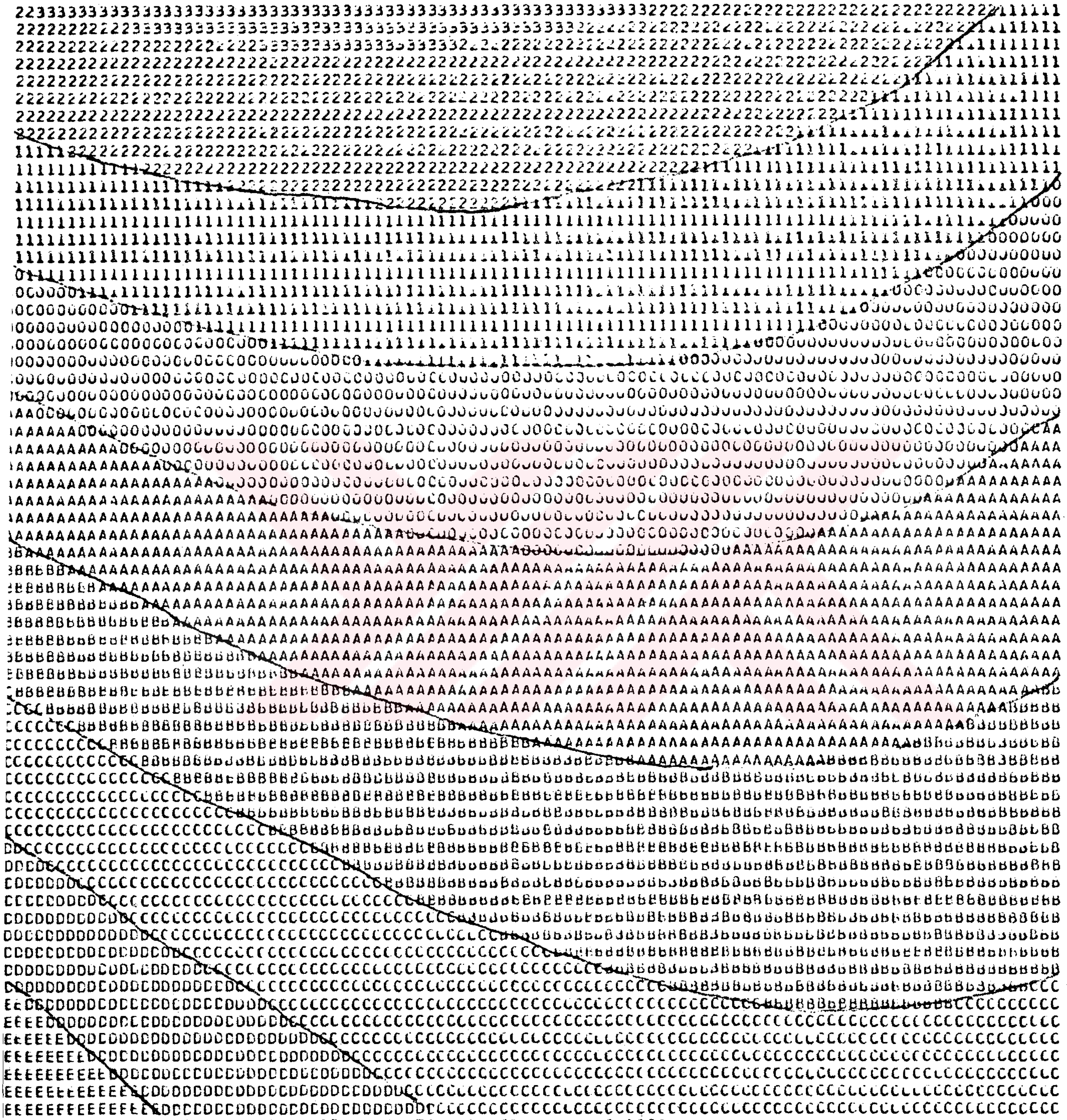
Sunulan yöntemle rezidüel anomalilerin elde edilmesi çalışmanın amacını teşkil ettiğinden, rezidüel anomali anlamı üzerinde durmak gerekir. Rezidüel gravite anomali anlamı farklı iki manada ele alınmaktadır (12). İlk olarak, Bouguer gravite anomalisinden düzgün rejyonal anomali etkisinin çıkarılması sonucu, geriye kalan gravite anomalisini ifade etmek için orjinal anlamda kullanılan ifade şekli olmuştur. Diğer anlamı da 1949 lu yıllardan sonra gelişen ve genel olarak iki boyutlu bir filtre işlevi gören ağırlık fonksiyonları ile Bouguer değerlerinin evrişimi sonucu elde edilen değerlerin ifadesi için kullanılmaktadır. Rezidüel gravite anomalilerin düşünülen her iki manadaki ifadeleri aynı değildir. Yalnız, yoruma gidilirken farklı iki manadaki bu ifadenin elde edilmesinde kullanılacak yöntemlerden bazıları arasında bir müştereklik sağlanması mümkün olabilir.

Rezidüel anomalinin elde edilmesinde rejyonal alanın polinominal olarak farklı derecelerde ifade edilmesindeki genel değişimleri görebilmek amacıyla yapılan uygulamalar IBM programı ile (Ek 1) kompütüre 1. dereceden 5. dereceye kadar harita olarak çizdirilerek Şekil 2-3-4-5 ve 6'da verilmiştir. Rejyonal anomalinin genel durumunu belirleyen bu



Şekil 2: Rejyonal alanın 1. dereceden polinomla belirlenmesinden elde edilen uygulama alanı Rejyonal haritası.

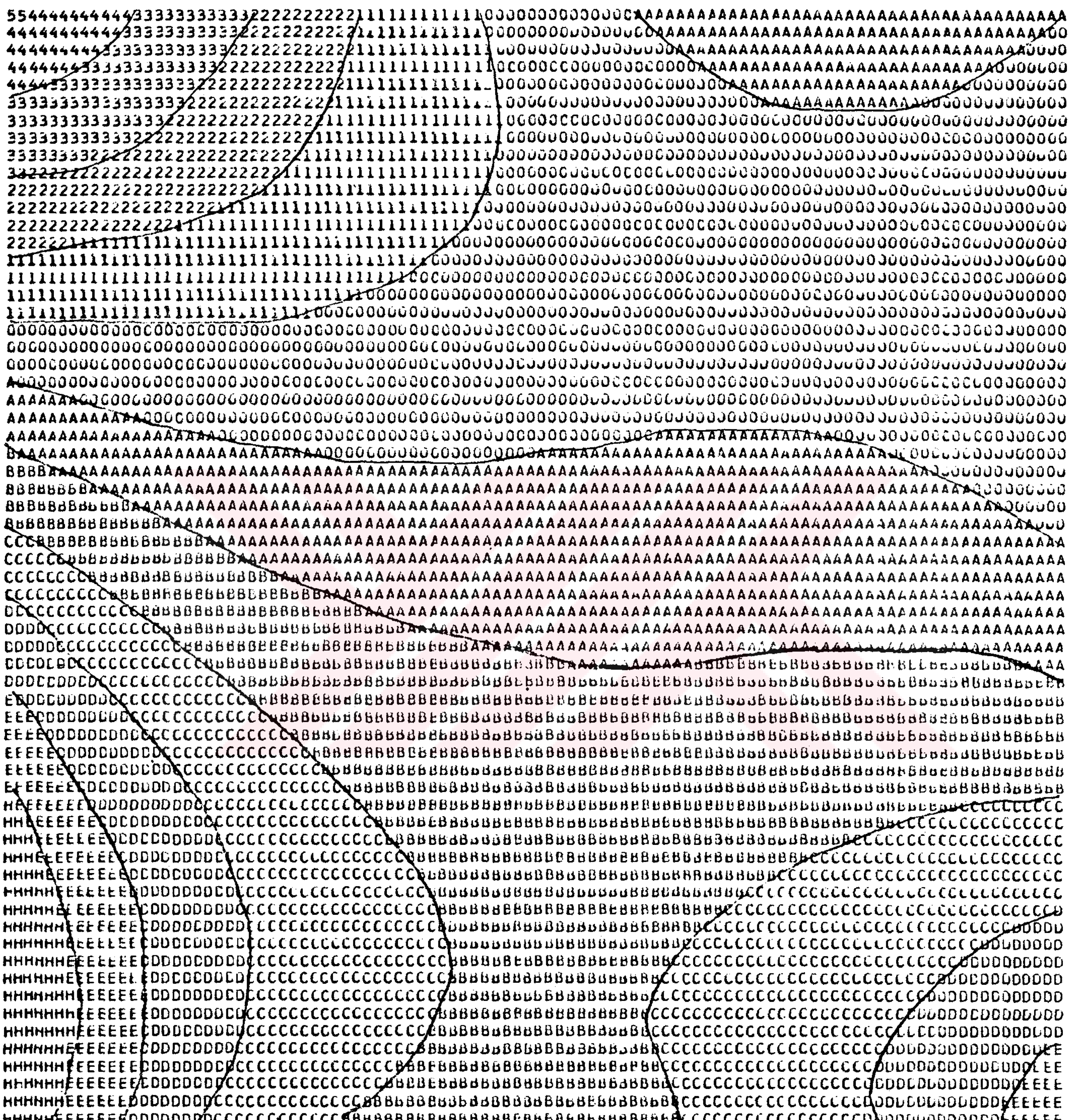
Ölçek:1/455000



REFERENCE CONTOUR = 504.1576 CONTOUR INTERVAL= 5.0000
TREND SURFACE MAP OF DEGREE 2

Şekil 3: Rejyonal alanın 2. dereceden polinomla belirlenmesinden elde edilen uygulama alanı Rejyonal haritası.

