

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MANYETİK VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN
BİR WINDOWS YAZILIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeofizik Müh. Serpil ASILISKENDER

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 Ocak 1998

Tezin Savunulduğu Tarih : 04 Şubat 1998

Tez Danışmanı

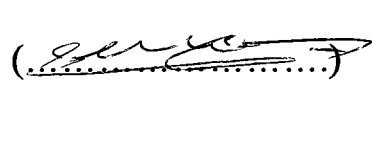
Üye

Üye

Prof.Dr. Uğur KAYNAK

Prof.Dr. Demir KOLÇAK

Prof.Dr. Özer KENAR



OCAK 1998

MANYETİK VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN BİR WINDOWS YAZILIMI

Serpil ASILİSKENDER

Anahtar kelimeler : Manyetik prospeksiyon, Yorumlama, Yazılım, Windows, FoxPro.

Özet : Bu çalışmada Manyetik prospeksiyon yöntemiyle ölçülen toplam alan (T) veya düşey bileşen (Z) değerlerinin yoruma hızlı bir şekilde hazırlanması için Windows ortamında bir yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılım görsel ve işlevsel olarak önemli avantajlar sunan FoxPro2.6 programlama diliyle hazırlanmıştır. MANPROS.EXE adı verilen bu program pencereler içerisinde yer alan bir menüler sistemi sunar. İşlemler bu menüler içerisindeki butonlarla yürütülür. Arazide ölçülen değerler programa girildikten sonra, bu değerlere günlük değişim düzeltilmesi ve gerekirse normal düzeltme uygulanır. Düzeltilen değerler iki boyutlu olarak değerlendiriliyorsa, bunlara rejyonel-rezidüel ayırım, düşey türev ve analitik uzanım teknikleri uygulanır. Bir boyutlu değerlendirmede ise, verilere uygulanan teknikler, kayan ortalama, trend analizi ve kutba indirgemedir.

A WINDOWS SOFTWARE FOR THE EVALUATION OF MAGNETIC DATA

Serpil ASILISKENDER

Keywords : Magnetic prospecting, Interpretation, Software, Windows, FoxPro.

Abstract : In this study, a software in Windows environment to interpret the values of total field or vertical component measured by using magnetic prospecting method was developed. This software has important visual and functional advantages and was set up with the language of FoxPro2.6 the program so-called MANPROS.EXE presents a menu system in Windows. Functions are done by using the buttons in these menus. After inserting the values measured in a field in to the program, diurnal variation and if necessary, normal correction are applied to measured values. If the corrected data are evaluated as two dimensional, then the techniques of regional-residual separation, vertical derivative and analytical continuation are applied. In one dimensional evaluation the techniques applied for data are moving average, trend analysis and reduction to pole.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

“**Manyetik Verilerin Değerlendirilmesi için Bir Windows Yazılımı**” konulu Yüksek Lisans tez çalışmamda Manyetik verilerin değerlendirilmesinde Windows ortamında çalışan bir yazılım geliştirilmiştir.

Yazılım FoxPro2.6 programlama diliyle hazırlanmıştır. Oluşturulan pencereler içerisinde yer alan menüler yazılımın temelini teşkil etmektedir.

Yüksek Lisans tezimin yöneticiliğini yapan, hazırlanması sırasında fikir ve deneyimlerini benden esirgemeyen hocam Prof.Dr. Uğur KAYNAK’a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tez çalışmamın her aşamasında bilgi ve desteğinden yararlandığım, çalışma vakitlerinden bana zaman ayıran hocam Yrd.Doç.Dr. Bülent ORUÇ’a (KOÜ Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendiliği) çok teşekkür ederim.

Ayrıca tez programımın yazılmasında bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen, her konuda bana destek olan ablam Uzm. Nafiye ASILISKENDER’e (KOÜ Bilgi İşlem Dairesi) ve bana yardımcı olan arkadaşım Y.Müh. Sibel ÇELİKEL GÖZEN’e teşekkür ederim.

Serpil ASILISKENDER

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xi

BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
------------	---

BÖLÜM 2.

2.1 Temel Tanımlar.....	2
2.1.1. Manyetik Kutup.....	2
2.1.2. Kutup Şiddeti.....	2
2.1.3. Manyetik Moment.....	2
2.1.4. Manyetik Akı.....	2
2.1.5. Manyetik Geçirgenlik (Permeabilite).....	3
2.1.6. Mıknatıslanma Şiddeti.....	3
2.1.7. Manyetik Duyarlılık (Süseptibilite).....	3
2.2.Yer Manyetik Alanı ve Özellikleri.....	3
2.2.1. Manyetik Alan Değişimleri.....	8
2.2.1.1. Manyetik Fırtınalar.....	8
2.2.1.2. Seküler Değişim.....	9
2.2.1.3. Günlük Değişim.....	10

BÖLÜM 3.

3.1. Manyetik Prospeksiyonun Amacı ve Uygulama Alanları.....	11
--	----

3.2. Kullanılan Aletler.....	14
3.2.1. Torsiyon Manyetometresi.....	14
3.2.2. Flux-Gate Manyetometresi.....	16
3.2.3. Proton Presesyon Manyetometresi.....	17
3.2.4. Optik Pompaj Manyetometresi.....	21

BÖLÜM 4.

4.1. Arazi Ölçümlerinin Yapılması.....	24
4.1.1. Kalibrasyon.....	24
4.1.2. Profil ve Nokta Aralığının Seçimi.....	24
4.1.3. Ölçüm Tekniği.....	26
4.2. Düzeltmeler.....	27
4.2.1. Normal Düzeltme (Enlem-Boylam Düzeltmesi).....	27
4.2.2. Günlük Değişim Düzeltmesi.....	28

BÖLÜM 5.

5.1. Yorumlama.....	29
5.1.1. Anomalilerin Ayrılması.....	29
5.1.1.1. Ortalama Değer Yöntemi (Daire merkezine ortalama).....	30
5.1.1.2. Düşey Türev Yöntemleri.....	32
5.1.1.3. Analitik Uzanımlar.....	34
5.1.1.4. Bir Boyutlu Trend Analizi (Enküçük Kareler Yöntemi)..	36
5.1.1.5. Kutba İndirgeme.....	38
5.1.1.6. Kayan Ortalama.....	40

BÖLÜM 6.

6.1. Programlama Tekniği.....	42
6.2. Menüler.....	43
6.2.1. Manyetik Veri Değerlendirme Menüsü.....	43

6.2.1.1. Veri GiriŖi Menüsü.....	44
6.2.1.2. Düzeltme Menüsü.....	46
6.2.1.3. Düzgünleme Menüsü.....	47
6.2.1.4. Yorumlama Menüsü.....	48
SONUÇ.....	56
KAYNAKLAR.....	57
ÖZGEÇMİŖ.....	59



SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR

P	: Kutup şiddeti.
L	: İki kutup arasındaki uzaklık.
ϕ	: Akı yoğunluğu.
A	: Manyetik indüksiyon.
B	: Manyetik akı.
F	: Birim kesitten geçen kuvvet çizgileri sayısı
M	: Manyetik moment.
μ_0	: Süseptibilite.
J	: Mıknatıslanma şiddeti.
γ_p	: Jirromanyetik oran.
f_L	: Larmour frekansı
s	: Grid aralığı.
F_R	: Rejyonel
T	: Toplam alan.
I_0	: Yer manyetik alanının inklınasyon açısı.
D_0	: Yer manyetik alanının deklinasyon açısı.
I_m	: Normal inklınasyonun inklınasyonu.
D_m	: Normal inklınasyonun deklinasyonu.
m	: Kütle.
f	: Gravite sabiti.
ρ	: Yoğunluk.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Yer manyetik alanının bileşenleri.....	4
Şekil 2.2. Yer manyetik alan şiddetinin düşey bileşeni Z' nin eş-şiddet haritası.....	6
Şekil 2.3. Yer manyetik alan şiddetinin yatay bileşeni H' nin eş-şiddet haritası.....	6
Şekil 2.4. 1960.0 dönemindeki yerin eş sapma açısı haritası(Janovski, 1964)	7
Şekil 2.5. 1945.0 dönemindeki yer manyetik alanının eğim açısı (Vestine, 1947) ..	7
Şekil 2.6. 16.02.1958 College, Jarris Mequarie istasyonlarına göre yatay bileşen için kaydedilen manyetik fırtınayı gösteren manyetogram (Ondoh; Maeda, 1962).....	8
Şekil 2.7. 08.07.1991 tarihinde İstanbul kandilli Rasathanesindeki deklinasyon açısı, düşey bileşen ve yatay bileşen için kayıt edilen ve manyetik fırtınayı gösteren manyetogram	9
Şekil 2.8. Freiberg-Almanya'da denklinasyon açısının 1530-1978 yılları arasındaki seküler değişimi.....	9
Şekil. 2.9. Coğrafi enleme bağlı olarak, ortalama güneşli gün değişimi (Chapman; Bartels,1940).....	10
Şekil 3.1. Manyetik Z Torsiyon terazisi.....	14
Şekil 3.2. Flux-Gate manyetometresi ve çalışma ilkesi (Schmidt; Auster,1971).....	17
Şekil 3.3. Akımın kesilmesinden sonra yer manyetik alanında bir proton presesyonu ile (a), yerçekimi etkisi altındaki bir topacın presesyonununun (b) karşılaştırılması ve proton presesyon hareketinin sinyali (c) (Telford ve diğ. 1976).....	18
Şekil 3.4. Envi-mag ve ekipmanı.....	20
Şekil 3.5. Envi-mag konsoluna genel bakış.....	21
Şekil 3.6. Rezonans yöntemine göre Optik Pompaj manyetometresinin ölçme ilkesi (Schmidt; Auster, 1971).....	23
Şekil 4.1. Walkmag konfigürasyonu.....	26
Şekil 5.1. Gözlenen anomaliden rejyonal trendin çıkarılmasıyla rezidüel anomalinin elde edilmesi.....	30

Şekil 5.2. Şekil 5.1' de gösterilen anomaliyi kesen AB profili boyunca rejyonal trendin giderilmesi.....	30
Şekil 5.3. Ortalama değer yöntemiyle rejyonal anomalinin hesaplanması.....	31
Şekil 5.4. Bir anomali üzerinde farklı çaplara sahip dairelere göre rezidülerin elde edilmesi.....	32
Şekil 5.5. Herhangi bir kütle için düşey türevlerinin hesaplanmasındaki şematik gösterim.....	32
Şekil 5.6. Yukarı uzanım ve türev hesaplamalarında kullanılan grid ağı.....	34
Şekil 5.7. Trend analiziyle (en küçük kareler yöntemi) rejyonal ve rezidüellerin belirlenmesi (Skeels 1967).....	37
Şekil 5.8. Düşey bir basamak modelinin, Δg , Δg_z , ΔT_{pol} anomalileri arasındaki ilişki.....	39
Şekil 6.1. Manyetik veri değerlendiricisi ekranı.....	43
Şekil 6.2. Veri girişi ekranı.....	44
Şekil 6.3. Arazi okumaları giriş ekranı.....	45
Şekil 6.4. Baz okumaları giriş ekranı.....	45
Şekil 6.5. Düzeltme hesap ekranı (ilgili travers no girildiğinde o traverse ait düzeltmeler yapılır).....	46
Şekil 6.6. Düzeltmiş verilerin tablo biçiminde listelenmesi.....	47
Şekil 6.7. Düzgünleme menüsü ekranı.....	47
Şekil 6.8. Kayan ortalama için düzgünleme seçenekleri ekranı.....	48
Şekil 6.9. Kayan ortalama ile düzgünlenmiş anomalilerin gösterilmesini sağlayan ekran.....	48
Şekil 6.10. Yorumlama menüsü ekranı.....	49
Şekil 6.11. Bir boyutlu yorumlama menüsü ekranı.....	49
Şekil 6.12. Bir boyutlu yorumlamada kullanılacak dosya ismi ve veri sayısının girildiği ekran.....	50

Şekil 6.13. Trend analizi derecesinin seçildiği ekran.....	50
Şekil 6.14. Örnek bir veri için birinci dereceden trend analiziyle elde edilen bağıntılar sistemi ve sistemin katsayıları.....	50
Şekil 6.15. Kutba indirgenecek veriye ait alan parametrelerinin girilmesi.....	51
Şekil 6.16. Orjinal veri ve kutba indirgenmiş veri (kutba indirgenmiş veri bir dosya içine atanmaktadır).....	51
Şekil 6.17. İki boyutlu yorumlama menüsü ekranı.....	52
Şekil 6.18. İki boyutlu yorumlama da kullanılacak dosya ismi ve harita boyutlarının girildiği ekran.....	52
Şekil 6.19. Örnek bir harita için seçilen bir yarıçapa göre ortalama değer yöntemiyle bulunan rejyonel ve rezidüellerin görüntüsü.....	53
Şekil 6.20. Örnek bir harita için Henderson katsayılarına göre hesaplanan düşey türevlerin görüntüsü.....	53
Şekil 6.21. Analitik uzanım menü ekranı.....	54
Şekil 6.22. Örnek bir veri için hesaplanan yukarı uzanım değerlerinin görüntüsü.....	54
Şekil 6.23. Örnek bir veri için hesaplanan aşağı uzanım değerlerinin görüntüsü.....	55

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Kutuplarda ve ekvatorda jeomanyetik elemanların değerleri.....	5
Tablo 3.1. Manyetik prosteksiyon yönteminin uygulama alanları.....	11
Tablo 4.1. Manyetik prospeksiyonda istasyon ve profil aralıkları (Zaborovskij ve Nikitskij, 1989).....	25
Tablo 5.1. Henderson'un 1. ve 2. Türev katsayıları.....	34
Tablo 5.2. Yukarı ve aşağı uzanım katsayıları (Henderson).....	35
Tablo 5.3. Yukarı ve aşağı uzanım katsayıları (Peters).....	36



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Son yıllarda alet teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak Manyetik prospeksiyonda çok sayıda veri toplanmaktadır. Bu verilerin hızlı bir şekilde işlenmesi ve yoruma hazırlanması oldukça önemlidir. Bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler de istenilen işlemlerin hızlı ve güvenilir yapılmasını mümkün kılmaktadır.

Surfer gibi iki boyutlu çizim programlarının henüz geliştirilmediği bir dönemde bu konuda yapılan ilk çalışmalardan biri Kalkani, (1975) tarafından geliştirilen bir Fortran IV kontur çizim programıdır. Günümüzde, verilerin yoruma hazırlanmasında ve yorumunda geliştirilen programlar özellikle şirketler tarafından ticari bir araç olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada Windows ortamında FoxPro2.6 programlama diliyle MANPROS.EXE adı verilen bir yazılım geliştirilmiştir. Burada özellikle FoxPro2.6 programlama dilinin sunduğu avantajlardan yararlanarak yazılım geliştirmede farklı bir yaklaşım getirilmeye çalışılmıştır. Böylece yazılımın her kullanıcı tarafından kolayca kullanılabilmesi amaç edinilmiştir.

BÖLÜM 2

2.1. Manyetik Yöntemle İlgili Temel Tanımlar

2.1.1. Manyetik Kutup

Bir mıknatıs çubuğun manyetik özelliği iki ucuna yakın bölgelerde toplanmıştır. Bu bölgelere “manyetik kutup” denir. Mıknatıs çubuğunun yeryuvarının kuzey kutbunu gösteren ucuna pozitif, güney kutbunu gösteren ucuna negatif kutup denir. Bir çubuk mıknatısta iki kutbu birleştiren ve güneyden kuzeye doğru olan eksene manyetik eksen denir.

2.1.2. Kutup Şiddeti

Kendisinden 1 cm uzakta bulunan eş şiddetli bir kutba 1 dyn lik kuvvet uygulayan kutba “birim kutup” denir. Buna göre bir kutbun şiddeti kendisinde 1 cm uzakta bulunan bir birim kutba uyguladığı kuvvete eşittir.

2.1.3. Manyetik Moment

Bir çubuk mıknatısın manyetik momenti, kutup şiddeti ile iki kutup arasındaki uzaklığın çarpımına eşittir.

$$M = P.L \quad (2.1)$$

(2.1) bağıntısında, P kutup şiddeti, L ise iki kutup arasındaki uzaklıktır.

2.1.4. Manyetik Akı

Mıknatıslanabilen bir cisim manyetik alan içine konulduğunda mıknatıslanır ve cisim içinde akı oluşur. Akı, indüksiyon çizgilerinin sayısı olarak da tanımlanabilir.

Mıknatıslanabilen bir cisimdeki akının cismin ucundaki kesitinin birim yüzölçümü başına düşen akıya “akı yoğunluğu” veya “manyetik indüksiyon” denir ve birimi Maxwell dir.

$$B = \Phi/A \quad (2.2)$$

2.1.5. Manyetik Geçirgenlik (permeabilite)

Düzgün bir manyetik alanda cismin birim kesitten geçen kuvvet çizgilerinin sayısının havada aynı kesitten geçen kuvvet çizgilerinin sayısına oranı olarak bilinir ve

$$\mu_0 = B / F \quad (2.3)$$

bağıntısıyla verilir.