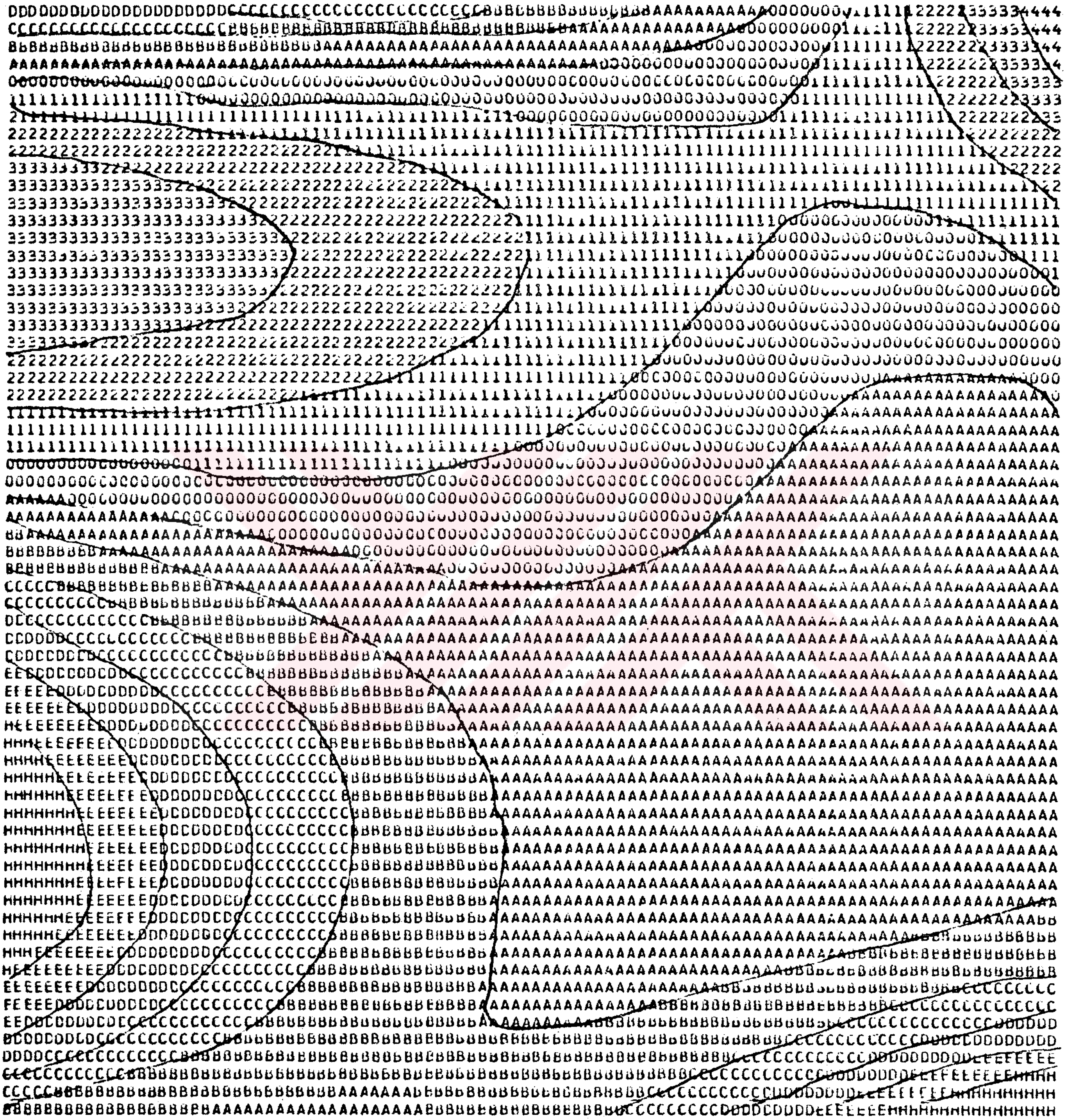
Ölçek:1/455000



REFERENCE CONTOUR = 501.6281 CONTOUR INTERVAL= 5.0000
TREND SURFACE MAP OF DEGREE 3

Şekil 4: Rejyonal alanın 3. dereceden polinomla belirlenmesinden elde edilen uygulama alanı Rejyonal haritası.

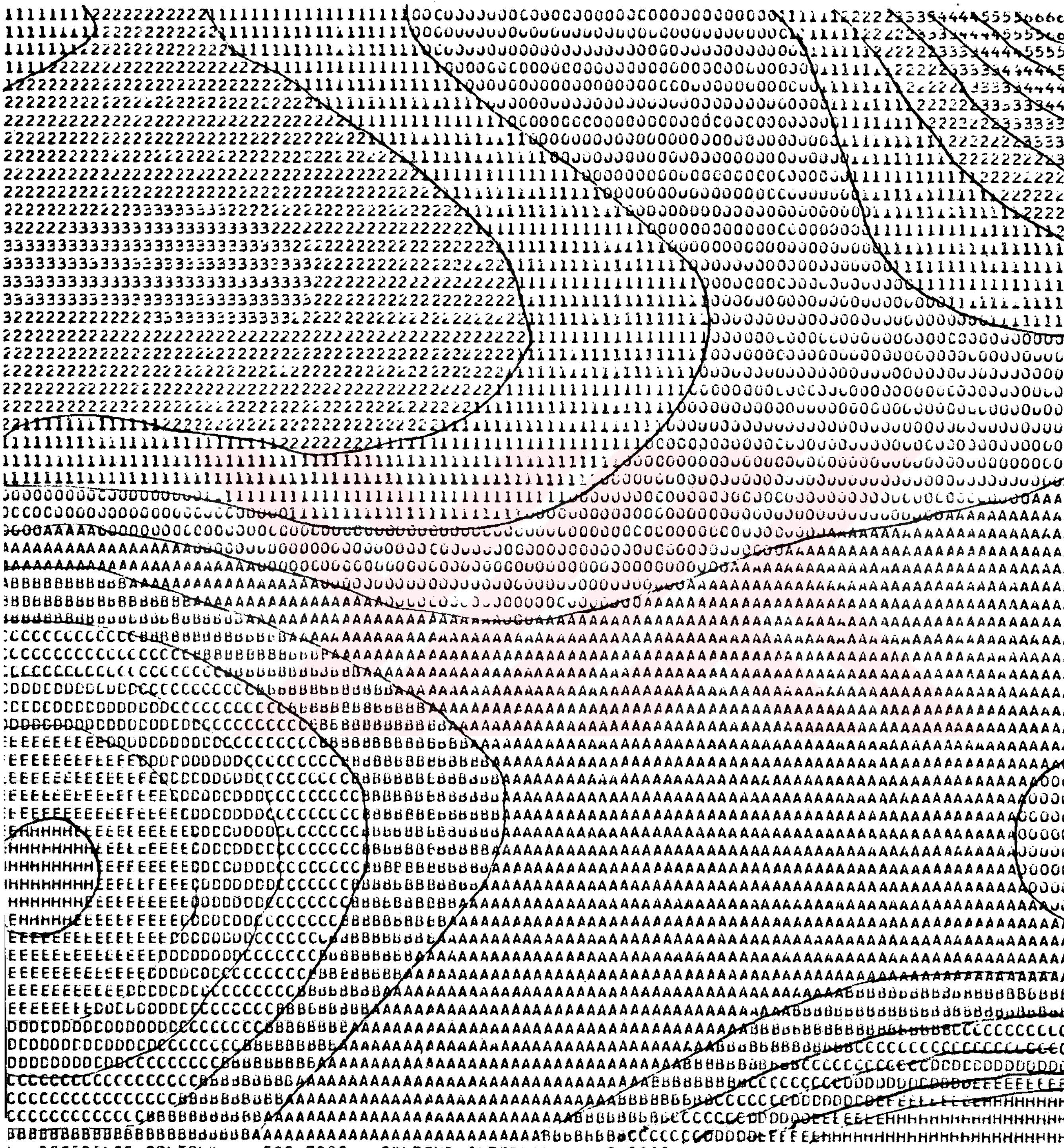
Ölçek:1/455000



REFERENCE CONTOUR = 505.202C   CONTOUR INTERVAL= 5.0000
TREND SURFACE MAP OF DEGREE 4

Şekil 5: Rejyonal alanın 4. dereceden polinomla belirlenmesinden elde edilen uygulama alanı Rejyonal haritası.

Ölçek:1/455000



REFERENCE CONTOUR = 505.7900 CONTOUR INTERVAL= 5.0000
TREND SURFACE MAP OF DEGREE 5

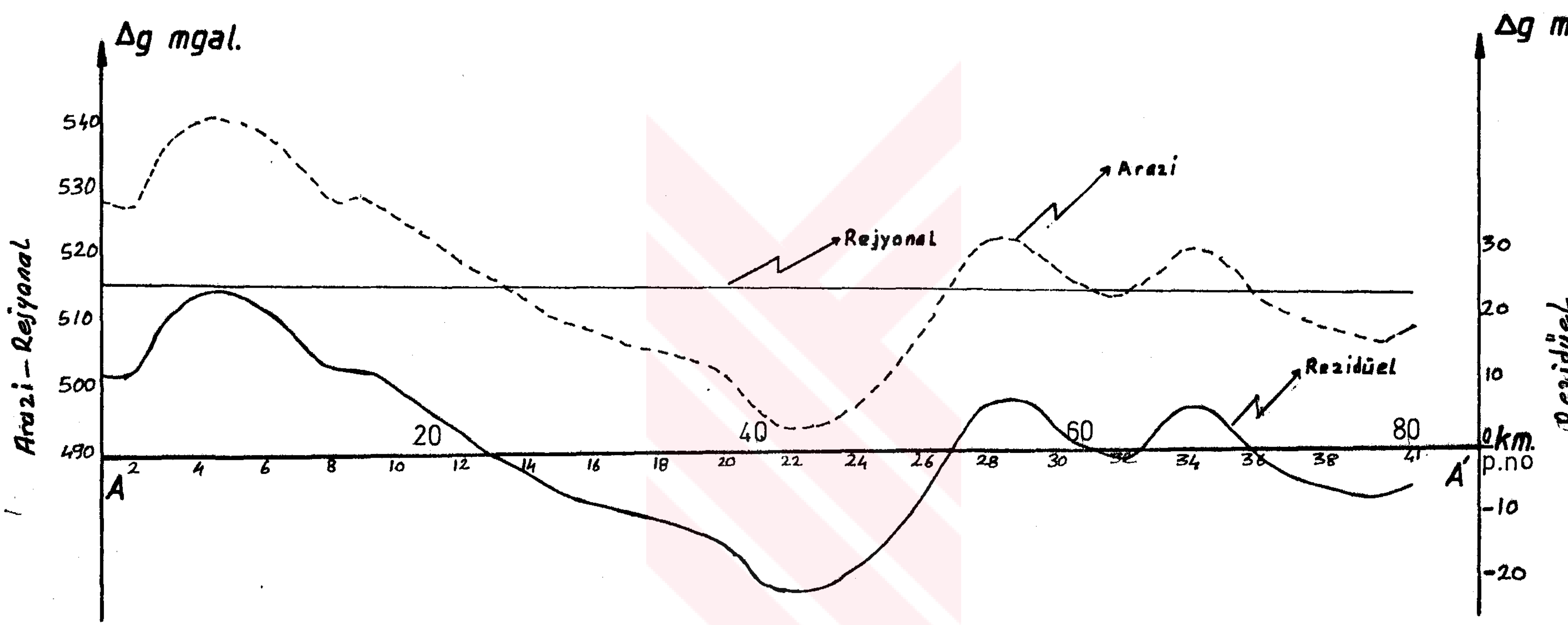
Şekil 6: Rejyonal alanın 5. dereceden polinomla belirlenmesinden elde edilen uygulama alanı Rejyonal haritası.

Ölçek:1/455000

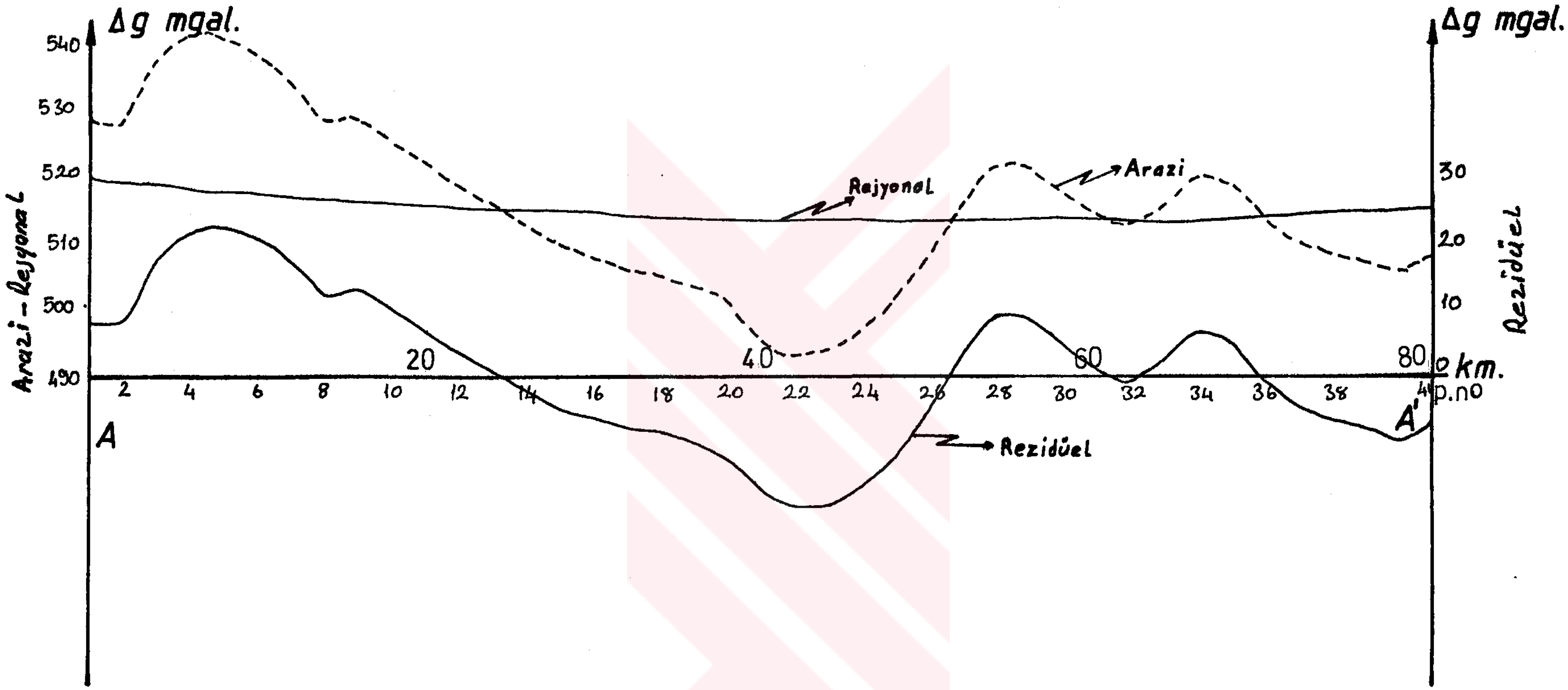
haritaların incelenmesinde polinominal olarak yaklaşımda polinom derecesinin artması ile arazi eğrisine doğru giden bir uygunluğun belirdiği açıkça görülmektedir. Polinominal yaklaşımın 5. dereceye kadar alınması 4 ve 5. derece yaklaşımları arasında adedî değerlerin hemen hemen aynı değere ulaşması nedeniyle yapılmıştır. Daha yüksek dereceden yaklaşımın ölçülen değerlere (harita) uyumun sağlanmasını arttırarak amacımızdan uzaklaşacağından çalışmada verilmemiştir.

Yöntemin uygulaması sonuçlarının daha açık olarak görülmesi harita yerine profiller üzerinde görüleceğinden, uygulama alanında seçilen iki ayrı profil üzerinde (A-A' ve B-B' profilleri, Ek 2) verilmiştir. Her bir dereceden polinominal yaklaşımın sonucu elde edilen rejyonal ve rezidüel anomaliler profil boyunca arazi eğrisi ile birlikte Şekil 7-8-9-10-11'de gösterilmiştir. Verilen profillerde rejyonal alanın değişiminden rezidüel alanın etkilenmesini, biçim ve adedî değerler yönünden açıkça izlemek mümkün olmaktadır. Şekil 5 ve 6'daki uyumu Şekil 10 ve 11'de daha açık olarak görmek mümkün olmaktadır. Daha açıkça ifade etmek gerekirse, rejyonal alanın 4 ve 5. dereceden polinominal olarak ifade edilmesi neticesinde elde edilecek rezidüel anomalide şekil ve sayısal değerler açısından bir farklılık mühimsenecek değerde olmayacaktır. Bu neticelerin görülmesi, rejyonal alanın bu sonucu veren derecedeki polinoma yaklaşımın istenen sonucu sağladığını değil de bundan ileri derecelere gidilmemesinin sınırı olduğuna işaret sayılmasını vurgulamaktadır.