2.1.6. Mıknatıslanma Şiddeti

Birim hacme düşen manyetik momenttir.

$$J = M / V \quad (2.4)$$

2.1.7. Manyetik Duyarlılık (süseptibilite)

Bir cisimde oluşan mıknatıslanma şiddetinin, cismi etkileyen manyetik alan şiddetine oranıdır.

$$k = J / T \quad (2.5)$$

2.2. Yer Manyetik Alanı ve Özellikleri

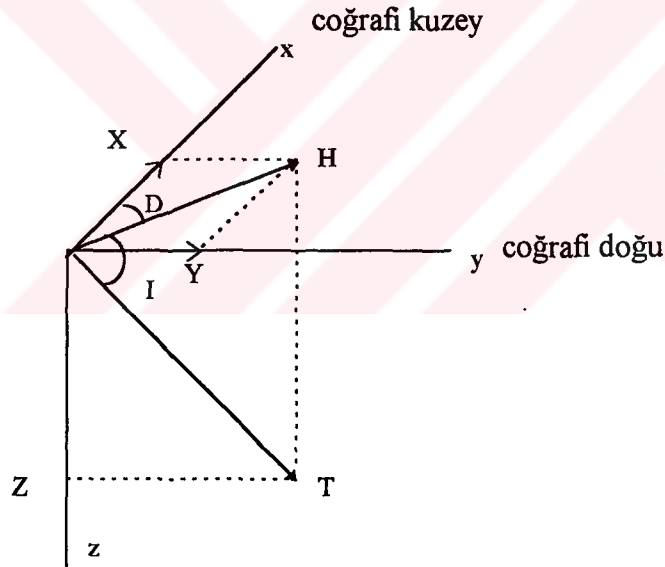
Yer manyetik alanı üç bileşenden oluşmaktadır. Dipol alan, dipol olmayan alan ve dış kaynaklı alan. Dipol alan normal alan olarak da bilinir. Yerkürenin merkezinde varlığı

kabul edilen ve coğrafi eksenlerle 11.5° lik açı yapan selenoidal dipolden türer. Bu dipolün yerküreyi kestiği noktalara jeomanyetik kutuplar adı verilir.

Dipol olmayan alanı ise kabuktaki mıknatıslanma özelliği olan kayalar ve üst mantodaki, değişken karakterli ve batıya doğru ilerleyen konveksiyon kapanımları oluşturur. Kabuktaki mıknatıslanma özelliği ilk 18 km lik kesimde yer alır (Curie sıcaklığı). Prospeksiyon amaçlı çalışmalarda bu alanla uğraşılır. Dipol alan ile dipol olmayan alanın toplamı yermanyetik alanını iç kaynağını oluşturur.

Dış kaynaklı alan ise iyonosferdeki elektrik akımlarından oluşur ve toplam alanın % 5 ini oluşturur.

Herhangi bir noktada ölçülen manyetik alan şiddeti bir vektördür. Bu vektör, iki açı ve iki bileşenle tanımlanır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Yer manyetik alanının bileşenleri.

$$T^2 = H^2 + Z^2 = X^2 + Y^2 + Z^2$$

$$H = T \cdot \cos I$$

$$Z = T \cdot \sin I$$

$$X = H \cdot \cos D$$

$$Y = H \cdot \sin D$$

(2.6)

$$\tan D = Y / X$$

$$\tan I = Z / H$$

(2.6) eşitliklerinde; T toplam alanı, Z düşey bileşeni, H yatay bileşeni, D sapma açısını ve I eğim açısını göstermektedir.

Jeomagnetik alan şiddeti bir vektördür. Bu vektörün düşey bileşeni Z dir. Yatay bileşeni H nin kuzeye doğru pozitif olan bileşeni X ve doğuya doğru pozitif olan Y bileşeni vardır.

Sapma açısı D, coğrafi kuzey ile manyetik kuzey arasındaki açıdır. Kuzeyden doğuya doğru ölçüldüğünde pozitif, kuzeyden batıya doğru ölçüldüğünde negatiftir.

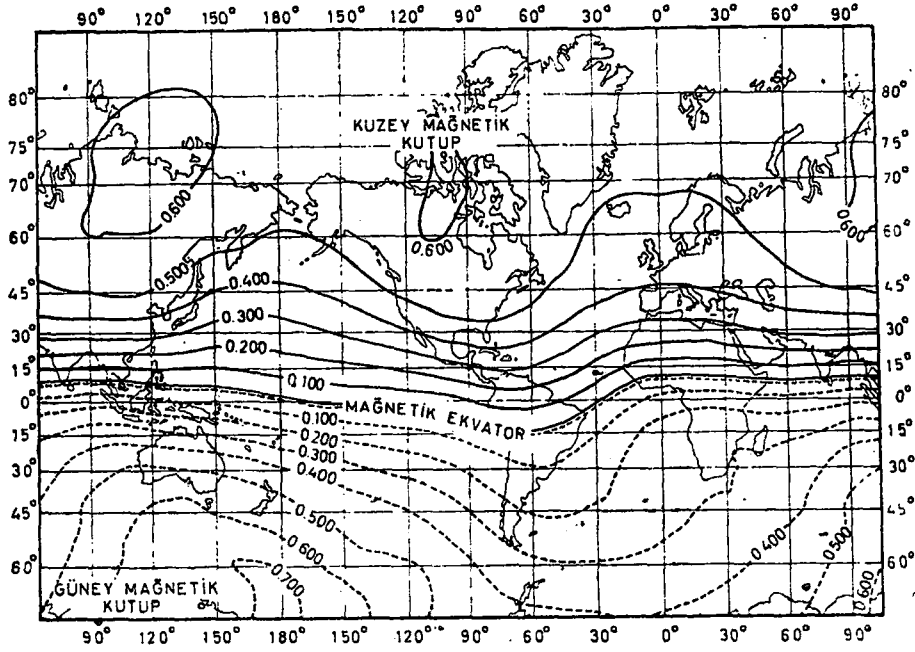
Eğim açısı I, yatay bileşen (H) ile toplam alan vektörü (T) arasındaki açıdır ve aşağıya doğru olduğunda işareti pozitif, yukarı doğru olduğunda negatiftir. Burada kuzey yarıküre pozitif duruma, güney yarıküre ise negatif duruma karşılık gelir. $I = 0^\circ$ olduğu yer manyetik vektör olarak isimlendirilir ve coğrafi ekvatorun bazen üstünden bazen de altından geçer. $I = \pm 90^\circ$ olduğu yerler manyetik eğim kutbu olarak isimlendirilir.

Şekil 2.2, Şekil 2.3, Şekil 2.4 ve Şekil 2.5’de, sırasıyla yer manyetik alanının düşey bileşeni (Z), yatay bileşeni (H), sapma açısı , eğim açısı haritaları görülmektedir.

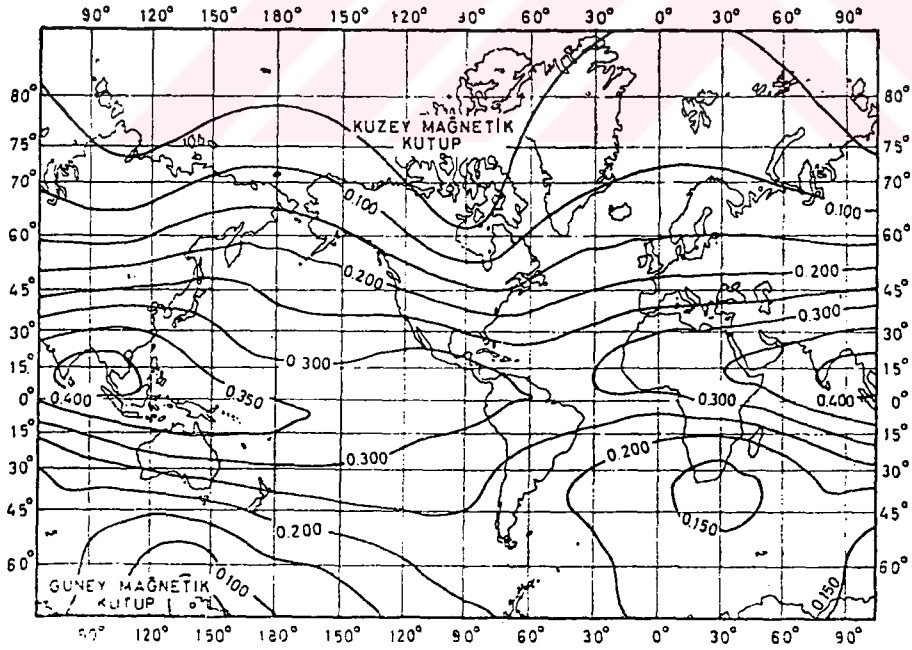
Tablo 2.1’de Jeomanyetik elemanların kutuplarda ve ekvatorda aldığı değerler gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Kutuplarda ve ekvatorda jeomanyetik elemanların değerleri.

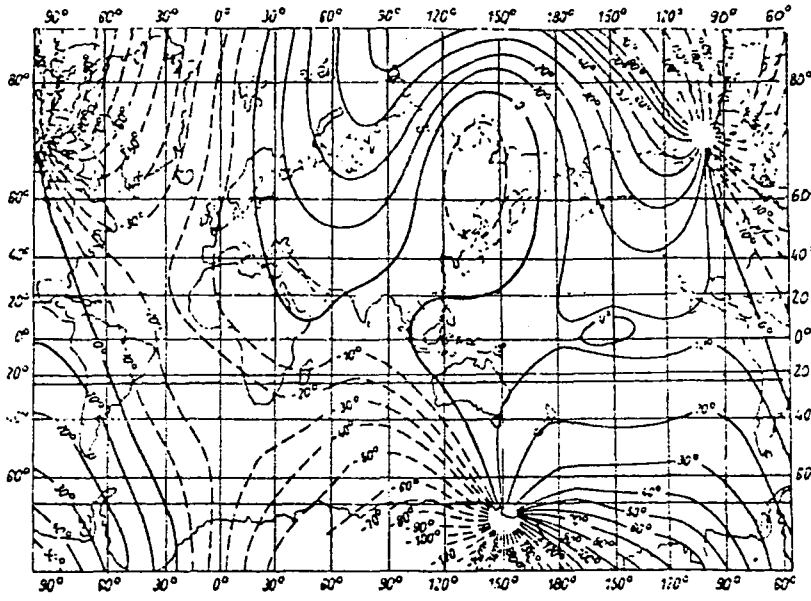
Eleman	Manyetik kutuplarda	Manyetik ekvatorda
İnklinasyon I	90°	0°
Yatay bileşen şiddeti H	0 nT	25000-40000 nT
Düşey bileşen şiddeti Z	60000-70000 nT	0 nT
Toplam alan şiddeti T	60000-70000 nT	25000-40000 nT



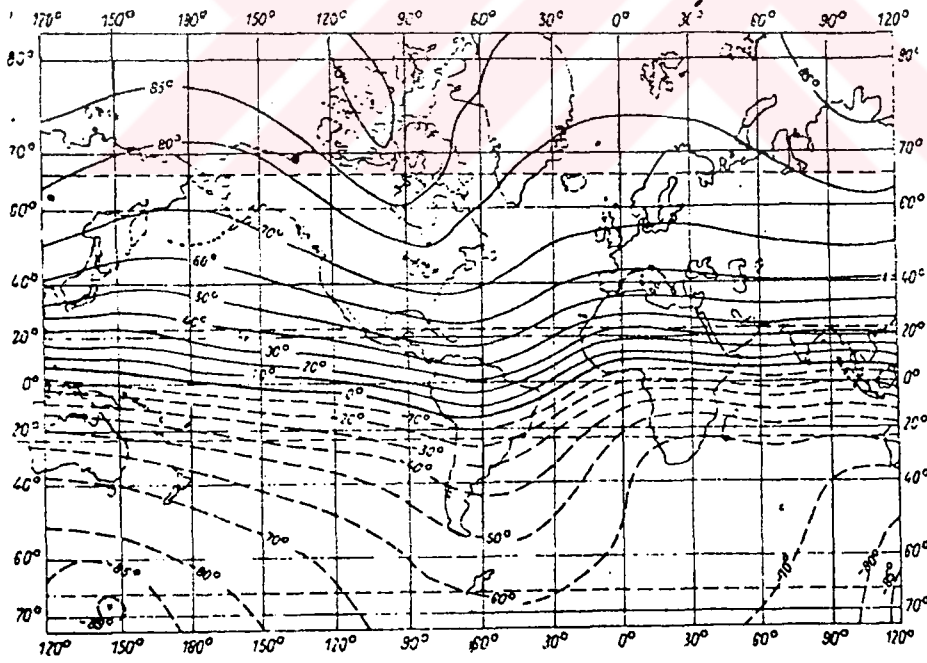
Şekil 2.2. Yer manyetik alan şiddetinin düşey bileşeni Z' nin eş-şiddet haritası.



Şekil 2.3. Yer manyetik alan şiddetinin yatay bileşeni H' nin eş-şiddet haritası.



Şekil 2.4. 1960.0 dönemindeki yerin eş sapma açısı haritası (Janovskij, 1964).



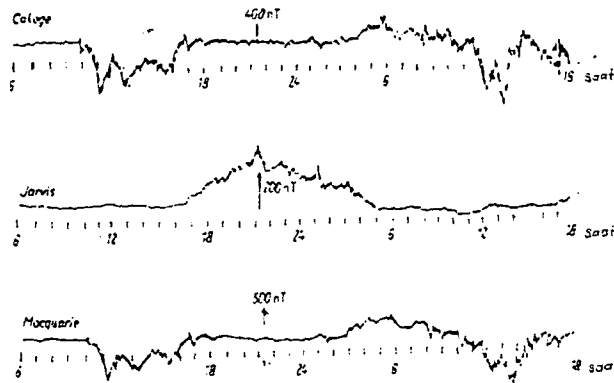
Şekil 2.5. 1945.0 dönemindeki yer manyetik alanının eğim açısı haritası (Vestine, 1947).

2.2.1. Manyetik Alan Değişimleri

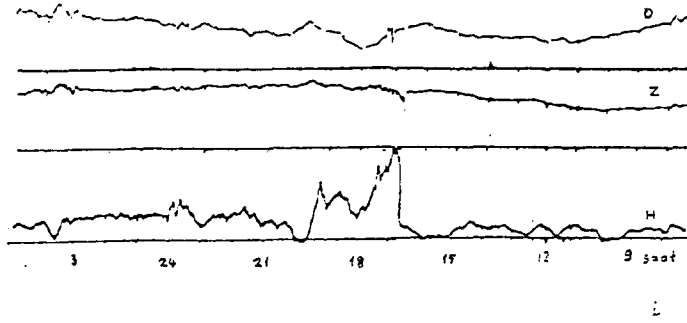
Manyetik alandaki değişimlerin jeofizik prospeksiyondaki önemi büyüktür. Bu değişimler, alınan ölçülere etki edeceğinden ölçü değerlerinden arındırılması gerekir. Özellikle manyetik fırtınalar, arazide sağlıklı bir biçimde ölçü alınmasını olanaksız duruma getirirler. Manyetik anomaliler, asıl alanın elemanlarının yerel sapmalarından ileri gelirler. Manyetik anomalilerin nedeni, üst yer kabuğundaki bozucu kütlelerin manyetik kontrastlarıdır ve özellikle ferromanyetik minerallerin farklı karakteristik taşımasındandır. Curie sıcaklığının üzerinde manyetizma özelliği kayb olduğundan, kabuğun 20-50 km'lik kabuk derinliği, pratikte kaynaksız olarak kabul edilir. Manyetik anomalilerin genlikleri, asıl alanın çok üzerinde olabilir. Yermanyetik alanının değişimleri iç kaynaklı ve dış kaynaklı değişimler olarak iki gruba ayrılabilir. İç kaynaklı değişimler seküler, dış kaynaklı değişimler ise, günlük değişimler ve manyetik fırtınalar (yüksek frekanslı değişimler) olarak adlandırılabilir.

2.2.1.1. Manyetik Fırtınalar

Bu değişimlerin genlikleri 1 gammadan yüzlerce gammaya kadar ulaşır. Bu gruba giren değişimler manyetik fırtına, manyetik körfez, manyetik çengel ve manyetik pülsasyonlardır. Periyotları 10^{-2} ile 10^4 saniye arasında olan ani değişimlerdir. Şekil 2.6'da ve Şekil 2.7'de manyetik fırtınaların yer manyetik alan elemanlarını nasıl etkilediği görülmektedir.