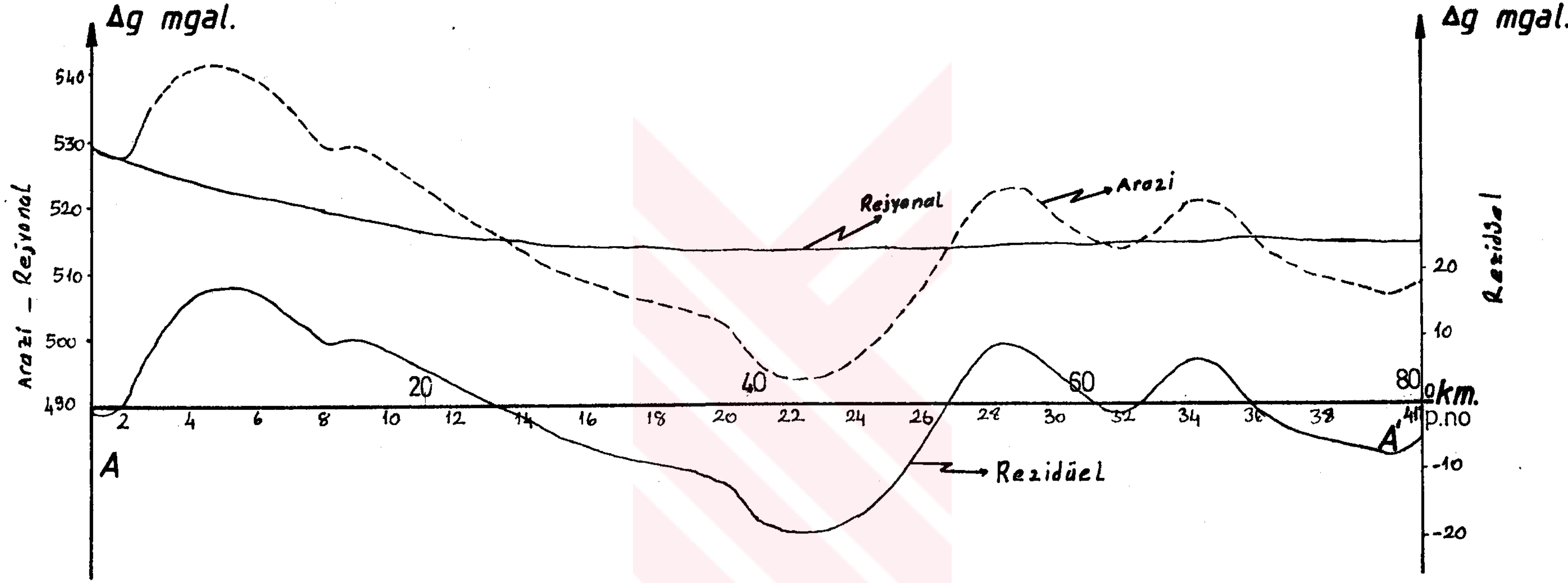
Sunulan yöntemin saha uygulaması ile elde edilen neticelerinin ne denli bir geçerliliği olabileceği, giriş bölümünde verilen ortalama değer yöntemi ve frekans analizi yöntemlerinin aynı profiller üzerindeki uygulama neticeleri ile karşılaştırılarak verilmeye çalışılmıştır.



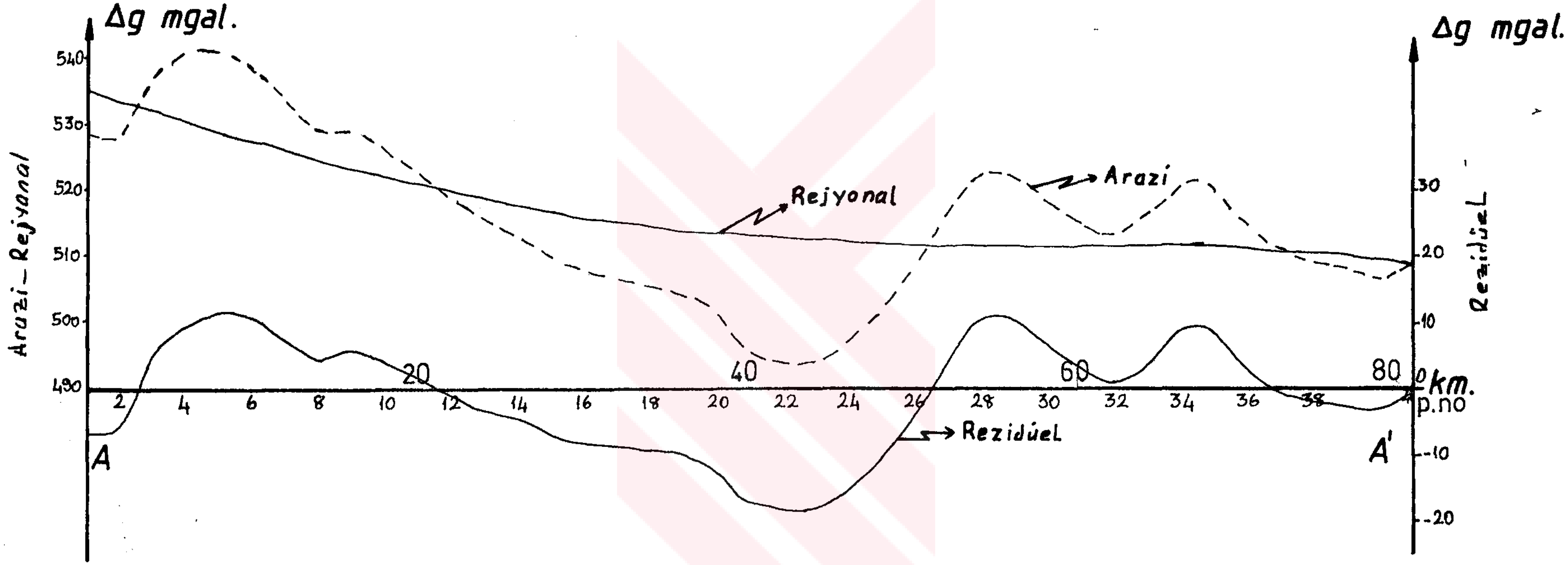
Şekil 7: Rejyonal alanın 1. dereceden polinomla belirlenmesi halinde A-A' profili boyunca rejyonal ve rezidüel anomaliler.



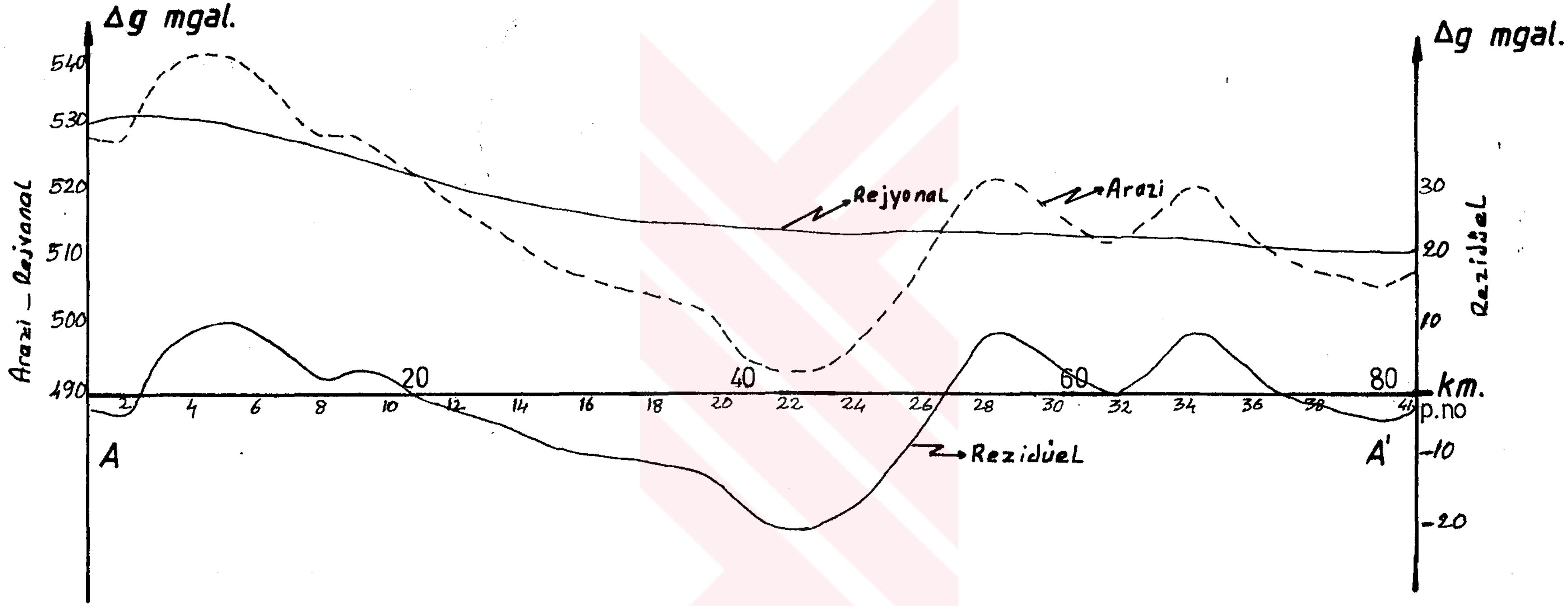
Şekil 8: Rejyonal alanın 2. dereceden polinomla belirlenmesi halinde A-A' profili boyunca rejyonal ve rezidüel anomaliler.



Şekil 9: Rejyonal alanın 3. dereceden polinomla belirlenmesi halinde A-A' profili boyunca rejyonal ve rezidüel anomaliler.



Şekil 10: Rejyonal alanın 4. dereceden polinomla belirlenmesi halinde A-A' profili boyunca rejyonal ve rezidüel anomaliler.