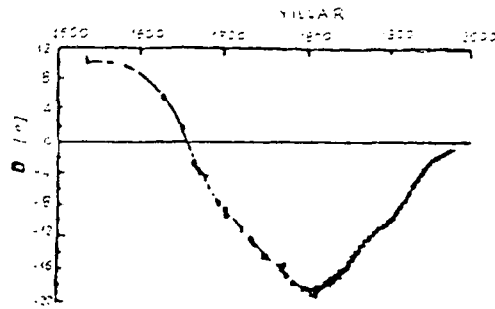
Şekil 2.6. 16.02.1958 College, Jarris Meguarie istasyonlarına göre yatay bileşen için kaydedilen manyetik fırtınayı gösteren manyetogram (Ondoh; Maeda, 1962).



Şekil 2.7. 08.07.1991 tarihinde İstanbul Kandilli Rasathanesindeki deklinasyon açısı, düşey bileşen ve yatay bileşen için kayıt edilen ve manyetik fırtınayı gösteren manyetogram.

2.2.1.2. Seküler Değişim

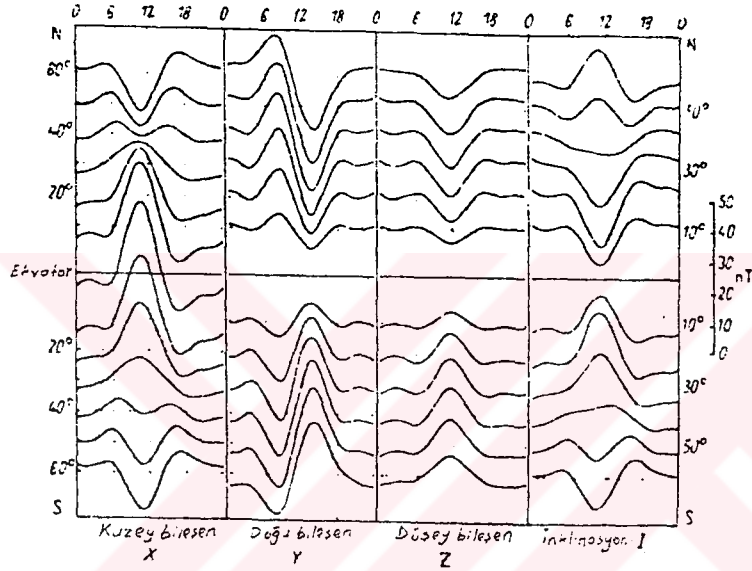
Manyetik alanda görülen değişimlerin en önemlilerindendir. Yermanyetik alanının uzun süreli değişimleri olarak da adlandırılır. Yıllık ortalama değişim miktarı 25 gamma düzeyindedir. Bu değişimler alan şiddetinin bileşenlerinde, sapma açısında ve eğim açısında gözlenebilmektedir. Seküler değişimlere neden olan hareketlerin, büyük ölçüdeki konveksiyon hareketi olma olasılığı vardır. İç kaynaklı alanın araştırılmasına yardımcı olur. Seküler değişimlerin sonuçları olarak; dipol alanın yüzyılda % 5 azalması, yer manyetik alanının yılda 0.2° batıya kayması, eksensel dipolün kuzeye kayması, gösterilebilir. Şekil 2.8’de sapma açısının seküler değişimi ile ilgili bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 2.8. Freiberg-Almanya’da deklinasyon açısının 1530-1978 yılları arasındaki seküler değişimi.

2.2.1.3. Günlük Değişim

Manyetik kayıtlar bazı günlerde düzgün değişimler gösterirken bazı günler düzgün olmayan değişimler göstermektedirler. Bu değişimler güneş ve ay kökenlidir. Ay kökenli değişimler kayıtlarda gözle görülmeyecek kadar küçük olup özel analiz yöntemleri ile saptanabilirler. Ay etkisinin (L) değişimi, güneş etkisinin (S) değişiminin 1/15 i kadardır. Günlük değişimin maksimum genliği 40 gamma mertebesindedir. Uygulamalarda bu etkinin düzeltilmesi gerekmektedir.



Şekil 2.9. Coğrafi enleme bağılı olarak, ortalama güneşli gün değişimi (Chapman; Bartels, 1940).

BÖLÜM 3

3.1. Manyetik Prospeksiyonun Amacı ve Uygulama Alanları

Jeomanyetik ölçmeler, jeolojik haritaların hazırlanmasına, madencilik çalışmalarına, jeoteknik, arkeolojik ve yerin oluşumu ile ilgili araştırmalara yardımcı olurlar. Manyetik prospeksiyon daha çok bir ön etüd amacıyla yapılır ve özellikle sığ bölgelerden oldukça iyi bilgiler verir. Bunun yanısıra, ucuz ve hızlı bir biçimde uygulanabilir. Özellikle havadan yapılan etüdlere, kısa zamanda geniş bölgelerin incelenmesi sağlanır. Manyetik prospeksiyon, Tablo 3.1'de gösterilen problemlerin çözümünde kullanılır (Alpman; Oruç, 1992).

Tablo 3.1. Manyetik prospeksiyon yönteminin uygulama alanları.

Ölçmenin cinsi	Bölge	Uygulama Alanı
Bölgesel ölçmeler (özellikle aeromanyetik)	Bölgesel kesitlerin çıkartılması	<ul style="list-style-type: none">- Bölgesel jeolojik yapının araştırmalar. (özellikle kristal temel kütle).- Volkanik ve plutonik kayaların sınıflandırılması.- Ayırım.- Daha sonra yapılması düşünülen jeofizik ve jeolojik araştırmalar için ön araştırma.
	Bölgesel yapının saptanması	<ul style="list-style-type: none">- Temel kütlelerin yapısı ve bileşiminin araştırılması.- Volkanik ve Plutonik kayaların bölgesel olarak sınıflandırılması.

		- Senozoik, Mesozoik ve Paleozoiklerin tektonik araştırmaları .
Yerel ölçmeler	Maden yataklarının araştırılması	- Maden yataklarının düşey ve yatay yöndeki uzanımlarının ve rezervlerinin araştırılması (Manyetit, Pirotin, İlmenit, Hematit, Limonit, Kromit, Boksit ve ferrimanyetik bileşimli tüm mineraller).
	Kayaçların ve maden yataklarının araştırılması	- Manyetik kökenli kayaçların ve maden yataklarının araştırılması ve sınırlandırılması.
	Jeolojik harita hazırlanması	- Gömülü kütlelerin ve tektonik süreksizliklerin belirlenmesi.
	Hidrojeoloji	- Pleistosen (Buzul çağı) belirtilerinin ortaya çıkarılması. - Su ile örtülü alanlarda metalik kütlelerin araştırılması (Maden ocakları, boru hatları, batık gemi, denizaltı).
	Yapay manyetik cisimlerin aranması	- Karada gömülü durumdaki metalik parçaların araştırılması (yapı aletleri, motorlu araçlar, delgi aletleri, boru hatları, kablolar vs.).
	Arkeoloji	- Eski yerleşim yerlerinin sınırlarının saptanması tuğla, çanak, ocak, mezar vs. yapıların ortaya çıkarılması.
Mikromanyetik ölçmeler	Jeolojik ve özel araştırmalar	- Ayrık tortul kütlelerin (çökelti) sedimantas-

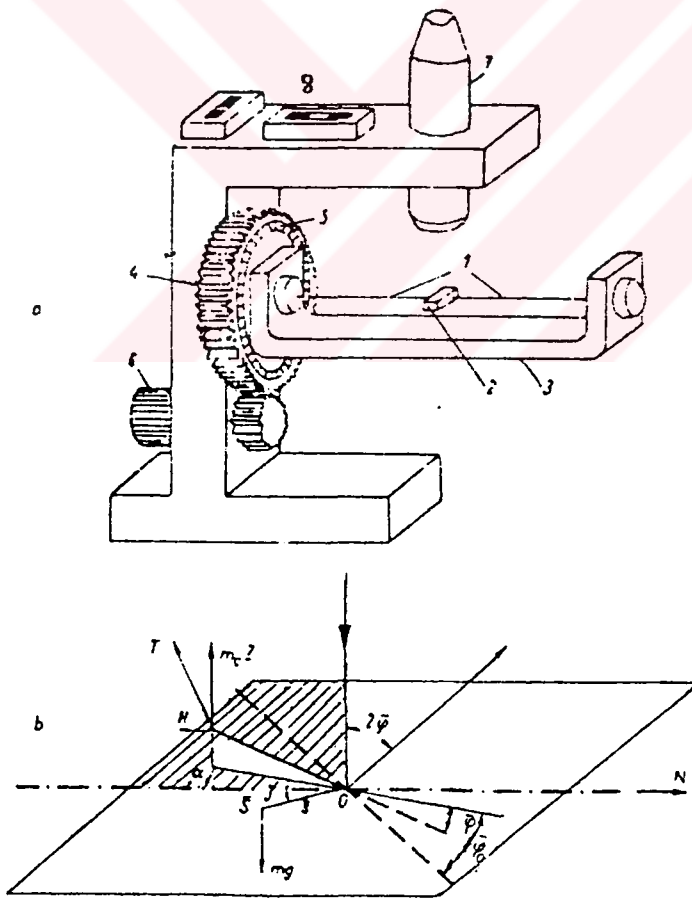
	Jeoteknik araştırmalar	<p>yon yönünün belirlenmesi.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dış kuvvetlerin etkisiyle kayalardan aşınarak oluşmuş örtü tabakalarının tektoniğinin araştırılması (tabakalanma, faylanma). - Volkanik kayaların akışla ilgili olarak doku analizleri (foliasyon analizi). - Kayma tehlikesi olan yerlerin araştırılması. - Yeryüzüne yakın yeraltı boşluklarının ve kuyularının belirlenmesi.
Yeraltı (kuyu, galeri) ölçmeler	Madencilik	<ul style="list-style-type: none"> - Kuvvetli manyetizmaya sahip cisimlerin özellikle maden yataklarının yeri ve uzanımının belirlenmesi. - Tehlikeli CO₂ sızmalarının saptanması için, tuzlu bölgelerdeki Bazaltoidin sınırlarını belirlenmesi.
Paleo ve Arkeomanyetik araştırmalar	Global Jeoloji	<ul style="list-style-type: none"> - Plaka tektoniğinde kıta hareketinin araştırılması - Dünyanın gelişimi ile ilgili olarak, revers ve deniz tabanı yayılımının araştırılması.
	Bölgesel ve Lokal Jeoloji	<ul style="list-style-type: none"> - Bölgesel birimlerin hareketinin incelenmesi. - Fosilsiz sedimentlerin ve magmatiklerin sınıflandırılması; magmatiklerin alt bölümlere ayrılması.

3.2. Kullanılan Aletler

Manyetik prospeksiyonda manyetik alan büyüklüğü olarak, genellikle toplam alan şiddeti (T) veya bunun düşey bileşeni (Z) ölçülür.

3.2.1. Torsiyon Manyetometresi

Bu tip manyetometrelere, kolay kullanımları nedeni ile manyetik prospeksiyonda sıkça rastlanır. Bu manyetometre, yer manyetik alanının düşey bileşeni (Z) veya yatay bileşeninin (H) ölçülmesinde kullanılır ve bir ağırlık kuvveti ile bandın Torsiyon gücünün dengesini sağlayan, yine banda asılı mıknatıs sisteminin bir terazisi olarak çalışır. Şekil 3.1’de böyle bir sistemin yapısı şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Manyetik-Z Torsiyon terazisi.

a) Şematik yapı	b) Etki ilkesi
1- Torsiyon bandı	α : Salınım yüzeyi ile manyetik kuzey arasındaki açı (azimut)
2- Mıknatıs sistemi	γ : Mıknatısın uzun eksenini ile bağlantı doğrultusu arasındaki açı
3- Sistem taşıyıcısı	Dönme noktası (o)- Ağırlık noktası (s)
4- Torsiyon dişlisi	φ : Dönme açısı
5- Dişli bölüm	φ_0 : Torsiyonsuz durumdaki dönme açısı
6- Torsiyon için ayar düğmesi	s: Ağırlık noktası uzaklığı
7- Otoklimasyon dürbünü	m: Mıknatıs sisteminin kütlesi
8- Su terazisi	g: Yerçekimi ivmesi
	M_C : Mıknatıs sisteminin manyetik momenti

Genel dengeleme koşulu aşağıdaki eşitlikle verilir:

$$M_C \cdot Z \cdot \cos\varphi - M_C \cdot H \cdot \sin\varphi - mgs \cdot \cos(\gamma - \varphi) + (\varphi_0 - \varphi) = 0 \quad (3.1)$$

Z terazisi için gösterge değeri $s = \Delta Z / \Delta\varphi$ olarak verilir ve $\varphi = 0^\circ$ a yakındır. Buna göre,

$$s = T / M_C \quad (3.2)$$

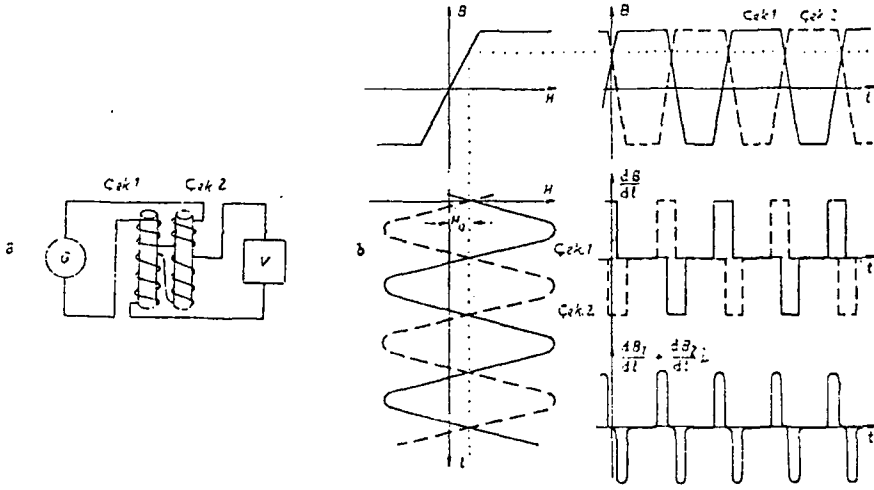
olarak yazılır. Burada T : Torsiyon katsayısıdır

Bu tip manyetometreler, 40000 nT'ya kadar ölçme yapabilmesi, hafif olması, süspansiyon özelliği ile sürekli çalışabilmesi (çok az dinlendirmeye) ve sıcak etkisini elimine edebilmesi bakımından yıllardan beri kullanılmış olup günümüzde de kısmen kullanılmaktadır. Mekanik-optik manyetometrelerin başka bir gelişmiş türü de sıvı yataklı terazilerdir. Mıknatıs sistemi, bir sıvı içerisinde yüzmektedir, kendi kendine yataklanır ve sabitlenir. Dış etkilere karşı dayanıklıdır ve ideal biçimde süspansiyon edilmiştir. Ölçme işlemi, sabitleme ayarları olmadan, sıfır yöntemine göre ve dijital göstergeli olarak ve dengeleme mıknatısı kullanılarak yapılır.

3.2.2. Flux-Gate Manyetometresi

Uçaklara yerleştirilerek ölçme yapan ilk alet, 30 yıl kadar önce geliştirilmiş olan doyabilen çekirdek manyetometresidir. Bu alete “Flux-Gate manyetometresi” de denir. Bu alette çok kolay doyabilen (satüre olabilen) manyetik maddeler, iki primer bobinin çekirdeği olarak kullanılır. Yerin manyetik alanı, bu çekirdeğin doyma yoğunluğunun büyük bir kesri kadar bir akı yoğunluğu meydana getirir. Şekil 3.2’de görüldüğü gibi iki paralel çubuk üzerine sarılı primer bobinlere alternatif bir akım verilir. Bobinler, çekirdeklerde meydana gelen akı yoğunluklarının zıt yönde olmasına göre sarılmışlardır. Bu bobinlerin her ikisinin birden üzerine bir de ikincil bobin sarılmıştır. Böylece ikincil sargıdaki indüksiyon voltajı, iki çekirdekteki manyetik akı değişimiyle orantılı olacaktır.

Bobinler yer manyetik alanına paralel olarak tutulursa, herhangi bir anda yer manyetik alanı, bobinlerden birinin alanına eklenir ve diğer bobindeki alandan çıkarılmış olur. Şekil 3.2’de görüldüğü gibi, yer manyetik alanının etkisi altında bir çekirdekteki manyetik akı, ötekiindeki akının sıfırdan geçtiği zamandan farklı olan bir zamanda sıfırdan geçer. Böylece ikincil bobindeki indüksiyon voltajları birbirini götürmez ve yer manyetik alanı ile orantılı olan net bir çıkış voltajı elde edilir. Aslında bu durumda elde edilen dalga hareketi, daha karmaşık bir biçim gösterir. Ancak gereken elektronik devrelerden geçirilerek, ya sürekli kayıt yapılır ya da küçük taşınabilir aletlerde olduğu gibi, alet şiddeti birimi cinsinden aletten okunabilir. Özel tip aletlerin çıkış değeri, sayısal olarak delikli şeride veya manyetik teypte kaydedilir. Bu tip aletlerle manyetik alanın toplam şiddeti ölçülebileceği gibi, duyarlı elemanın doğrultusuna göre bileşenleri de ölçülebilir. Bu aletlerin duyarlılığı ± 1 nT kadardır. Bu aletler hızdan etkilenmediğinden, aeromanyetik etüdlerde sıkça kullanılırlar. Hafif (1-3 kg) ve ucuz olduğundan çokca tercih edilen bir alet özelliği taşır.