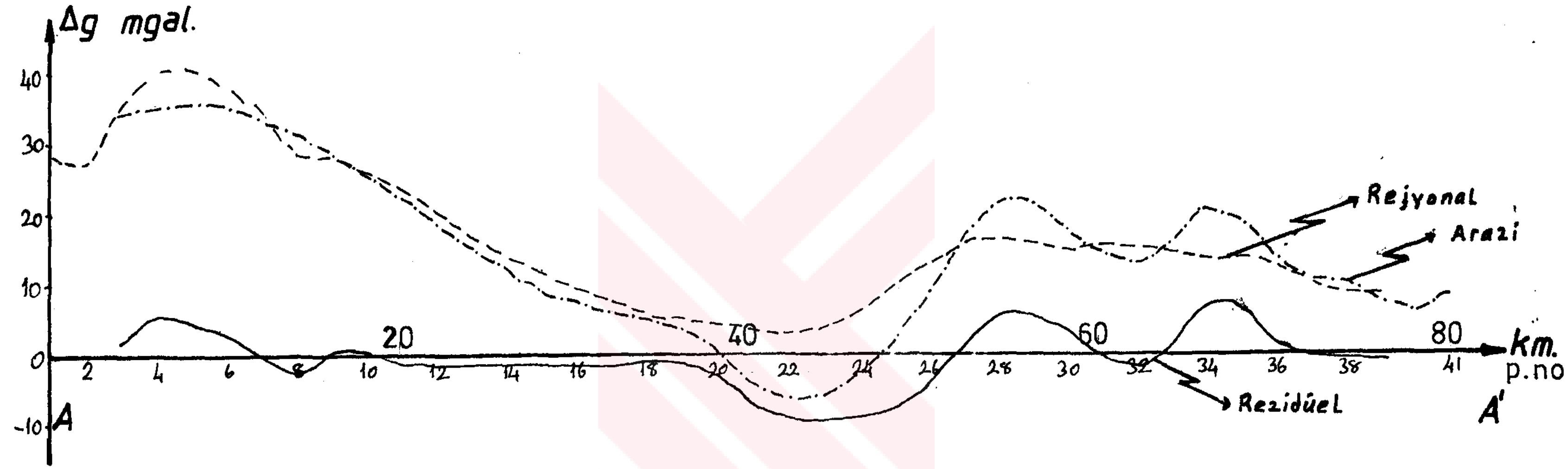
Şekil 11: Rejyonal alanın 5. dereceden polinomla belirlenmesi halinde A-A' profili boyunca rejyonal ve rezidüel anomaliler.

Şekil 12, A-A' profili boyunca daire üzerine ortalama ile elde edilen neticeleri göstermektedir. Hesaplamalar $\sqrt{5}$ km. yarıçaplı daire üzerinde 8 noktadaki değerlerden yararlanılarak yapılmıştır. Burada elde edilen rejyonal anomalinin belirgin rezidüel anomalilerin etkisinden kurtulamadığı ve bundan dolayı da elde edilen rezidüel gravite etkisinin küçük değerli pozitif ve negatif anomaliler verdiğini görmekteyiz.

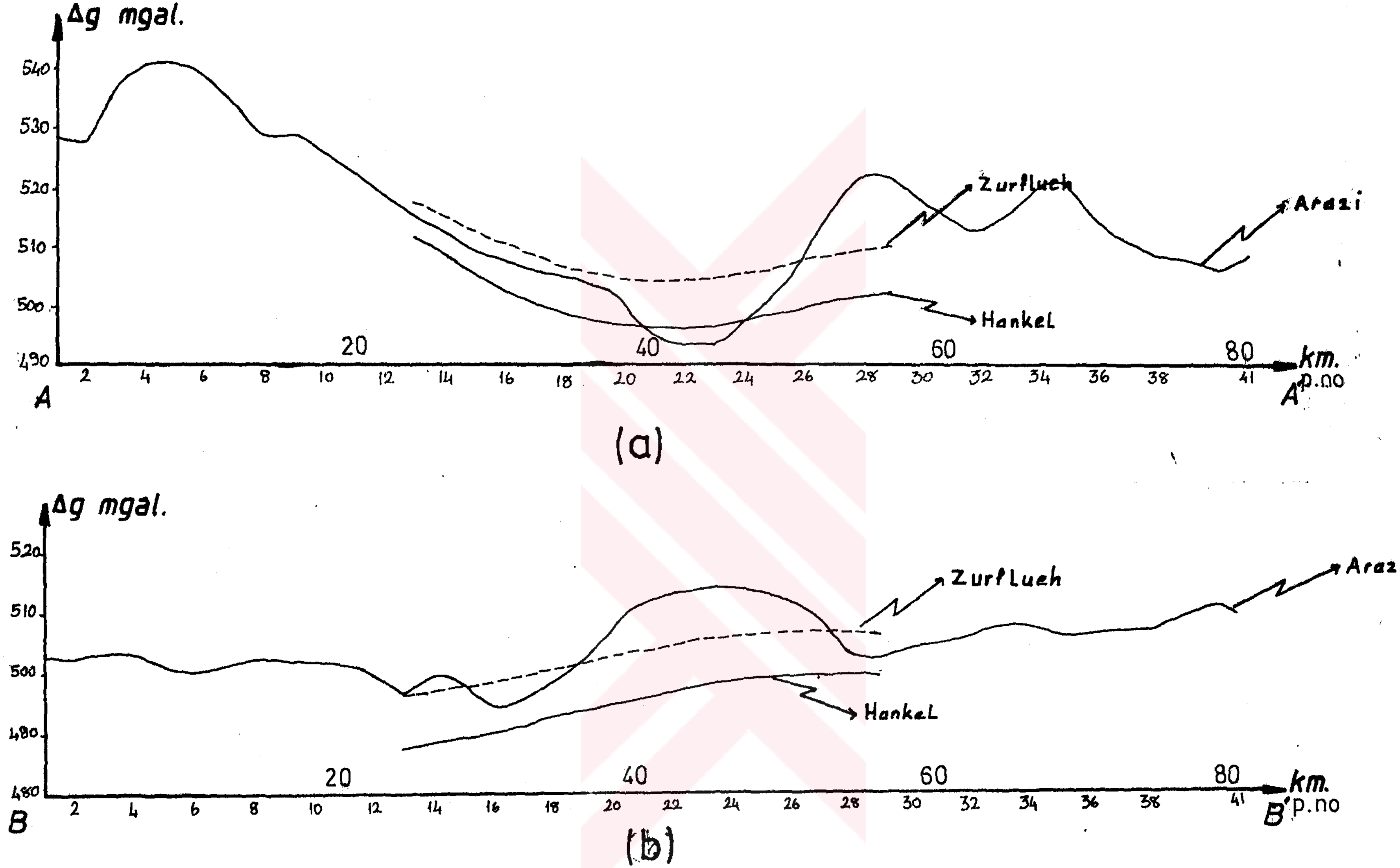
Frekans analizi yönteminin uygulaması Zurflueh'in 25x25, kf = 0,065 olan ve Hankel'in 25x25, kf = 0,066 olan iki boyutlu alçak geçişli filtreleri ile her iki profil üzerinde yapılmıştır (Uygulanan Hankel filtre katsayıları Özdemir M.'den alınmıştır). Elde edilen rejyonal anomaliler Şekil 13 a ve b'de verilmiştir. Burada rejyonal alanın profil boyunca gidişi ve karakteri arazi eğrisine çok genel benzerlikle uyum gösterdiği izlenebilmektedir. Uygulama sahası Nyquist kuralına uygun olarak 2 cm. örnekleme aralığında sayısal hale dönüştürülmüştür (2 cm. = 2 km.)

Sahada elde edilen verilerle hazırlanan Bouguer anomali haritaları çeşitli sebeplerden dolayı genellikle relatif olarak hazırlanmaktadır. Gerçek değerlikliler ise çok küçük ölçekli olarak nadiren verilmektedir. Bu nedenle de gravite prospeksiyonu çalışmaları relatif gravite anomali haritaları üzerinde yapılacaktır.

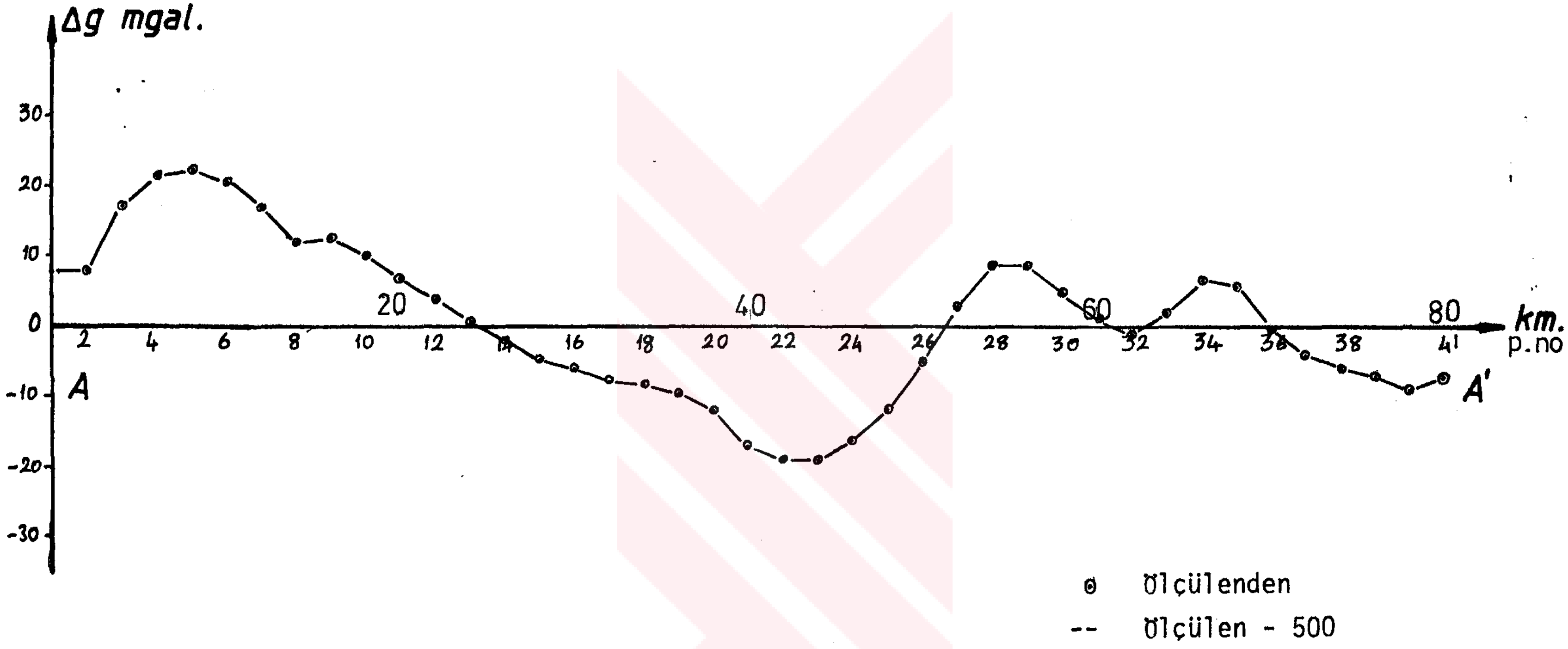
Aynı sahanın farklı relatif değerlerle hazırlanmış Bouguer gravite anomali haritalarında, sunulan yöntemin uygulaması ile elde edilecek neticelerin ne gibi sonuçlar verebileceğini görebilmek amacıyla mevcut harita üzerinde çalışma yapılmıştır. Önce haritanın kendi değerleri üzerinde ve daha sonra da 500 mgal farklı değerleri üzerinde uygulama yapılmıştır. Neticede her iki farklı relatif değerlerle yapılan uygulamalardan elde edilen rezidüel gravite anomali değerlerinin aynı olduğu görülmüştür. Elde edilen bu sonuç Şekil 14'te A-A' profili boyunca rejyonal alanın 2. dereceden polinominal olarak alınması durumunda grafik olarak gösterilmiştir.