Şekil 3.2. Flux-Gate manyetometresi ve çalışma ilkesi (Schmidt;Auster, 1971).

a) Şematik devre

b) Çıkış geriliminin oluşumu

G: Düşük frekans jeneratörü

V: Ayırım güçlendirici ve ölçme cihazı

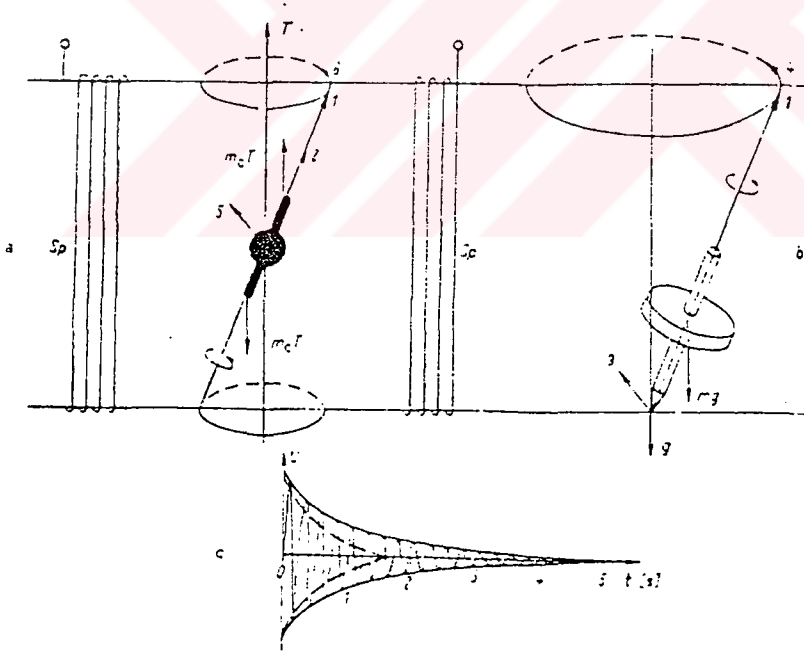
3.2.3. Proton Presesyon Manyetometresi

Bu tip manyetometrelerle, yer manteyik alanının toplam şiddeti, su veya hidrojenli başka bir madde örneğindeki protonların serbest presesyon frekansını belirlemekle ölçülür. Hidrojen atomunun çekirdeği olan protonun manyetik momentleri kendiliğinden alan doğrultusunda sıralanır. Protonlar hem çekirdek etrafında hemde kendi eksenleri etrafında dönerler. (kendi eksenini etrafındaki dönüşünden doğan dönme impulsuna spin adı verilir) ve buna "Presesyon hareketi" adı verilir. Elektron hareketlerinin dönme eksenleri dış manyetik alan olmadığında çekirdek spin eksenine ya paralel ya da antiparaleldir. Dış manyetik alan olarak her zaman yer manyetik alanı protona etki yapar. Bundan başka bir yapay dış manyetik alanın varlığında ise protonların eksenleri bileşke manyetik alan doğrultusuna paralel olurlar. Bu yapay alan aniden kesildiğinde proton spin eksenleri tekrar yer manyetik alanı doğrultusuna paralel olmaya çalışırlar. Bu çabanın sonucu jireskopik etki dolayısı ile presesyon hareketi olarak Bu hareketin frekansına da "Larmor frekansı" denir. Bu frekans,

$$f_L = \frac{1}{2\pi} \cdot \gamma_p \cdot T \quad (s^{-1}) \quad (3.3)$$

olarak tanımlanır. Bu açısal presesyon frekansının manyetik alan şiddetine oranına “Jiromanyetik oran” denir.

Su için Jiromanyetik oran değeri, $\gamma_p = 2\pi f_L / T = (2.67513 \pm 0.0002) \cdot 10^4 \text{ Gauss}^{-1} \text{ s}^{-1}$ olarak verilir. Proton manyetometresinin çoğunda duyarlı eleman olarak yarım litre kadar su kullanılır. Protonları bir alan doğrultusunda sıralayabilmek için su örneğine, ölçülecek alan doğrultusuna dik bir doğrultuda şiddeti 100 Gauss (10^7 nT) düzeyinde olan bir manyetik alan birkaç saniye süre için uygulanır. Bu alanı doğuran akım birden kesilince, protonların hepsi eski yer manyetik alan doğrultusunu almak için bir presesyon hareketi meydana getirirler. Bu hareket yerçekimi etkisinde dönmekte olan bir topacın hareketine benzer (Şekil 3.3). Yer manyetik alanındaki bu presesyon hareketinin frekansı ölçülebileceğinden ve jiromanyetik oran sabiti de bilindiğinden, T toplam alan şiddeti belirlenebilir.



Şekil 3.3. Akımın kesilmesinden sonra yer manyetik alanında bir proton presesyonu ile (a), yerçekimi etkisi altındaki bir topacın presesyonunun (b) karşılaştırılması ve proton presesyon hareketini sinyali (c) (Telford ve diğ., 1976).

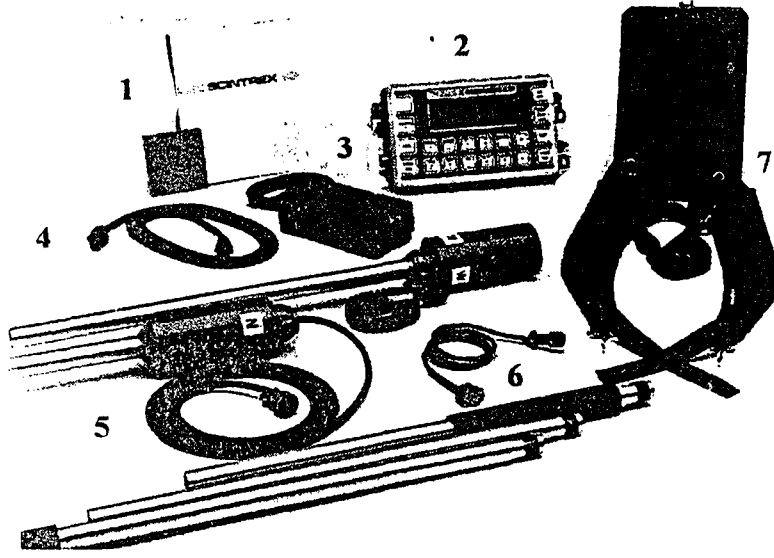
- Homojen manyetik alanda
..... Homojen olmayan manyetik alanda

- 1- Dönme impulsu
- 2- Proton manyetik moment m_C
- 3,5-Dönme momenti
- 4,6-Dönme impulsunun değişimi
- Sp-polarizasyon ve alıcı bobin

Proton presesyon manyetometresi şu özelliklere sahiptir:

- Hızdan sınırlı olarak etkilenir, böylece hareketli sistemlerde yapılacak ölçmelere uygundur,
- Yerden yapılan ölçmelerde yataylama ve sabitlemeye gerek duyulmaz ve ölçülen değerler dijital göstergeden okunur,
- Ölçme işlemi hızlı bir şekilde yapılabilir (her noktada 10 s),
- Ölçme değerleri kolaylıkla veri taşıyıcılarına (delikli şeritlere, manyetik bantlara) kaydedilebilir,
- Sürekli bir ölçme mümkün değildir. Örneğin 300 km/h 'lık bir uçuş hızında 83 m' de bir ölçme yapılabilir. 1/25000 ölçekli haritalarda bu durum yeterlidir,
- Yer manyetik alanının büyük ölçüdeki değişimlerinde, presesyon sinyalinin genliği, ölçmeyi olanaksız kılacak şekilde düşer.

Envi-mag Proton presesyon manyetometresi ve ekipmanı Şekil 3.4'de gösterilmektedir.



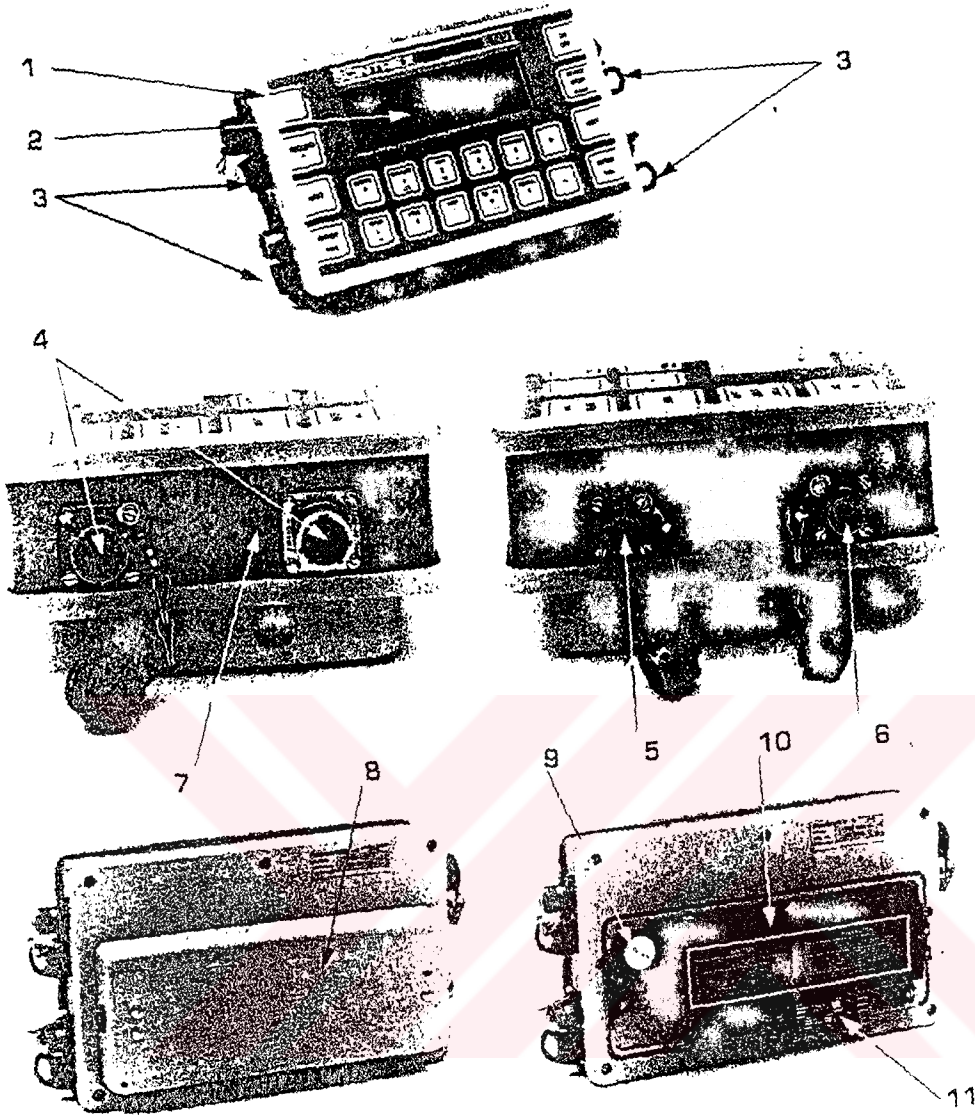
Şekil 3.4. Envi-mag ve ekipmanı.

Envi-mag ve ekipmanı

- 1- Envi-mag kullanım kılavuzu ve software disketi
- 2- Envi-mag konsolu
- 3- Şarj adaptörü
- 4- Ara kablosu
- 5- Sensör ve ara çubuklar
- 6- Data transferi için computer-konsol bağlantı ara kablosu
- 7- Sırt bağlantı takımı

Envi-mag konsoluna genel bir bakış Şekil 3.5' de gösterilmektedir.

- 1- Tuş tablosu
- 2- Likit kristal ekran (dijital)
- 3- Askı takımlarını takma halkaları
- 4- Sensör bağlantı soketleri
- 5- Data çıkış soketi
- 6- Dışarıdan şarj bağlantı soketi
- 7- Şarj gösterge lambası
- 8- Pil haznesi ve kapağı
- 9- Kartuş
- 10- Piller
- 11- Cam sigorta



Şekil 3.5. Envi-mag konsoluna genel bakış.

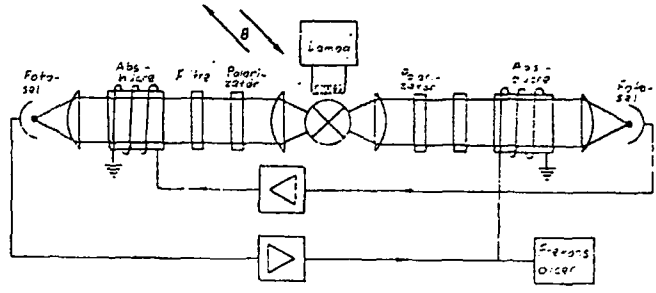
3.2.4. Optik Pompaj Manyetometresi

Bu manyetometre, Nükleer Zeeman-Etkisi ilkesine dayanır. Burada ışımakta olan atomlar bir manyetik alana alınırsa, spektral hatlar boyunca bir çok enerji yarılmaları oluşur. Bu bileşenlerin frekans aralığı, manyetik alan şiddetiyle orantılı olduğundan, alan şiddetinin ölçümünde faydalı olur. Ancak hat ayrımının tam olarak belirleyebilmek mümkün olmadığından, bu özelliğin ölçme prensibi olarak kullanılması pek elverişli olmaz. Bunun yerine, daha basitleştirilmiş bir teknik kullanılır. Optik pompaj

manyetometreleri Rb, Cs, veya He gazı izole atomlarının taban seviyesi enerjilerinin ikiye ayrılmış olmasına dayanır. Random Distribution Rule kuralına göre her buhar kendisine özgü rezonans frekansta ışın gönderen bir lamba ile eksite edilir. Bir üst enerji düzeyine çıkan çekirdekler burada her buharın kendine özgü mean life time süresi kadar bekledikten sonra taban enerji düzeyine, exitation enerjisine eşit enerjili ve rezonans frekanslı maksimum enerjili bir parıldama yaparak geri döner. Ancak bu sırada geri dönen atomlar bir kaç uyarılmadan sonra seçili rezonanstaki ikiye ayrılmış taban seviyesinden birisine pompalanmış olurlar. Buhar odası yer manyetik alanı total bileşen vektörü ile 45° lik açı yaptığından tekrar bozucu frekanslı ışınla çekirdekler rastgele taban enerji seviyelerine indirilirken minimum enerjili parıldama elde edilir. Bu iki parıldama enerjisi fotoselde bir salınıma neden olur. Bu salınımın frekansı yardımı ile proton presesyon manyetometresinde olduğu gibi yer manyetik alanı total şiddeti ölçülür. Rezonans yönteminin ilkesi Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Burada B'ye dik olarak yerleştirilen elektromanyetik alanın absorpsiyon hücresindeki frekansı, Zeeman seviyesinin rezonansı ortaya çıkacak biçimde ayarlanır. Bu durum foto akımının geriye dönüşü belirlenebilir. Maksimum absorpsiyonun ayarlanmasından sonra manyetik alanın indüksiyonunun değişimlerine kendiliğinden yan bir ayarlama düzeni ile jeneratörün frekansı bulunur. Frekans ölçümü, bir modülasyon işlemiyle de yapılabilmektedir (Militzer; Scheibe, 1981). Ölçme işlemi Proton presesyon manyetometrelerinde yapıldığı gibidir.

Optik pompaj manyetometresi şu özelliklere sahiptir:

- Hızdan etkilenmedikleri için hareketli sistemlerde kullanılabilir,
- Ölçülen manyetik alan şiddeti güvenilir bir doğrulukla belirlenebilir (doğruluk derecesi, proton manyetometresinden düşüktür),
- Aletin duyarlılığı yüksektir. Ölçmeler 0.0025-1 nT duyarlığında bir doğruluk gösterir,
- Çok zayıf alanların ölçümü mümkündür (kozmetik araştırmalarda),
- Ölçme işlemi, Proton manyetometresine göre daha hızlıdır. Özellikle havadan yapılan ölçmelerde nispeten daha etkilidir,
- Proton manyetometresine göre daha pahalıdır.



Şekil 3.6. Rezonans yöntemine göre Optik pompaj manyetometresinin ölçme ilkesi (Schmidt; Auster, 1971).

BÖLÜM 4

4.1. Arazi Ölçümlerinin Yapılması

Jeomanyetik ölçmenin hazırlanması için aletlerin ölçme ayarlarının yapılması, ölçme noktalarının saptanması, amaca uygun profil ve nokta aralıklarının belirlenmesi gerekir.

4.1.1. Kalibrasyon

Tüm manyetometrelerde, aletteki mekanik, manyetik, elektrik veya elektronik parametrelerin olası bir değişimine karşı bir önlem olarak belirli aralıklarda göstergeler kontrol edilmelidir. Buna “Kalibrasyon” veya “Ölçme ayarının kontrol edilmesi” denir.

Çeşitli manyetometreler için şu şekilde yapılabilir:

- Torsiyon manyetometresi- Helmholtz bobini,
- Flux gate manyetometresi- Helmholtz bobini,
- Proton presesyon manyetometresi- Bir frekans normali ile Osilatör frekansı kontrolü,
- Optik Pompaj manyetometresi;
 - Relatif kalibrasyon : Osilatör frekansının kontrolü,
 - Mutlak kalibrasyon : Proton presesyon manyetometresi ile karşılaştırma.

4.1.2. Profil ve Nokta Aralığının Seçimi

Yerden yapılan manyetik ölçmeler ile havadan ve denizden yapılan ölçmelerin büyük bir kısmı profiller (ölçme doğrultuları) üzerinde gerçekleştirilir. Profil aralıkları, ölçme noktaları arasındaki uzaklıktan büyükse, profillerin doğrultusu bozucu kütle doğrultusuna olabildiğince dik olmalıdır.

Profil veya nokta aralıklarının seçiminde, aşağıdaki durum göz önüne alınmalıdır:

- Jeolojik durum, özellikle manyetik komplekslerin yayılması ve derinliği (anomalilerin dalga uzunluğunu etkiler),
- Petromanyetik farklılıklar (anomalilerin genliğini etkiler),
- Ölçülecek olan jeofiziksel parametre,
- Yüzeye çok yakın jeolojik karmaşıklıklar ve yapay bozucular.

Zabarovskij ve Nikitskij (1969)'a göre profil ve istasyonlar arasındaki uzaklık, anomalinin dalga uzunluğunun en fazla yarısı kadar olmalıdır. Bu tür anomalilerin yorumlanabilmesi için, kayıt ağının 4-5 kez sıkıştırılması gerekir. Yer ölçmelerinde çok sayıda anomaliler ölçülüyorsa veya nicel bir yorum öngörülüyorsa, genel olarak ölçme sıklığını ölçme başlangıcında arttırmak daha akılcıdır (Profil ve nokta aralığı, beklenen anomalilerdeki dalga uzunluğuna göre 1/10 oranında küçük veya eşit olmalıdır). Bu durum genel olarak hava ve denizden yapılan manyetik ölçmeler için gereklidir. Rusça ve kısmen İngilizce dilindeki yayınlarda nokta ve profil uzaklıkları cm olarak belirtilmiştir. Tablo 4.1'de Zaborovskij ve Nikitskij (1989) tarafından verilen ve SSCB'deki ölçmelerde kullanılan uzaklıklar görülmektedir.

Tablo 4.1. Manyetik prospeksiyonda istasyon ve profil aralıkları (Zaborovskij ve Nikitskij, 1989).

Ölçek	Profil aralıkları (m)	İstasyon aralıkları (m)
1:2500000	-	-
1:100000	-	-
1:500000	-	-
1:100000	1000	100-200
1:50000	500	50-100
1:25000	250	20-50
1:10000	100	10-40
1:5000	50	5-20
1:1000	10	2-5

4.1.3. Ölçüm Tekniği

Manyetometrelerle yapılan ölçüm işlemleri hemen hemen aynıdır. Ancak burada örnek olarak Proton presesyon manyetometresi esas alınmıştır.

Arazide ölçümler alınmadan önce, oluşturulacak olan haritanın ölçeğine göre profil aralıkları ve ölçü noktası aralıkları belirlenerek bir planlama yapılır. Daha sonra manyetik prospeksiyonda kullanılacak aletin gerekli bakımları yapılarak ölçü almaya hazır hale getirilir. Daha önce bahsedildiği gibi Proton presesyon manyetometresinde ölçü amacına göre seçilebilecek çeşitli modlar vardır. Alet üzerinde bu mod seçimi de yapılarak ve profil ve istasyon bilgileri de aletin Setup'ından girilerek, doğrudan ölçü alma durumuna getirilir. Aletin iki türlü kullanım olanağı vardır. Bunlardan ilki alınan ölçüleri aletin hafızasına kaydetmek, diğeri ise önceden hazırlanan arazi karnelerine yazmaktır. Prospeksiyon amaçlı olarak, proton presesyon manyetometrelerinde genellikle Walkmag toplam alan modu seçilerek ölçü yapılır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Walkmag konfigürasyonu.

Ölçme işlemi sırasıyla aşağıda anlatıldığı gibi yapılır:

1. Sırt üzerine monte edilen sensör manyetik kuzeye yönlendirilir ve profil boyunca sensör üzerindeki N işaretinin doğrultusu sürekli olarak kontrol edilir.
2. İstasyon noktasına gidilir.
3. START tuşuna basılır ve ekranda görülen 5 ölçü değeri karneye yazılır.
4. STOP tuşuna basılır.
5. Her istasyonda 3. ve 4. adımlar tekrarlanır.

Bu arada günlük değişimi tespit etmek için, ölçüler bu şekilde alınırken ikinci bir aletle veya yine aynı aletle baz noktasında belirli zaman aralıklarında ölçü alınır.

4.2. Düzeltmeler

4.2.1. Normal Düzeltme (Enlem-boylam düzeltmesi)

Normal alan düzeltmesi, yer manyetik alanının yerel değişimlerini etkisiz hale getirmeye yarar. Bu durumu matematiksel olarak tanımlamak zordur ve seküler değişimin içindedir. Bu düzeltme işleminin zor olmasının nedeni, anomali ile normal alan sınırının belirlenememesidir. Bunun başka bir nedeni de, gözlemlerinin, normal alanı bir veya birkaç yıllık gecikmelerle belirlemesine dayanır. Bu nedenle değişik global ve bölgesel normal alan durumları gözönüne alınmıştır. Bunlar kullanılan baz noktalarına bağlı olarak farklı derecelerde düzeltme işlemine tabi tutulurlar.

Amaca ve ölçmenin hassasiyetine göre normal alan düzeltmesi için aşağıdaki durumlar gözönüne alınabilir:

- Bir Kuzey-güney gradyentinin dikkate alınması (Orta-Avrupa'da yaklaşık 2.5 nT/km); Yalnızca küçük alanlı ölçmeler için (komşu ölçme bölgelerine bağlantı olmadan) geçerlidir,
- Ölçme değerlerinden, polinimal olarak normal alanın hesaplanması,
- Bölgesel normal alan (bir küresel fonksiyon şeklinde yeryüzüne olanakça eşit oranda dağılmış gözlemleri ağı veya uydu ölçmesi ile oluşturulmuş); geniş bölgesel, kıtasal veya küresel ölçmeler için uygundur.

Manyetik prospeksiyonda daha çok yer manyetik alanının düşey bileşeni Z ölçülmektedir. Z'nin değeri Türkiye için yaklaşık olarak kuzeye doğru 7.5 γ /km artmaktadır.

4.2.2. Günlük Değişim Düzeltmesi

Arazide herhangi bir günde yapılan ölçümlerin o güne ilişkin günlük değişim değerleri baz alınarak düzeltilmesi gerekir. Günlük değişimi saptamak için en fazla kullanılan yöntemler, manyetik gözlemlerinde ve arazide alınan kayıtlar şeklindedir.

Manyetik gözlemlerinde manyetik elemanları sürekli olarak kaydeden aletler vardır. Bu aletlerden kaydedilen manyetogramlardan ölçülerin alındığı güne ilişkin değerler alınarak düzeltme yapılabilir.

Arazide ise baz noktasında belirli zaman aralıklarında alınan ölçü değerlerinin bazdaki ölçüm saatlerinin bir fonksiyonu olarak çizilmesiyle elde edilir. Tek ölçü aletiyle yapılan ölçümlerde baza dönüş süresi uzarsa (2-3 saat), oluşabilecek değişimlerin boyutunun 10 gammadan büyük olması durumunda değişim atlanabileceğinden ölçülerde az da olsa hata yapılmış olur (Akçığ ve Pınar 1994). Eğer ölçü alınan günde manyetik fırtına varsa düzgünleme yapılamaz ve o günkü ölçümler tekrarlanır.

BÖLÜM 5

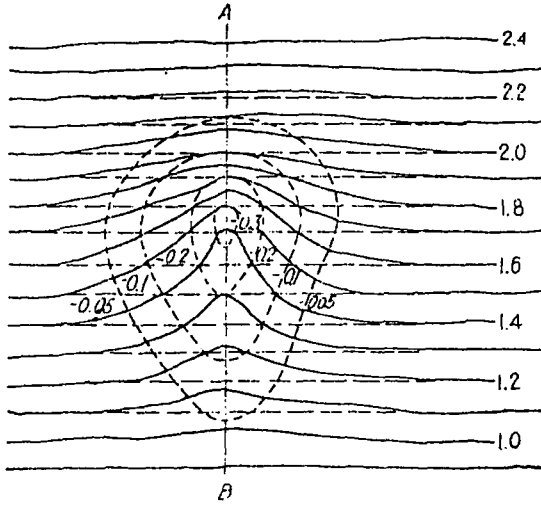
5.1. Yorumlama

Gravite verilerinin yorumunda kullanılan teknikler manyetik verilerin yorumunda da kullanılır. Çünkü her iki yöntem de doğal potansiyel kaynaklıdır ve potansiyel teori kanunları birbirlerine benzer. Bu bölümde rejyonal ve rezidüel ayırım için sayısal teknik olarak ortalama değer yöntemi (daire merkezine ortalama), yukarı ve aşağı analitik uzanım ve düşey türev yöntemleri ele alınmıştır. Bir boyutlu veriler de ise, trend analizi tekniği ve verilerin kutba indirgenmesi konuları yer almaktadır. Bölüm 6'da anlatılacak olan bilgisayar yazılımında bütün bu yöntemler Yorumlama menüsünde gerçekleştirilmektedir.

5.1.1. Anomalilerin Ayrılması

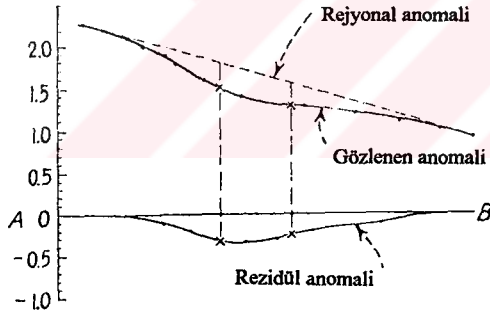
Gözlenen bir anomali içerisinde yeraltında, sığda ve derinde yer alan bütün kaynakların etkileri görülür. Yorumlama için şekil ve derinlikleri birbirinden farklı olan bu kaynakların etkilerinin birbirinden ayrılması gerekir. Derinden gelen ve temel kayacın etkisini gösteren lineer değişimli etkilere "rejyonal etki" adı verilir. Rejyonal etkinin ortadan kaldırılmasıyla geriye kalan ve sığ kaynakların etkisini gösteren etkiye ise "rezidüel etki" denir. Ölçülerin yorumunda bu derin ve sığ etkilerin birbirinden ayrılması gerekir.

Şekil 5.1' de rejyonal ve rezidüel anomaliler bir haritada, Şekil 5.2'de ise bir profil üzerinde gösterilmektedir.



- Gözlenen anomali
- - - - Rejyonel anomali
- Rezidüel anomali

Şekil 5.1. Gözlenen anomaliden rejyonel trendin çıkarılmasıyla rezidüel anomalinin elde edilmesi.



Şekil 5.2. Şekil 5.1'de gösterilen anomaliyi kesen AB profili boyunca rejyonel trendin giderilmesi.

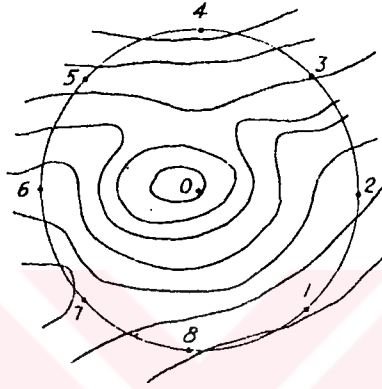
5.1.1.1. Ortalama Değer Yöntemi (Daire merkezine ortalama)

Bu yöntem Griffin yöntemi olarak da bilinir ve gözlenen bir anomaliden rejyonel trendin elde edilmesinde kullanılan en basit bir analitik yaklaşım olarak bilinmektedir. Bu yöntemde göre bir daire üzerindeki anomali değerlerinin ortalaması alınır. Bu değer merkez noktanın rejyonel değerini verir. Anomali değeri ile rejyonel değer farkı ise rezidüel

değeri verecektir. Şekil 5.3'de görüldüğü gibi belirli bir yarıçapta daire seçilerek rejyonal anomali,

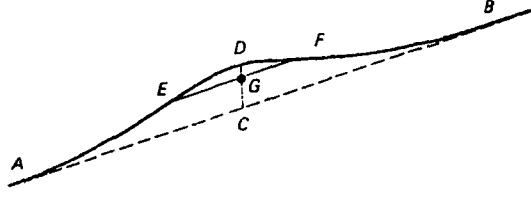
$$\text{Rej} = \frac{g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5 + g_6 + g_7 + g_8}{8} \quad (5.1)$$

bağıntısından bulunur.



Şekil 5.3. Ortalama değer yöntemiyle rejyonal anomalinin hesaplanması.

Burada esas problem uygun çaplı bir dairenin seçilmesidir. Bunun için seçilen dairenin anomaliyi temsil etmesine dikkat edilmelidir. En ideal daire seçiminde anomalinin merkezinden geçen bir profil boyunca elde edilen anomali eğrisinin karakteristiği gözlenebilir (Şekil 5.4). Burada ardarda A ve B olarak gösterilen iki noktanın ortalaması C noktasını verir. C noktası dairenin merkezine karşılık gelir. C merkez noktası ile D gözlenen anomali arasındaki fark, rezidüeli verecektir. Eğer daire anomali çapından daha küçük bir çapa sahip olursa, bu durumda oluşan E ve F gibi iki noktayı kesen profilin orta noktası G olarak verildiğinde, rezidüeli D-G olacaktır. Buradan bunun gerçek rezidüeli göstermeyeceği açık bir şekilde görülecektir. Eğer daire anomalinin çapından daha büyük olursa rezidüel anomali görülmeyecektir.



Şekil 5.4. Bir anomali üzerinde farklı çaplara sahip dairelere göre rezidüellerin elde edilmesi.

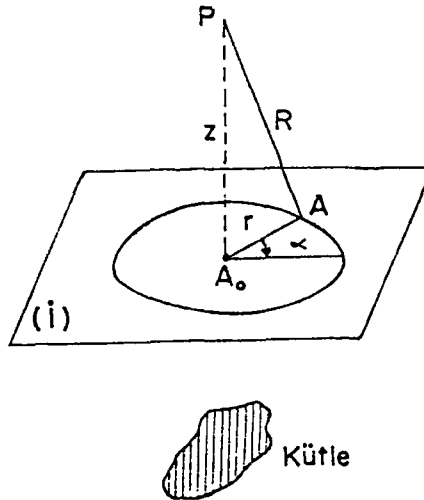
5.1.1.2. Düşey Türev Yöntemleri

Düşey türevler, sığ kütlelerin etkisini derin kütlelerden ayıran bir yöntemdir. Gravite ve Manyetik anomali haritalarının yorumunda yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar.

Düşey türev yöntemlerinde, birinci veya ikinci türev uygulamaları yapılmaktadır. Birinci türevle çok sığ olmayan, ikinci türev de ise çok sığ etkiler ortaya çıkarılır. Genel olarak bir potansiyel alan anomalisine (gravite veya manyetik) neden olan bir kütlelerin (Şekil 5.5) üzerindeki bir düzlemde yer alan A noktasındaki alan değeri, $V(x',y',0)$ ise P noktasındaki birinci düşey türev,

$$V_z(0,0,z) = \frac{1}{2\pi} \iint_{-\infty}^{\infty} \frac{V(x',y',0)z \, dx' \, dy'}{(x'^2 + y'^2 + z^2)^{3/2}} \quad (5.2)$$

olarak verilir.



Şekil. 5.5. Herhangi bir kütle için düşey türevlerinin hesaplanmasındaki şematik gösterim.