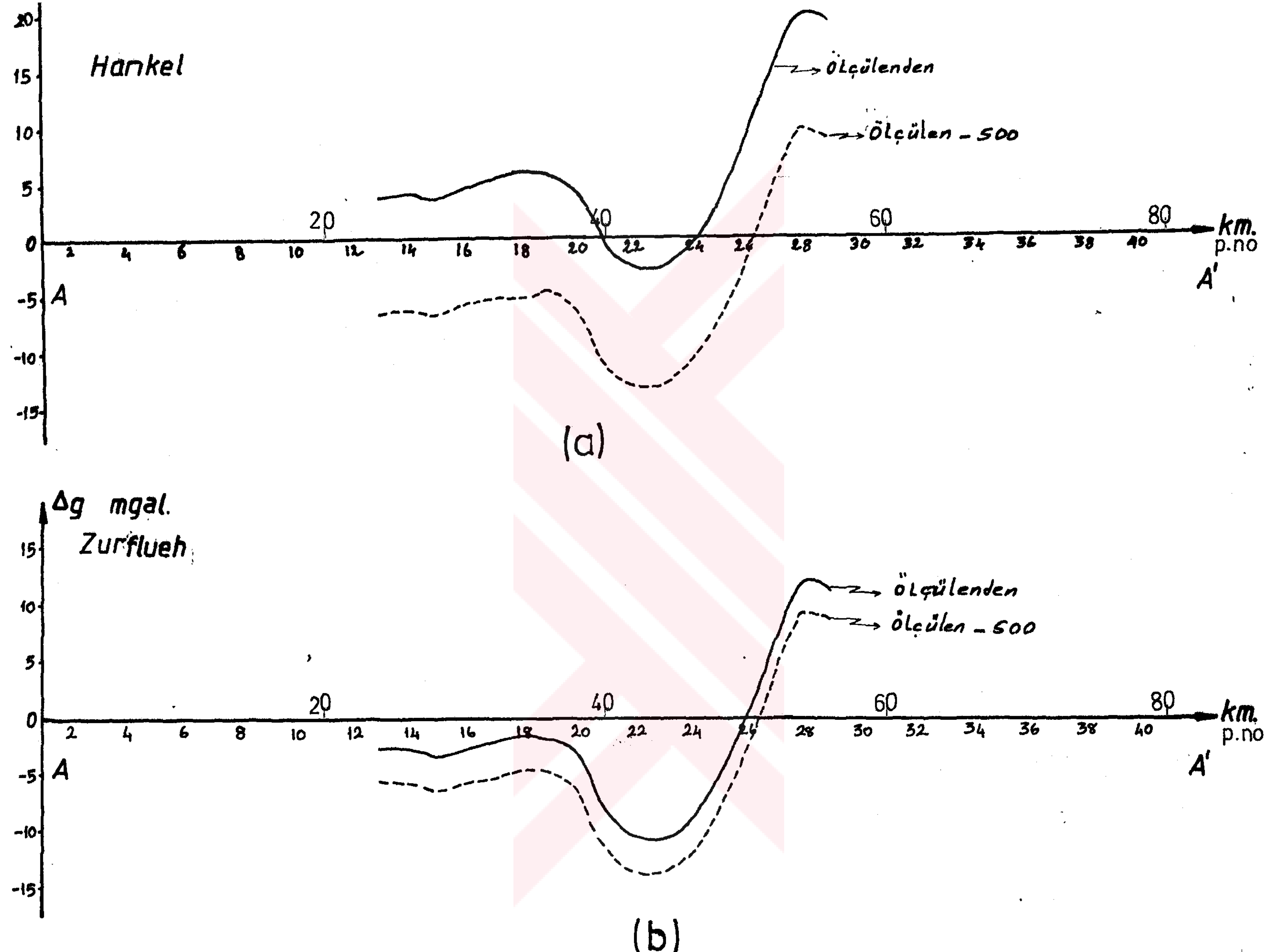
Şekil 12: A-A' profili boyunca daire üzerine ortalama ile gravite anomalilerinin ayrımı.



Şekil 13 (a-b): A-A' ve B-B' profillerinin alçak geçişli (Hankel ve Zurflueh) olarak filtrelenmesi



Şekil 14: A-A' profili boyunca Rejyonal alanın 2. dereceden polinominal olarak alınması halinde farklı veriler için elde edilen rezidüel anomaliler.

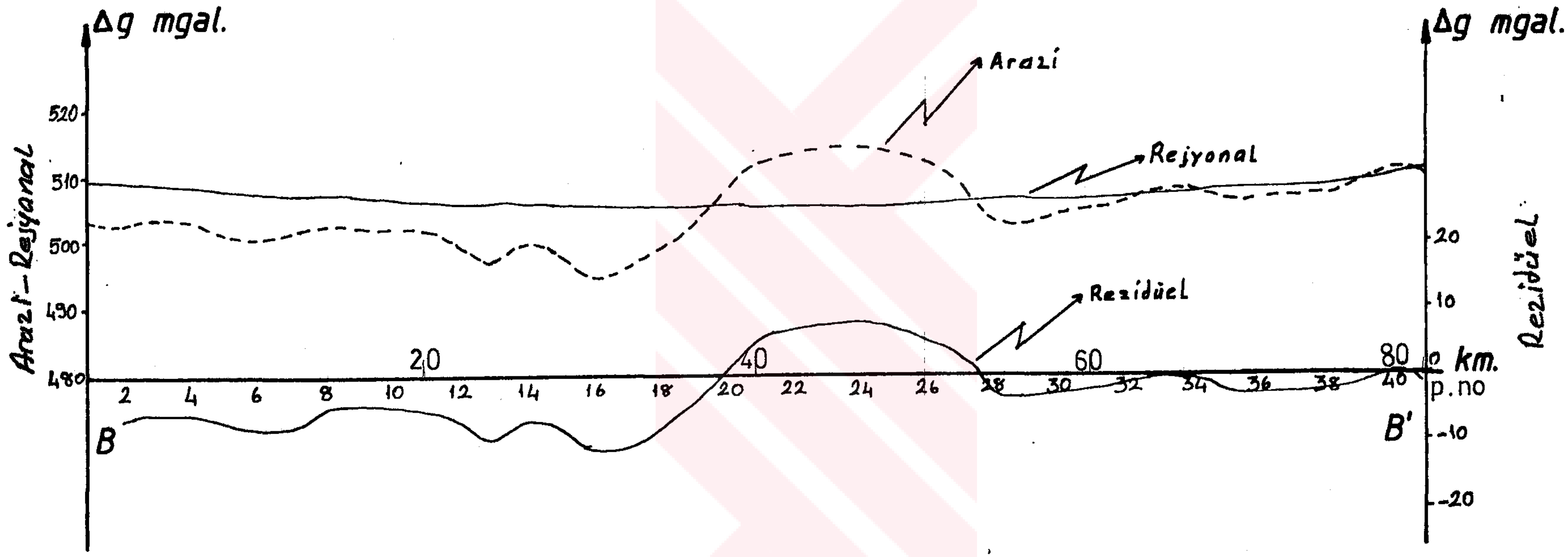


Şekil 15 (a-b): A-A' profili boyunca farklı veriler için Hankel ve Zurflueh filtreleriyle elde edilen rezidüel anomaliler

Aynı uygulama, aynı profil için Hankel ve Zurflueh alçak geçişli filtreleri ile yapıldığında rezidüel gravite anomalisinin elde edilmesinde aynı sonuca ulaşılamamıştır. Bu uygulamada Şekil 15 a ve b'de verilmiştir. Elde edilen rezidüel anomalilerde görünüm benzerliği aynı kalmakla beraber adedî değerlerde büyük farklılıklar meydana gelmektedir.

Şekil 16'da B-B' profili boyunca, rejyonal alanın 2. derece polinom olarak alınması halinde yapılan uygulamada elde edilen neticeler verilmiştir.