Polar koordinatlardaki $x'=r \cos\phi$, $y'=r \sin\phi$ yazılacağından,

$$V_z(0,0,z) = \frac{1}{2\pi} \int_{r=0}^{\infty} \int_{\phi=0}^{2\pi} \frac{V(r, \phi, 0) r dr d\phi}{(r^2 + z^2)^{3/2}} \quad (5.3)$$

Gauss teoremine göre, daire üzerindeki alan değerlerinin ortalaması

$$\bar{V}(r,0) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V(r, \alpha, 0) d\phi \quad (5.4)$$

(5.4) bağıntısında (5.3) de yerine yazıldığında,

$$V_z(0,0,z) = z \int_{r=0}^{\infty} \bar{V}(r) \frac{r dr}{(r^2 + z^2)^{3/2}} \quad (5.5)$$

bulunur.

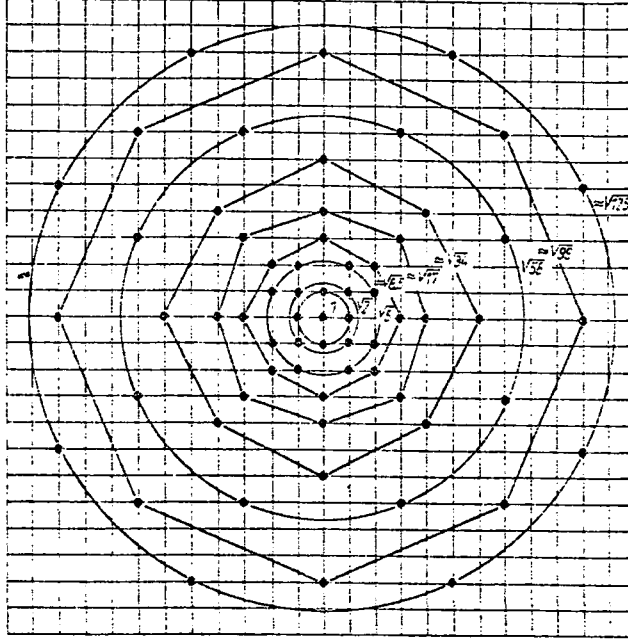
Uygulamada, s bir grid aralığı olmak üzere $r_1=s$, $r_2=s\sqrt{2}$, $r_3=s\sqrt{5}$, olarak verilen r_i yarıçaplı daireler için düşey türev genel olarak,

$$V_z(0,0,z) = \frac{1}{s} \sum_{i=0}^{\infty} A_i \bar{V}(r_i,0) \quad (5.6)$$

eşitliğinden bulunur. İkinci türev ise,

$$V_{zz}(0,0,z) = \frac{1}{s^2} \sum_i B_i \bar{V}_{r_i} \quad (5.7)$$

olarak verilir. Bunun anlamı r_i yarıçaplı daireler (Şekil 5.6) üzerinde düşen değerlerin ortalamalarının ilgili katsayılarla çarpılarak toplanmasıdır. Burada A_i ve B_i ortalama alan değerlerinin çarpılacağı türev katsayılarıdır. Henderson'a göre birinci ve ikinci türev katsayıları Tablo 5.1'de verilmiştir (Erden, 1979).



Şekil 5.6. Yukarı uzanım ve türev hesaplamalarında kullanılan grid ağı.

Tablo 5.1. Henderson'un 1. ve 2. türev katsayıları.

Daire No	r_i	1. Türev k=0 grid yüzeyde $A(r_i, 0)$	2. Türev k=0 grid yüzeyde $B(r_i, 0)$
0	0	1.87282	2.82994
1	S	-1.13625	-2.49489
2	$S\sqrt{2}$	-0.05949	0.05173
3	$S\sqrt{5}$	-0.30210	-0.39446
4	$S\sqrt{8}$	-0.05857	0.00932
5	$S\sqrt{13}$	-0.07597	-0.00732
6	$S\sqrt{25}$	-0.070702	0.00304
7	$S\sqrt{50}$	-0.05758	0.00219
8	$S\sqrt{136}$	-0.03905	0.00040
9	$S\sqrt{274}$	-0.02286	0.00004
10	$S\sqrt{625}$	-0.05020	0.00000

5.1.1.3. Analitik Uzanımlar

Analitik uzanım yöntemleri, yukarı analitik uzanım ve aşağı analitik uzanım olmak üzere iki kısımda incelenir. Yeraltındaki temel kütlelerin etkisini ortaya koymak ve yüzeye yakın sığ etkileri yok edebilmek için “yukarı uzanım”, yeraltındaki kütle hakkında bilgi edinmek için “aşağı uzanım” uygulanır.

Şekil 5.5'deki düzlemden h kadar yukarıdaki potansiyel alan değeri (5.5) nolu bağıntıya benzer şekilde,

$$F_{(h)} = \int_0^{\infty} \bar{F}_{(r)} \frac{h r dr}{(r^2 + h^2)^{3/2}} \quad (5.8)$$

olarak yazılır. Buradan (5.6) eşitliğine benzer şekilde uygulamada kullanılan

$$F_{(h)} = \sum_i K_i \bar{F}_{(r_i)} \quad (5.9)$$

eşitliği yazılır. Burada $\bar{F}_{(r_i)}$, r_i yarıçaplı daire üzerine düşen alan değerlerinin ortalaması, K_i ise yukarı uzanım katsayılarıdır. Yukarı uzanım değerini bulmak için r_i yarıçaplı daire üzerine düşen değerlerin ortalaması ilgili yarıçaplı daireye karşılık gelen katsayılarla çarpılarak toplanır. Aşağı uzanım da aynı şekilde,

$$F_{(-h)} = \sum_i D_i \bar{F}_{(r_i)} \quad (5.10)$$

olarak verilebilir. Burada D_i aşağı uzanım katsayısıdır ve uygulama yukarı uzanımdaki gibi yapılır. Tablo 5.2' de Henderson'a göre ve Tablo 5.3'de ise Peters'e göre 1 ve 2 gridlik yukarı ve aşağı uzanım katsayıları verilmektedir (Erden, 1979).

Tablo 5.2. Yukarı ve aşağı uzanım katsayıları (Henderson).

Daire No	r_i	Yukarı uzanım		Aşağı uzanım	
		h=1 grid $K(r_i,1)$	h=2 grid $K(r_i,2)$	k=1 grid $D(r_i,1)$	k=2 grid $D(r_i,2)$
0	0	0.11193	0.04034	4.8948	16.1087
1	S	0.32193	0.12988	-3.0113	-13.2209
2	$S\sqrt{2}$	0.06062	0.07588	0.0081	0.4027
3	$S\sqrt{5}$	0.15206	0.14559	-0.5604	-1.9459
4	$S\sqrt{8}$	0.05335	0.07651	-0.0376	0.0644
5	$S\sqrt{13}$	0.06586	0.09902	-0.0689	-0.0596
6	$S\sqrt{25}$	0.06650	0.11100	-0.0605	-0.0522
7	$S\sqrt{50}$	0.05635	0.10351	-0.0534	-0.0828
8	$S\sqrt{136}$	0.03855	0.07379	-0.0380	-0.0703
9	$S\sqrt{274}$	0.02273	0.04464	-0.0227	-0.0443
10	$S\sqrt{625}$	0.03015	0.05998	-0.0302	-0.0600

Tablo 5.3. Yukarı ve aşağı uzanım katsayıları (Peters).

Daire No	r_i	Yukarı uzanım		Aşağı uzanım	
		h=1 grid $K(r_i,1)$	h=2 grid $K(r_i,2)$	k=1 grid $D(r_i,1)$	k=2 grid $D(r_i,2)$
0	0	0.1464	0.0528	0.3969	0.4197
1	S	0.2113	0.0918	0.3026	0.3532
2	$S\sqrt{2}$	0.1494	0.1139	0.3356	0.5460
3	$S\sqrt{5}$	0.1264	0.1153	0.2749	0.4071
4	$S\sqrt{8.5}$	0.0862	0.1151	0.2234	0.2668
5	$S\sqrt{17}$	0.0778	0.1207	0.0356	-0.0442
6	$S\sqrt{34}$	0.0528	0.0902	-0.2194	-0.3762
7	$S\sqrt{58}$	0.0346	0.0637	-0.3413	-0.6236
8	$S\sqrt{99}$	0.0206	0.0400	0.1248	0.3130
9	$S\sqrt{125}$	0.0949	0.1965	-0.1331	-0.1395

5.1.1.4. Bir Boyutlu Trend Analizi (Enküçük Kareler Yöntemi)

Bu yöntemde rejyonel alan n. dereceden bir polinomla gösterilir. Bu polinom,

$$F_R = \sum_{i=0}^n a_i x^i \quad (5.11)$$

şeklindedir (n veri sayısı).

Birinci dereceden bir polinom için $F_R = a_0 + a_1 x$, ikinci dereceden bir polinom için $F_R = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$ ve üçüncü dereceden bir polinom için $F_R = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3$ olacaktır. Birinci dereceden bir trend için a_0 ve a_1 katsayıları,

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n & \sum_i x_i \\ \sum_i x_i & \sum_i x_i^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_i F_i \\ \sum_i x_i F_i \end{bmatrix} \quad i=1,2,3,\dots,n \quad (5.12)$$

eşitliğinden bulunur. İkinci ve üçüncü dereceden trend için gerekli katsayılar ise sırasıyla,

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n & \sum x_i & \sum x_i^2 \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum F_i \\ \sum x_i F_i \\ \sum x_i^2 F_i \end{bmatrix} \quad (5.13)$$

ve

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n & \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 & \sum x_i^5 \\ \sum x_i^3 & \sum x_i^4 & \sum x_i^5 & \sum x_i^6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum F_i \\ \sum x_i F_i \\ \sum x_i^2 F_i \\ \sum x_i^3 F_i \end{bmatrix} \quad (5.14)$$

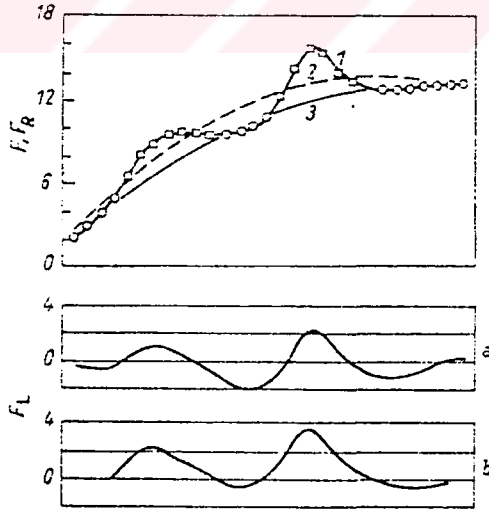
eşitliklerinden hesaplanır. (5.12), (5.13) ve (5.14) eşitlikleri matris motasyonunda,

$$A x = B \quad (5.15)$$

olarak verilebilir. Bu durumda aranan katsayı matrisi

$$A = x^{-1} B \quad (5.16)$$

eşitliğinden hesaplanabilir. Şekil 5.7'de gözlenen bir anomaliden (F) elde edilen trend eğrileri (F_R) ve rezidüeller (F_L) görülmektedir.



Şekil 5.7. Trend analiziyle (enküçük kareler yöntemi) rejyonel ve rezidüellerin belirlenmesi (Skeels 1967)

1-Gözlenen (F) 2- İkinci dereceden trend (F_R) 3- Üçüncü dereceden trend(F_R)
a-İkinci dereceden trend için, b- Üçüncü dereceden trend için bulunan rezidüel.

5.1.1.5. Kutba İndirgeme

Bir manyetik anomalinin şekil ve genliği bozucu kütlenin geometrik parametrelerinden başka manyetik alan vektörünün şiddetine ve doğrultusuna bağlı olarak da değişir. Manyetik alan vektörünün yatayla yaptığı açı I (inklinasyon), 90°'den farklıysa anomali ile model arasında bir konum kayması oluşur. Diğer bir deyişle, manyetik anomali model yapıya tam olarak odaklanamaz. Yorumlamada kolaylık sağlaması açısından I≠90° durumunda gözlenen anomalilerin I=90° durumunda nasıl bir karakter alacağını araştırılması kutba indirgemenin konusunu teşkil eder. Kutba indirgemenin temeli Poisson bağıntısına dayanır. Poisson bağıntısı manyetik potansiyel U ile gravite potansiyeli V arasındaki ilişkiyi tanımlar:

$$\Delta T = \mu_0 \frac{\partial U}{\partial s} = \frac{\mu_0 m}{4\pi f\rho} \cdot \frac{\partial^2 V}{\partial t \partial s} \quad (5.17)$$

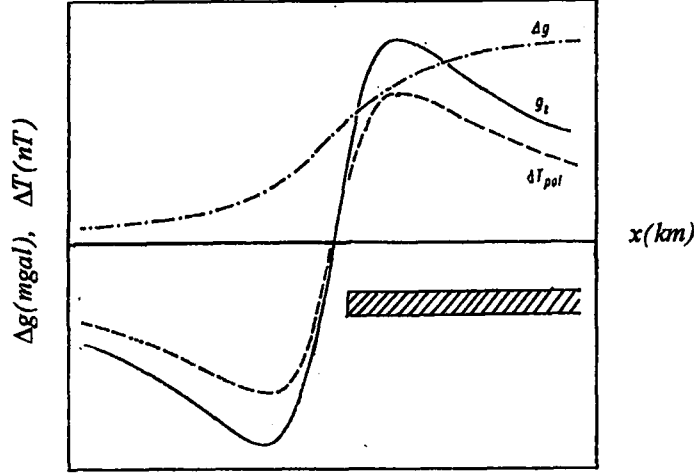
Burada ∂t : manyetik alan vektörü doğrultusundaki türev, ∂s : manyetizasyon vektörü doğrultusundaki türevdir.

Genel anlamda (5.17) bağıntısında s ve t doğrultusundaki türevler düşey yönde yani z'ye göre alındığında kutba indirgenmiş alan (ΔT_{Pol}) elde edilebilir.

$$\Delta T_{Pol} = \frac{\mu_0 m}{4\pi f\rho} g_z \quad (5.18)$$

Baranov (1975) bir manyetik anomali haritasından kutba indirgenmiş anomali haritasının elde edilmesi için çeşitli katsayılar geliştirmiştir. Seiberl (1979) ise, Fourier dönüşüm tekniğini kullanmıştır.

Şekil 5.8'de düşey bir basamak modeli için (5.18) bağıntısına uygun olarak çizilmiş anomalinin eğrileri görülmektedir.



Şekil 5.8. Düşey bir basamak modelinin, Δg , Δg_z , ΔT_{pol} anomalileri arasındaki ilişki.

ΔT 'nin Fourier spektrumu,

$$S^T_{(m)} = \sum_{k=0}^{N-1} \Delta T(k) \exp\left(\frac{2\pi km}{N}\right), \quad m=0,1,2,3,\dots,N-1 \quad (5.19)$$

olarak verilir. Buradan ΔT_{pol} anomalisi,

$$\Delta T_{Pol}(k) = \frac{1}{N^2} \sum_{m=0}^{N-1} S^T_{Pol}(m) \cdot \exp\left(\frac{2\pi km}{N}\right) \quad (5.20)$$

eşitliği ile verilir. Bu eşitlikte yer alan S^T_{Pol} terimi,

$$S^T_{Pol}(m) = S^T_{(m)} \frac{m^2}{(ma_0 i + mc_0) + (ma_m i + mc_m)} \quad (5.21)$$

olarak tanımlanır. Burada,

$$\begin{aligned}
a_0 &= \text{Cos}I_0 \text{Cos}D_0 \\
c_0 &= \text{Sin}I_0 \\
a_m &= \text{Cos}I_m \text{Cos}D_m \\
c_m &= \text{Sin}I_m
\end{aligned}
\tag{5.22}$$

olarak verilir. I_0 ve D_0 yer manyetik alanı inklinasyon ve deklinasyonu, I_m ve D_m normal inklinasyonun inklinasyon ve deklinasyonudur.

5.1.1.6. Kayan Ortalama

Gözlemsel verileri yuvarlatmada ilkel yöntem, verilerin bir çizimini hazırlayıp gözlem değerlerinden geçen yaklaşık bir eğriyi elde etmektir. Gözlemsel verilerin çizimi doğruya yakın veya yalın bir geometrik dağılım içeriyorsa bu bazen yeterlidir.

Elle yuvarlatma hatalar içereceğinden matematiksel yuvarlatma işlemlerini kullanmak her zaman daha doğru olacağı gibi yapılan işlemin veriye etkisini de tam olarak gösterir. En kolay yuvarlatma işlemi kayan ortalama yöntemidir. Bu yöntem uygulanırken gözlemler eşit aralıklı olmalıdır.

x_i gözlemlerinin yuvarlatılmış değeri \bar{x}_i ise,

$$\bar{x}_i = \frac{1}{2m+1} \sum_{i=0}^{2m} x_{i-m}
\tag{5.23}$$

bağıntısı ile verilir. Bu,

$$\bar{x}_i = \frac{1}{\ell} \sum_{j=i-k}^{i+k} x_j, \quad i = 0, 1, 2, \dots, n
\tag{5.24}$$

şeklinde de yazılabilir. Burada $k = (\ell-1)/2$ dir. Verilerin boyu $n+1$ ve $\ell=2m+1$ yuvarlatma aralığının boyu, yani yuvarlatma operatörünün boyudur. Görüldüğü gibi, yuvarlatma değeri saptanan konumu merkez alan işlemlerdir. m ' nin tek veya çift

tamsayı olmasına göre yuvarlatılan değerin konumu değişmektedir. Eğer m tek sayı ise yuvarlatılan değerlerin konumları gerçek gözlem konumları ile çakışır. m nin çift olması durumunda, yuvarlatılan değerler gözlemsel değerlerin konumlarının orta noktalarına karşılık gelir. Yuvarlatma işleminde ℓ sayıda gözlem kullanıldığından, gözlemsel verinin başlangıcında ve sonunda $(\ell-1)/2$ gözlem için yuvarlatma işlemi gerçekleştirilemez. Örneğin $\ell=7$ ise başlangıçta ve sonunda 3'er gözlem için bir yuvarlak değer hesaplanamaz. Dördüncü noktanın yuvarlatılmış değeri,

$$\bar{x}_0 = \frac{1}{7}(x_1 + x_2 + \dots + x_7) \quad (5.25)$$

dir. Yuvarlatma işlemini sürdürerek yuvarlatılan ikinci gözlem (verilerin beşinci gözlemi),

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{7}(x_2 + x_3 + \dots + x_8) \quad (5.26)$$

olur. Görüldüğü gibi $x_2 + x_3 + \dots + x_7$ toplamı bir önceki işlemde yani (5.25) de hesaplanmıştır. (5.25)'de toplama giren ilk değeri (yani x_1) çıkartılıp x_8 eklenirse (5.26) bağıntısındaki toplam hesaplanmış olur. Bu işlemi sürdürerek bütün veri için, yuvarlatma operatörünün boyu ne olursa olsun, ilk uygulamadan sonra sadece bir çıkarma, bir toplam ve bir bölme ile kayan ortalama uygulanır.

Yuvarlatmadan sonra kaba verinin çabuk değişimleri yuvarlatılmış ve varyansı küçülmüştür. Bu azalma yuvarlatma operatörünün boyu (ℓ) ile doğru orantılıdır.

BÖLÜM 6

6.1. Programlama Tekniği

Jeofizik Prospeksiyon çalışmalarının amacı, genel olarak üç kısımda incelenebilir. Bunlar; arazide ölçme işlemleri (verilerin elde edilmesi;kompilasyon), ölçülen verilerin yoruma hazırlanması ve yorumlamadır.

Bu işlemlerin bugünkü gelişmiş bilgisayar teknolojisiyle hızlı ve güvenilir bir şekilde yapılması mümkündür. Bu çalışmada sözkonusu işlemlerin tek bir program içerisinde bir bütün olarak gerçekleştirilmesi esas alınmıştır. Özellikle kullanıcıya görsel anlamda avantajlar sunarak, kullanılması amaç edinilmiştir. Bu amaçla, Windows 3.1 grafik ara birimi ve Windows'95 gibi işletim sistemlerinde kullanılacak bir yazılım oluşturulmuştur. Bu yazılım, FoxPro2.6 for Windows programlama diliyle yazılmıştır. FoxPro2.6 for Windows programlama dili, programlama tekniği olarak önemli avantajlar sunması açısından dikkat çekicidir. Bunlar, özellikle nesnel bağlantı veya OLE (Object Linking Embaded) desteği sağlaması ve her türlü ortamda erişim sağlanabilecek DBF (Data Base File; Veri Tabanı Dosyası) uzantılı dosyalarla çalışmasıdır. DBF uzantılı dosyalar, bir hücre sistemine dayanmaktadır. Bu sistem içerisinde güncellemeler indeks anahtarları yardımıyla kolayca yapılabilmektedir. Böylece, çoklu dosyaların kullanıldığı durumlarda bir dosyada yapılan herhangi bir değişiklik diğer dosyalara da aynı şekilde yansır. Örneğin günlük değişimleri istasyon okumaları değerlerinden arındırmak için, ilgili istasyona ait zaman değerleri günlük değişim grafiğinde bulunmakta ve düzeltme işlemi otomatik olarak yapılmaktadır. Bu bağlantılı (linking) işlem, “travers no” ya bir indeks anahtarı verilmek suretiyle gerçekleştirilmektedir. Burada istasyon okumaları ve günlük değişimler ile günlük değişimden arındırılmış istasyon değerlerinin tümü birer DBF uzantılı dosyalardır.

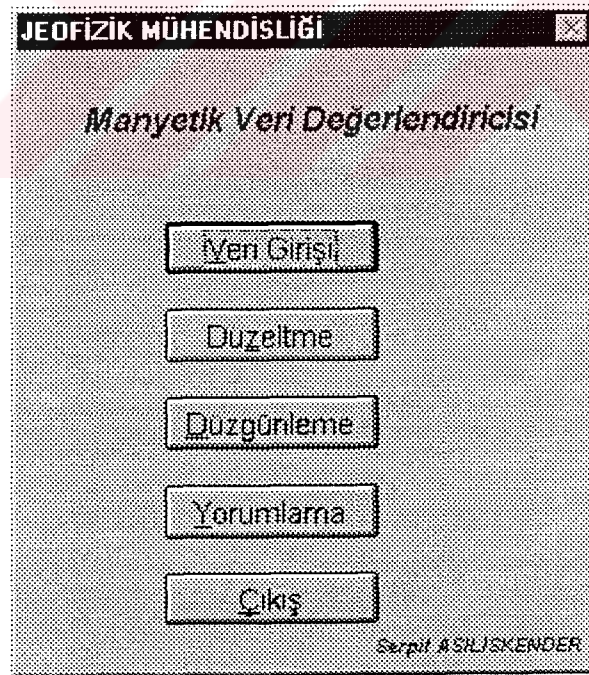
FoxPro'nun en önemli özelliklerinden birisi de, Windows ortamındaki pencereler kolayca oluşturabilmesidir. Bu durum bir menü sistemi içerisinde butonlarla görsel ve işlevsel olarak yapılabildiğinden rahat bir çalışma ortamının elde edilmesini sağlamaktadır.

6.2. Menüler

Bir Manyetik Prospeksiyon etüdü sonucunda elde edilen verilere uygun olan düzeltme (günlük değişim, normal düzeltme), düzgünleme (kayan ortalama) ve yorumlama işlemleri, pencereler içerisinde buton menüleri oluşturularak yapılmıştır.

6.2.1. Manyetik Veri Değerlendiricisi Menüsü

MANPROS.EXE program dosyası çalıştırıldığında ilk karşılaşılan ekran Manyetik Veri Değerlendiricisi ekranıdır (Şekil 6.1). Bu ekran programın ana menüsünü temsil eder.



Şekil 6.1. Manyetik veri değerlendiricisi ekranı.

6.2.1.1. Veri Giriş Menüsü

Veri giriş ekranında (Şekil 6.2) istasyon ve baz noktasına ait okuma değerleri girilmektedir. İstasyon okumaları ekranında (Şekil 6.3) Travers ismi, istasyon aralıkları, istasyonların profilden sapma mesafeleri, okuma zamanları, okuma değeri ve ölçü doğrultusu ile bu doğrultudan sapma yönleri “Kayıt” seçeneği ile girilmektedir. “Güncelleme” seçeneği ile kaydedilen bilgi üzerinde değişiklikler yapılabilmektedir. “Sil” seçeneği ile istenen traverse ait tüm bilgiler silinebildiği gibi, traverse ait herhangi bir bilgi de silinebilmektedir. “Liste” seçeneği ile tüm kayıt bilgileri listelenebilmektedir.



Şekil 6.2. Veri girişi ekranı.

Baz okumaları giriş ekranında (Şekil 6.4) günlük değişimi belirlemek amacıyla bazda alınan okuma değerlerinin kaydı yapılabilmektedir. Burada baz verilerine ait güncelleme, silme, listeleme gibi işlemlerde gerçekleştirilebilmektedir.

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

Arazi Okumaları Giriş Ekranı

Travers 5

Baş Nok. Olan Uzaklık (m)

Profilden Sapma Mesafesi

Okuma Saati/Dakikası :

Okuma Değeri

Okuma Yönü

KUZEY	↓
GÜNEY	↓
DOĞU	↓
BATI	↓

Profilden sap. yön

YOK	↓
KUZEY	↓
GÜNEY	↓
DOĞU	↓
BATI	↓

Şekil. 6.3. Arazi okumaları giriş ekranı.

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

Baz Okumaları Giriş Ekranı

Baz Saati/Dakikası :

Baz Okuması

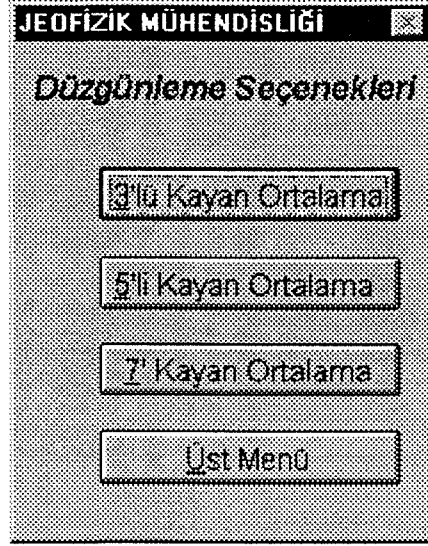
Şekil 6.4. Baz okumaları giriş ekranı.

6.2.1.2. Düzeltme Menüsü

Düzeltme hesap ekranında (Şekil 6.5) günlük değişim ve gerekliyse normal düzeltme yapılabilir. Burada “hesap” seçeneği ile günlük değişim düzeltmesi ve normal değişim düzeltmesi yapılacak olan istasyona ait travers numarası girilerek gerekli düzeltmeler otomatik olarak yapılmaktadır. “Liste” seçeneği ile (Şekil 6.6) da görüldüğü gibi düzeltilmesi yapılmış değerler listelenmektedir.



Şekil 6.5. Düzeltme hesap ekranı (ilgili travers no girildiğinde o traverse ait düzeltmeler yapılır).



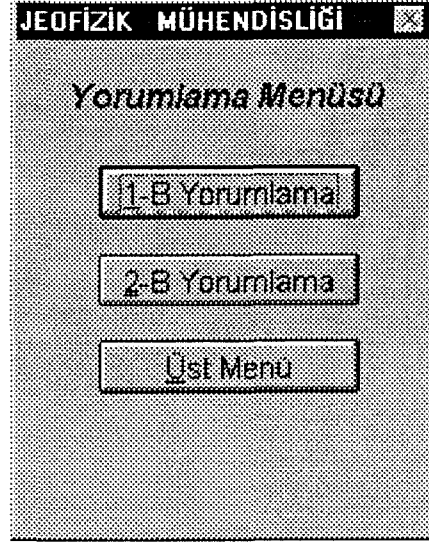
Şekil 6.8. Kayan ortalama için düZgünleme seçenekleri ekranı.



Şekil 6.9. Kayan ortalama ile düZgünlenmiş anomalilerin gösterilmesini sağlayan ekran.

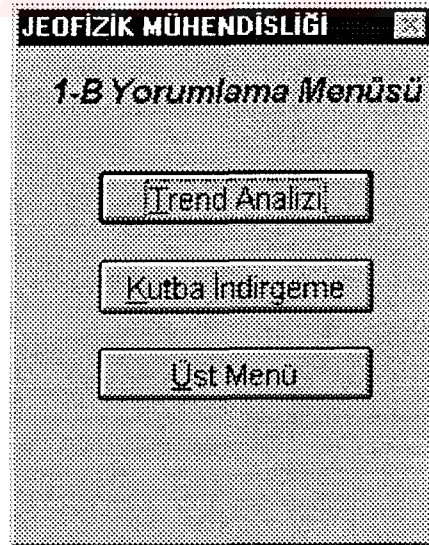
6.2.1.4. Yorumlama Menüsü

Şekil 6.10'da görülen yorumlama menüsü bir boyutlu ve iki boyutlu olarak iki farklı seçenekle ele alınmıştır.



Şekil 6.10. Yorumlama menüsü ekranı.

Bir boyutlu yorumlamada Trend Analizi ve Kutba İndirgeme seçenekleri bulunmaktadır (Şekil 6.11). Trend analizi seçeneğinde, harita dosyası ve veri sayısı bilgileri verilerek (Şekil 6.12), birinci, ikinci ve üçüncü dereceden trend hesaplamaları (Şekil 6.13) yapılabilmektedir. Örnek bir veri için birinci dereceden trend seçeneğinin seçilmesiyle elde edilen sistem ve bunun katsayıları Şekil 6.14'de görülmektedir. Trend değerleri ise bir çıktı dosyasına atanmaktadır.



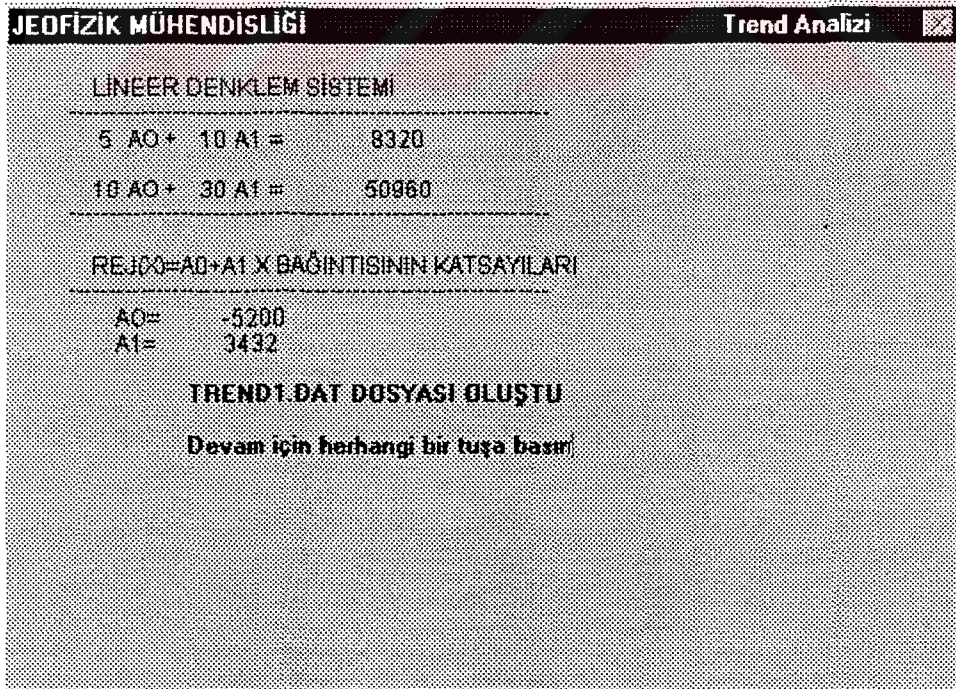
Şekil 6.11. Bir boyutlu yorumlama menüsü ekranı



Şekil 6.12. Bir boyutlu yorumlamada kullanılacak dosya ismi ve veri sayısının girildiği ekran.



Şekil 6.13. Trend analizi derecesinin seçildiği ekran.



Şekil 6.14. Örnek bir veri için birinci dereceden trend analiziyle elde edilen bağıntılar sistemi ve sistemin çözülen katsayıları.

Kutba indirgeme seçeneğinde manyetik alan parametreleri girilerek (Şekil 6.15) orjinal verinin kutba indirgeme işlemi yapılmaktadır. Burada kutba indirgenecek veriler ya ekrandan ya da bir dosyadan okutulmaktadır Bu menüde kutba indirgenen verilerin yukarı uzanımı ve ikinci düşey türevi de hesaplanabilmektedir (Şekil 6.16).

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ **Kutba İndirgeme**

VERİNİZİN AIT OLDUĞU YÖREDEKİ YER MANYETİK ALANININ

SAPMA AÇISI

DALIM AÇISI

PROFİL İLE CÖĞ KUZEY ARA. AÇI

KALINTI MIKNATISLANMA VAR MI? (E/H)

Şekil 6.15. Kutba indirgenecek veriye ait alan parametrelerinin girilmesi.

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ **Kutba İndirgeme**

VERİLERİ ÖLÇÜLEN DÜZLEMDEN BAŞKA BİR DÜZLEME TAŞIMAK MÜMKÜNDÜR TAŞINACAK DÜZLEMİN ÖLÇÜ DÜZLEMİNDEN YÜKSEKLİĞİ (birim aralığı?)