Bu çalışmada Bouguer gravite haritası üzerine yapılan bütün uygulamalar, iki boyutlu alınarak verilen profiller üzerinde de iki boyutlu neticelerden derlenerek hazırlanmışlardır.



Şekil 16: Rejyonal alanın 2. dereceden polinomla belirlenmesi halinde B-B' profili boyunca rejyonal ve rezidüel anomaliler.

4. SONUÇ

Bouguer gravite anomali haritaları farklı derinlik ve yoğunluklardaki kütlelerin tetkilerini içeren rejyonal ve rezidüel gravite alanlarının bileşkesi olduğu bilinmektedir. Bu nedenle de gravite prospeksiyonunda yoruma gidilmeden önce bu alanların ayırımına gereksinim duyulur. Değerlendirmede, gravite yöntemi için tek bir çözümün bulunmadığı ve değerlendirmenin jeolojik veriler yardımıyla bütün olanakları gözönüne alarak en uygun çözümün saptanması olduğundan, gravite anomalilerinin ayrım işleminin de en iyi şekilde yapılması gerekmektedir.

Çalışmada sunulan yöntem rezidüel gravite anomalilerinin elde edilmesinde relatif Bouguer gravite anomalilerine uygulanmasında, istenen rezidüel değeri vermesinden dolayı diğer yöntemlere nispetle avantajı olmaktadır.

Yöntemin uygulamasında hangi dereceden polinominal olarak yaklaşımın yapılabileceği bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun için de o sahanın Jeolojik bilgilerine ve tamamlayıcı diğer jeofizik bilgilerden yararlanılmaktadır. Uygulama sahamızdaki çalışmalarda böyle bir yaklaşımın 2. dereceden bir polinomla sağlamasının uygunluğu, uygulama sahası için rejyonal bir çalışma sayılabilecek Ek 3'te verilen Harita Genel Müdürlüğü tarafından yapılan 1/1.000.000 ölçekli Türkiye Yerçekimi Haritası'ndan elde edilen bilgiler sonucu elde edilmiştir.

Rezidüel gravite anomalilerinin elde edilmesinde, rejyonal alanın alçak dereceden polinomlarla ifade edilerek en küçük karelerle çözümünün orijinal anlamdaki manaya en uygun neticeyi vereceğini söyleyebiliriz.

5. YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. AGOCS, W.B., 1951, Least Squares Residual Anomaly Determination. Geophysics, V. 16, p. 686-696.

2. BARANOV, V., 1954, Sur une Methode Analtyque de calcul de L'anomalie Regionale. Geophys. Prosp., V.2, p. 202-226.

3. BYERLY, P.E., 1965, Short Note: Consolution Filtering of Gravity and Magnetic Maps. Geophysics, V. 30, p. 281-283.

4. CANITEZ, N., 1973, Jeofizikte Kullanılan Bazı Veri-İşlem Yöntemleri. Türkiye I. Jeofizik Bilimsel ve Teknik Kongre Tebliğleri, s. 19-51.

5. ELKINS, T.A., 1951, The Second Derivative Method of Gravity Interpretation. Geophysics, V. 16, p. 29-50.

6. GRIFFIN, W.R., 1949, Residual Gravity in Theory and Practice, Geophysics, V. 14, p. 39-56.

7. NETTLETON, L.L., 1954, Regionals, Residuals and Structures, Geophysics, V. 19, p. 1-22.

8. ————————— , 1976, Gravity and Magnetics in Oil Prospecting, Mc Graw-Hill Inc.

9. ÖZDEMİR, M., 1977, GÖNEN-MANYAS BÖLGESİ Bouguer Haritasının Alçak Geçişli Süzgeçlerle Filtrelenmesi, Türkiye Jeof. Derneği Yayınları, No. 2-3, p. 57-78.

10. RAO, B.S.R., MURTHY, I.V.R., and RAO, C.V., 1975, A Successive Approximation Method of Deriving Resudual Gravity. Geoxploration, V. 13, p. 129-135.

11. SIMPSON, Jr. M.S., 1955, Least Squares Polynomial Fitting to Gravitational Data Density Plotting by Digital Computers. Geophysics, V. 20, p. 255-269.

12. SKEELS, D.C., 1967, What is Residual Gravity? Geophysics, V. 32, p. 872-876.

E K L E R

```
*....*...1.........2.........3.........4.........5.........6.........7.*
C  T R E S U R
C  ======================================================================
C  TO COMPUTE A POLYNOMIAL TREND SURFACE.
C  FIRST READS A CONTROL CARD SPECIFYING DESIRED GOODNESS AND
C  VARIOUS MAP PARAMETERS.SEE BELOW FOR FORMAT SPECIFICATION.
C  ======================================================================
C
      IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z),INTEGER*4(I-N)
      DIMENSION A(66,66),B(66),C(66),DATA(1755,5),RES(70,60),ROS(70,60)
      DIMENSION ICHAR(13),IOUT(100)
      ND=1755
      MM=66
      C(1)=1.0
      READ(5,1001) IORD,WIDTH,CINT,X1MIN,X1MAX,X2MIN,X2MAX
      WRITE(6,1091) IORD,WIDTH,CINT,X1MIN,X1MAX,X2MIN,X2MAX
C1001 FORMAT(F4.2,2X,I2,6F8.0)
 1001 FORMAT(I3,6F8.0)
 1091 FORMAT(1X,I3,7F8.0)
      READ(5,500) NB,MB
  500 FORMAT(4I5)
  509 FORMAT(1X,4I5)
      WRITE(6,555)NB,MB
  555 FORMAT(//,1X,4I5)
      DO 999 K=1,NB
  999 READ(5,501) (RES(K,L),L=1,MB)
C 999 WRITE(6,591)(RES(K,L),L=1,MB)
  501 FORMAT(16F5.1)
C 591 FORMAT(1X,16F5.1)
      DO 99 K=1,NB
      DO 99 L=1,MB
   99 RES(K,L)=RES(K,L)-500.
      WRITE(6,5)
    5 FORMAT(//,20X,'DUZENLENMIS DATALAR',/,19X,21(1H*))
C     DO 98 K=1,NB
C  98 WRITE(6,6)(RES(K,L),L=1,MB)
C   6 FORMAT(5X,10F8.2)
      DO 1984 KOLCAK=1,1
      READ(5,500) NS,NSS,MS,MSS
      WRITE(6,509) NS,NSS,MS,MSS
      N=NSS-NS+1
      M=MSS-MS+1
      NM=N*M
      I=1
      DO 997 K=NS,NSS
      DO 997 L=MS,MSS
      DATA(I,1)=DFLOAT(L-MS)
      DATA(I,2)=DFLOAT(K-NS)
      DATA(I,3)=RES(K,L)
  997 I=I+1
C  CALCULATE NUMBER OF COEFFICIENTS
      IORD2=(IORD+1)*(IORD+2)/2
C  ZERO SLE MATRIX
      DO 100 I=1,IORD2
      B(I)=0.0
      DO 100 J=1,IORD2
  100 A(I,J)=0.0
C  CALCULATE SLE MATRIX
```

```
*....*...1.........2.........3.........4.........5.........6.........7.*
      DO 101 I=1,NM
      JB=1
      DO 102 J=1,IORD
      DO 103  K=1,J
      JB=JB+1
      KB =JB-J
      C(JB)=C(KB)*DATA(I,1)
  103 CONTINUE
      JB=JB+1
      C(JB)=C(KB)*DATA(I,2)
  102 CONTINUE
      DO 104 J=1,IORD2
      B(J)=B(J)+C(J)*DATA(I,3)
      DO 104 K=1,IORD2
      A(J,K)=A(J,K)+C(J)*C(K)
  104 CONTINUE
  101 CONTINUE
C  SOLVE SLE
      CALL SLE(A,B,IORD2,MM,1.0E-08)
C  CALCULATE ESTIMATED VALUE AND DEVIATION FOR EACH OBSERVATION
      DO 105 I=1,NM
      JB=1
      DO 106 J=1,IORD
      DO 107 K=1,J
      JB=JB+1
      KB=JB-J
      C(JB)=C(KB)*DATA(I,1)
  107 CONTINUE
      JB=JB+1
      C(JB)=C(KB)*DATA(I,2)
  106 CONTINUE
      DATA(I,4)=0.0
      DO 108 J=1,IORD2
      DATA(I,4)=DATA(I,4)+B(J)*C(J)
  108 CONTINUE
  105 CONTINUE
C  PRINT ESTIMATED VALUES (REGIONAL)
      I=1
      DO 301 K=1,N
      DO 301 L=1,M
      ROS(K,L)=0.0
      ROS(K,L)=DATA(I,4)
  301 I=I+1
C     DO 5000 I=1,N
C5000 WRITE(6,5001)(ROS(I,J),J=1,M)
C5001 FORMAT(1X,7F10.4)
      CALL REF(N,M,ROS,XMIN,XMAX,XOR,REFC)
      WRITE(6,850)
      WRITE(6,24) XMIN,XMAX,XOR,REFC
   24 FORMAT(/,15X,F8.2,5X,F8.2,5X,F8.2,5X,F8.2)
  850 FORMAT(/,19X,'XMIN',7X,'XMAX',10X,'XOR',9X,'REFC',/17X,8(1H*),3X,
     *8(1H*),6X,8(1H*),4X,8(1H*))
C  CALCULATE ERROR MEASURES
      SY=0.
      SYY=0.
      SYC=0.
      SYYC=0.
      DO 111 I=1,NM
      SY=SY+DATA(I,3)
      SYY=SYY+DATA(I,3)**2
      SYC=SYC+DATA(I,4)
  111 SYYC=SYYC+DATA(I,4)**2
```

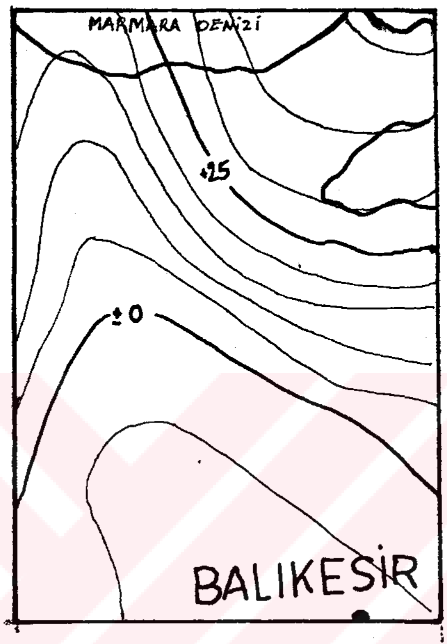
```
*....*...1.........2.........3.........4.........5.........6.........7.
      SST=SYY-SY*SY/DFLOAT(NM)
      SSR=SYYC-SYC*SYC/DFLOAT(NM)
      SSD=SST-SSR
      NDF1=IORD2-1
      AMSR=SSR/DFLOAT(NDF1)
      NDF2=NM=IORD2
      AMSD=SSD/DFLOAT(NDF2)
      R2=SSR/SST
      R=DSQRT(R2)
      F=AMSR/AMSD
      NDF3=NM-1
C   PRINTM TREND SURFACE COEFFICIENTS
      WRITE(6,2011) IORD
C   PRINT ERROR MEASURES
      WRITE(6,2004)
      WRITE(6,2005) SSR,NDF1,AMSR,F
      WRITE(6,2006) SSD,NDF2,AMSD
      WRITE(6,2007) SST,NDF3
      WRITE(6,2008) R2,R
C     IF (R2.LT.RCONT) GO TO 201
  202 WRITE(6,2003)
      CALL PRINTM(B,IORD2,1,MM,1)
      WRITE(6,3001)
 3001 FORMAT(//5X,'REGIONAL VALUES')
      CALL PRINTM(RCS,N,M,70,60)
      CALL PLOT (RCS,N,M,N,M)
C   PRINT DEVIATIONS (RESIDUEL)
      I=1
      DO 302 K=1,N
      DO 302 L=1,M
      ROS(K,L)=0.0
      ROS(K,L)=DATA(I,3)-DATA(I,4)
  302 I=I+1
      WRITE(6,3002)
      CALL PRINTM(ROS,N,M,70,60)
      CALL MAP(WIDTH,REFC,CINT,X1MIN,X1MAX,X2MIN,X2MAX,IORD2,MM,
     1IORD,B)
      CALL PLOT (RCS,N,M,N,M)
 3002 FORMAT(//5X,'RESIDUEL VALUES')
 1984 CONTINUE
 2003 FORMAT (1H0,4X,'TREND SURFACE COEFFICIENTS',3X,
     1 '1 = CONSTANT TERM')
 2004 FORMAT (10H1SOURCE OF ,13X,25HSUM OF   DEGREES OF    MEAN,/,
     1 10H VARIATION,13X,30HSQUARES FREEDOM SQUARES F-TEST,/,
     2 1X,60(1H-))
 2005 FORMAT (11H REGRESSION,10X,F12.2,I9,2X,F12.2,/51X,F12.4)
 2006 FORMAT (10H DEVIATION,11X,F12.2,I9,2X,F12.2)
 2007 FORMAT (16H0TOTAL VARIATION,5X,F12.2,I9)
 2008 FORMAT ('0GOODNESS OF FIT = ',F12.4,/,
     1 '0CORRELATION COEFFICIENT = ',F12.4)
 2011 FORMAT (1H0, 4X,'TREND SURFACE MAP OF DEGREE ',I2)
      STOP
      END
```

```
*....*...1.........2.........3.........4.........5.........6.........7.
      SUBROUTINE PRINTM(A,N,M,N1,M1)
      IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z),INTEGER*4(I,N)
      DIMENSION A(N1,M1)
      DO 100 IB=1,M,10
      IE=IB+9
      IF(IE-M)2,2,1
    1 IE=M
    2 WRITE(6,2000) (I,I=IB,IE)
      DO 101 J=1,N
      WRITE(6,2001) J,(A(J,K),K=IB,IE)
  101 CONTINUE
  100 CONTINUE
 2000 FORMAT(1H1,1X,10I12)
 2001 FORMAT(1H0,I5,10F12.4)
      RETURN
      END
```

```
*....*...1.........2.........3.........4.........5.........6.........7.
      SUBROUTINE MAP(WIDTH,REFC,CINT,X1MIN,X1MAX,X2MIN,X2MAX,IORD2,MM,
     1IORD,B)
      IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z),INTEGER*4(I,N)
      DIMENSION ICHAR(13),IOUT(100),C(66),B(66)
      DATA ICHAR/'6','5','4','3','2','1','0','A','B','C','D','E','H'/
C     CALCULATE MAP SIZE AND SCALE PARAMETERS
      IW=WIDTH*10.0
      IH=WIDTH*6.0*(X2MAX-X2MIN)/(X1MAX-X1MIN)
      DX1=(X1MAX-X1MIN)/DFLOAT(IW-1)
      DX2=(X2MAX-X2MIN)/DFLOAT(IH-1)
C     CALCULATE AND PRINT MAP
      WRITE(6,2009)
      X2=X2MAX
      C(1)=1.
      DO 121 I=1,IH
      X1=X1MIN
      DO 122 J=1,IW
      JB=1
      DO 124 K=1,IORD
      DO 125 L=1,K
      JB=JB+1
      KB=JB-K
  125 C(JB)=C(KB)*X1
      JB=JB+1
  124 C(JB)=C(KB)*X2
      Y=0.0
      DO 126 K=1,IORD2
  126 Y=Y+B(K)*C(K)
C     WRITE(6,1) Y
C   1 FORMAT(/,5X,10F8.4)
      IY=((Y-REFC)/CINT)+7.005
      IF(IY.LT.1) IY=1
      IF(IY.GT.13) IY=13
      IOUT(J)=ICHAR(IY)
  122 X1=X1+DX1
      WRITE(6,2010) (IOUT(J),J=1,IW)
  121 X2=X2-DX2
      WRITE(6,2012) REFC,CINT
      WRITE(6,2011) IORD
 2011 FORMAT(1H0,4X,'TREND SURFACE MAP OF DEGREE',I3)
 2012 FORMAT(1H0,4X,'REFERENCE CONTOUR =',F10.4,3X,
     1'CONTOUR INTERVAL=',F10.4)
 2009 FORMAT(1H1)
 2010 FORMAT(1X,100A1)
      RETURN
      END
```

```
*....*...1.........2.........3.........4.........5.........6.........7.
      SUBROUTINE REF(LX1,LX2,X,XMIN,XMAX,XOR,REFC)
      IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z),INTEGER*4(I,N)
      DIMENSION X(LX1,LX2)
      XMIN=X(1,1)
      DO 10 I=1,LX1
      DO 10 J=1,LX2
      IF(X(I,J).EQ.0.) GO TO 10
      IF(X(I,J).LT.XMIN) XMIN=X(I,J)
   10 CONTINUE
      XMAX=X(1,1)
      DO 11 I=1,LX1
      DO 11 J=1,LX2
   11 IF(X(I,J).GT.XMAX) XMAX=X(I,J)
      XOR=(XMAX-XMIN)/2.
      REFC=(XMIN+XOR)-10.
      RETURN
      END
```

```
*....*...1.........2.........3.........4.........5.........6.........7.
      SUBROUTINE PLOT(Y,NR,MC,NR1,MC1)
      IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z),INTEGER*4(I,N)
      DIMENSION Y(NR1,MC1),IOUT(100),ICHAR(9)
      DATA ICHAR/'3',' ','1',' ','S',' ','A',' ','B'/
C     FIND LARGEST AND SMALLEST VALUES IN MAP
      YMIN=Y(1,1)
      YMAX=YMIN
      DO 100 I=1,NR
      DO 100 J=1,MC
      YT=Y(I,J)
      IF(YT.LT.YMIN) YMIN=YT
      IF(YT.GT.YMAX) YMAX=YT
  100 CONTINUE
C     PRINT MAP ONE LINE AT A TIME
      WRITE(6,2001)
      DO 101 I=1,NR
      DO 102 J=1,MC
      IY=((Y(I,J)-YMIN)/(YMAX-YMIN))*9.0+1.0
      IF(IY.GT.9) IY=9
      IOUT(J)=ICHAR(IY)
  102 CONTINUE
      WRITE(6,2002)(IOUT(J),J=1,MC)
  101 CONTINUE
      CINT=(YMAX-YMIN)/9.
      REFC=YMIN+5.0*CINT
C     CINT=6.0
C     REFC=-1.
      WRITE(6,2003) REFC,CINT
      RETURN
 2001 FORMAT(1H1)
 2002 FORMAT(1X,100A1)
 2003 FORMAT(1H0,4X,'REFERENCE CONTOUR =',F10.4,3X,
     1'CONTOUR INTERVAL=',F10.4)
      END
```



TÜRKİYE YERÇEKİMİ HARİTASI

BOUGUER ANOMALİSİ

Kontur Aralığı
5 mgal.

Ölçek: 1/1.000.000