ÇIKTI VERİSİNİN İKİNCİ DÜŞEY TÜREVİNİ DE HESAPLAMAK MÜMKÜNDÜR İKİNCİ DÜŞEY TÜREVİN HESAPLANMASINI İSTİYORMUSUNUZ (E/H)

-5	10.18988039036240000
-6	8.559943774751797000
-10	8.080747295221959000
-2	-2.033840144186055000
0	-2.688098619376326000
7	-11.837940879545290000
11	-10.982248423772950000
10	-8.961250923722119000
6	-2.490811936878367000
5	-1.413030763447537000

KUTUP.DAT DOSYASI OLUŞTU

Menü için herhangi bir tuşa basın

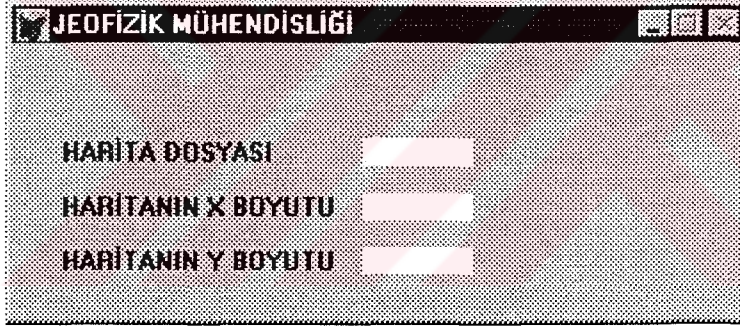
Şekil 6.16. Orjinal veri ve kutba indirgenmiş veri (kutba indirgenmiş veri bir dosya içine atanmaktadır).

İki boyutlu yorumlamada rejyonel ve rezidüel anomalilerin ayırımı, düşey türev ve analitik uzanım yöntemlerine ait seçenekler yer almaktadır (Şekil 6.17). Burada hangi

seçenek seçilirse seçilsin Şekil 6.18'deki gibi dosya ismi ve haritanın X ve Y boyutlarının girileceği bir ekranla karşılaşmaktadır.



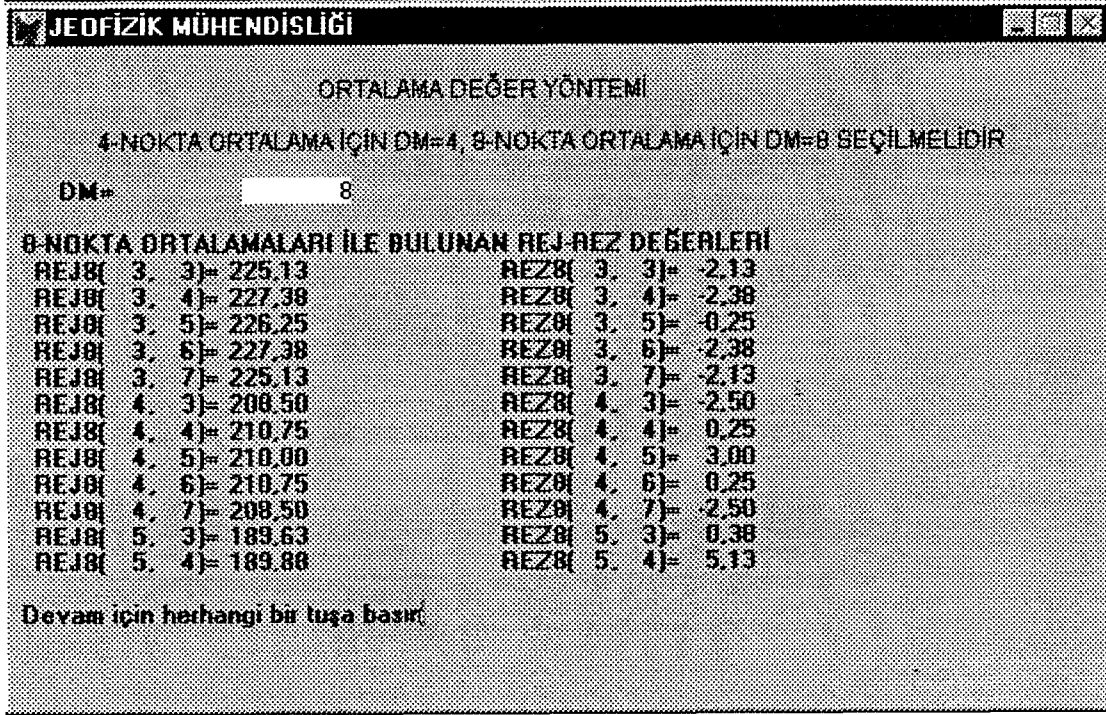
Şekil 6.17. İki boyutlu yorumlama menüsü ekranı.



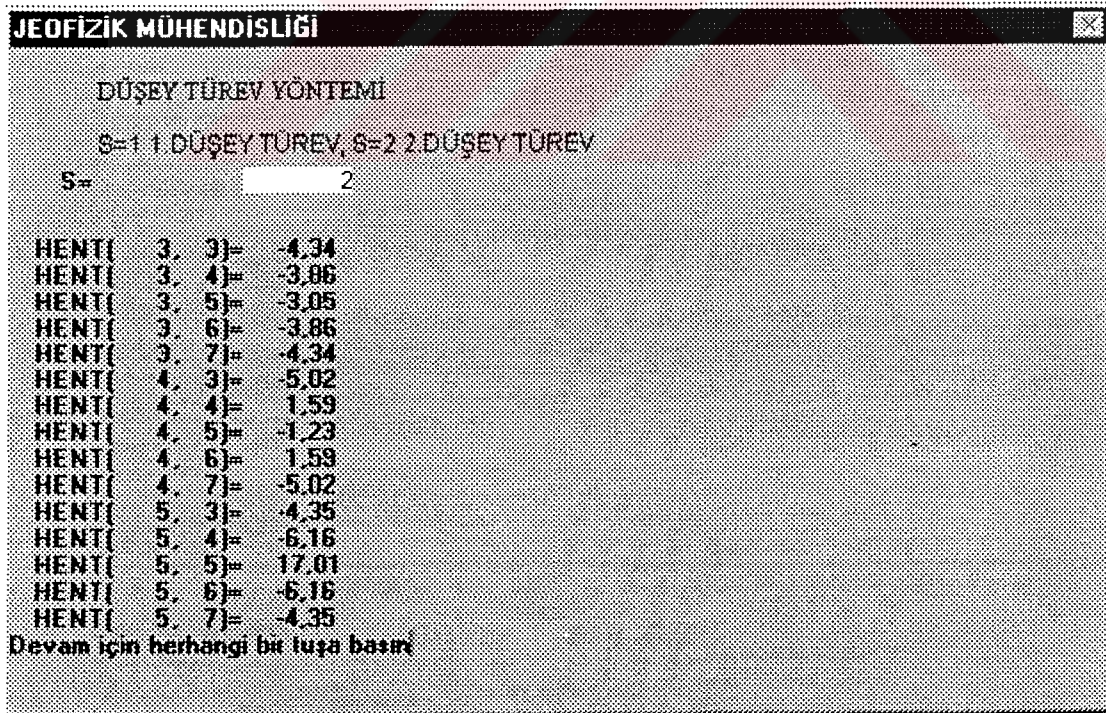
Şekil 6.18. İki boyutlu yorumlamada kullanılacak dosya ismi ve harita boyutlarının girildiği ekran.

Rejyonel-Rezidüel ayırımı seçeneği ile ortalama değer yönteminde kullanılan bir daire seçilerek rejyonel ve rezidüel anomali değerleri hesaplanmakta ve bir çıkış dosyasına yazdırılmaktadır (Şekil 6.19).

Düşey Türev seçeneğiyle ise Henderson'un katsayılarına göre birinci ve ikinci düşey türevler hesaplanmakta ve yine bir çıkış dosyasına yazdırılmaktadır (Şekil 6.20).

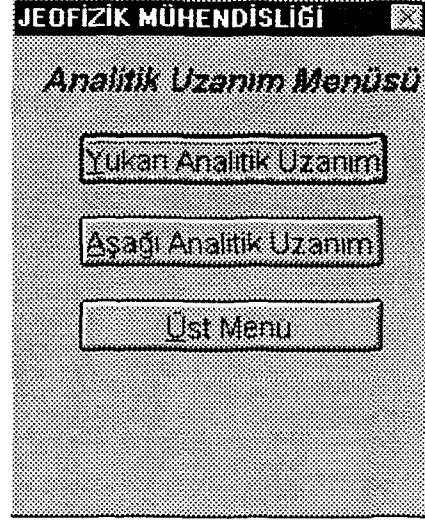


Şekil 6.19. Örnek bir harita için seçilen bir yançıpa göre ortalama değer yöntemiyle bulunan rejyonal ve rüzidüellerin görüntüsü.



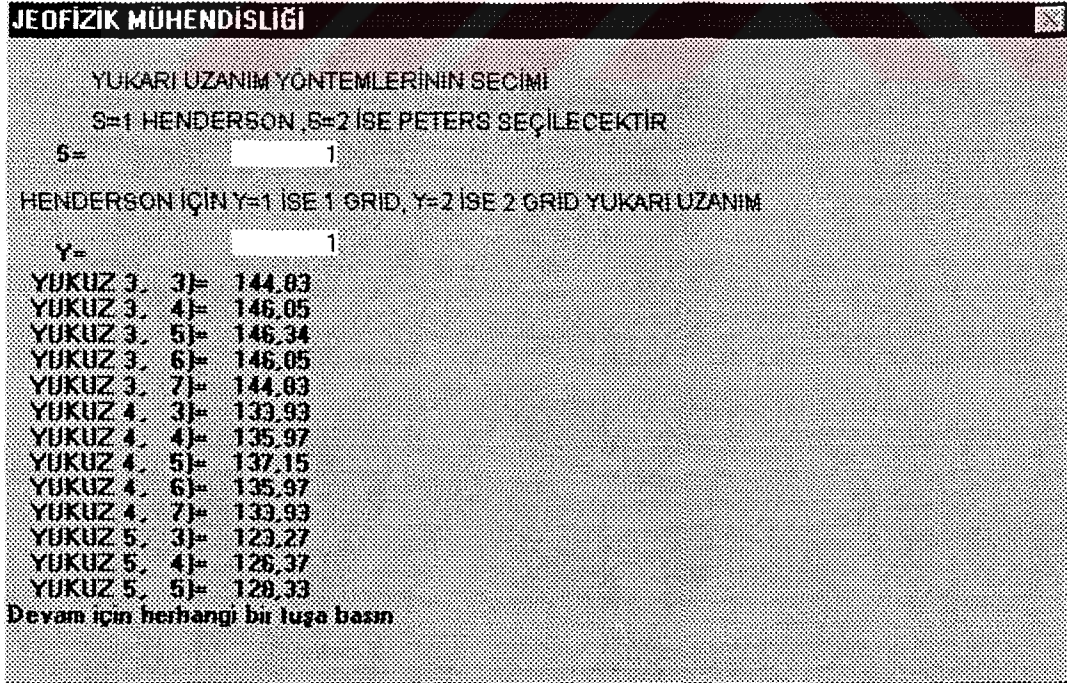
Şekil 6.20. Örnek bir harita için Henderson katsayılarına göre hesaplanan düşey türevlerin görüntüsü.

Analitik Uzanım seçeneği ile yukarı veya aşağı analitik uzanımların hesaplanacağı bir menü elde edilmektedir (Şekil 6.21).



Şekil 6.21. Analitik uzanım menü ekranı.

Şekil 6.22'de yukarı uzanım seçeneği ile elde edilen bir ekran görüntüsü gösterilmektedir. Burada Henderson ve Peters yöntemleri ile hesaplanan yukarı uzanım değerleri için bir çıkış dosyası oluşturulmaktadır. Aşağı uzanım seçeneğiyle de Şekil 6.22'ye benzer şekilde bir ekran görüntüsü elde edilmektedir (Şekil 6.23).



Şekil 6.22. Örnek bir veri için hesaplanan yukarı uzanım değerlerinin görüntüsü.

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

AŞAĞI UZANIM YÖNTEMLERİNİN SECİMİ

S=1 HENDERSON, S=2 İSE PETERS SEÇİLECEKTİR

S=

HENDERSON İÇİN Y=1 İSE 1 GRID, Y=2 İSE 2 GRID AŞAĞI UZANIM

Y=

ASUZ[3, 3]= 293.42
ASUZ[3, 4]= 296.69
ASUZ[3, 5]= 299.20
ASUZ[3, 6]= 296.69
ASUZ[3, 7]= 293.42
ASUZ[4, 3]= 269.02
ASUZ[4, 4]= 204.78
ASUZ[4, 5]= 204.44
ASUZ[4, 6]= 204.78
ASUZ[4, 7]= 269.82
ASUZ[5, 3]= 249.38
ASUZ[5, 4]= 254.20
ASUZ[5, 5]= 296.82

Devam için herhangi bir tuşa basın

Şekil 6.23. Örnek bir veri için hesaplanan aşağı uzanım değerlerinin görüntüsü.

SONUÇ

Manyetik prospeksiyon ölçülerinin değerlendirilmesinde geliştirilen bir yazılım bir çok açıdan kolaylık sağlamaktadır. Yazılım her kullanıcının kolayca kullanabileceği şekilde tasarlanmıştır. Özellikle Windows ortamının görsel ve işlevsel olarak kullanıcıya sunduğu avantajlar bu yazılımda yer almaktadır.

Çıkış verilerinin grafik çizimlerinde FoxPro programı çeşitli seçenekler sunar. Kullanıcı bu seçenekler yardımıyla istediği tarzda bir çizim yapabilir. Ancak harita verilerinin çiziminde FoxPro bir çizim desteği sunmamaktadır. Bu nedenle çıkış dosyaları biçiminde elde edilen veriler bu yazılımda Surfer for Windows yardımcı yazılımı ile çizime hazırlanmıştır.

Programın bir boyutlu ve iki boyutlu yorumlama menülerinde yer alan konular, gravite yöntemi için de geçerli olduğundan kutba indirgeme seçeneği dışında gravite verilerine de uygulanabilir.

KAYNAKLAR

- 1- ALPMEN, M., ORUÇ, B., 1992. Uygulamalı Jeofiziğin Manyetik Prospeksiyon Yöntemleri (Ders Notu), Yıldız Üniversitesi Kocaeli Müh. Fak.
- 2- BARANOV, W., 1975. Potential Field and Their Transformations in Applied Geophysisc. Gebr. Borntraeger, Berlin/ Stuttgart, 121 S.
- 3- CHAPMAN, S., BARTLES, J., 1940. Geomagnetism, Vol. I, Geomagnetic and Related Phenomena Vol, II, Analysis of The Data, and Physical Theries. Oxford University Press, London , 1049 S.
- 4- ERDEN, F., 1979. Uygulamalı Gravite, MTA yayınları Eğitim serisi No 21.
- 5- ERGİN, K., 1981. Uygulamalı Jeofizik, İTÜ Kütüphanesi, 1189 S.
- 6- JANOVSKIJ, B.M., 1964. Zemnoj Magnetizm, T.I. Izd. LGU, Leningrad 551 S.
- 7- MILITZER, H., SCHEILBE, R., 1984. Angewandte Geophysik; Bd-1, Berlin, 127- 189 S.
- 8- ONDOH, T., MAEDA, H., 1962. Geomagnetic Strom Correlation Between the Northern and Southrn Hemisphere. J. Geomagn. Geoelectro. Kyoto 14 22-32 S.
- 9- PINAR, R., AKÇIĞ, Z., 1994. Gravite ve Manyetik Arama Yöntemleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, No:249, İzmir.
- 10-SCHMIDT, H.,AUSTER,V., 1971. Neure Mabmethoden der Geomagnetic, Enzyklopadie d. Pysik, Bd 49/3 (Geophysik III/3). Soringer-Verlag, Berlin/Heidelberg, New York, 323-383 S.
- 11-SEIBERL, W., 1979. Die Transformation Von Schwere-und Magnetfelden in den Ostalpen. Sitzungsberichte Österreichische Akademie der Wissenschaften, Math-Nat. Klasse, Wien, Abt. II, 1-3, 69-138 S.
- 12-SKEELS, D. C., 1967. What is Residual Gravity? Geophysics, Tulsa 32, 872-876 S.

- 13-TELFORD, W.M., GELDAERT, L.P., SHERIFF, R.E., KEYS, D.A., 1976. Applied geophysics. Cambridge University Press, Cambridge/London/New York/Melbourne , 860 S.
- 14-VESTINE, E.H., LANGE, L., SCOTT, W.E., 1947. The Geomagnetic Field, Its Description and Analysis. Carnegie Institution Washington, Publ., Vol. 580 , 390 S.
- 15- ZABOROVSKIJ, A. I., NIKITISKIJ, V. W., 1969. Spravoenic Goe Moskau , 399 S.



ÖZGEÇMİŞ

1971 yılında İzmit'te doğdu. İlk ve orta öğrenimini Trabzon'da Lise öğrenimini İzmit'te tamamladı. 1993 yılında Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 1994-1996 yıllar arasında özel bir bilgisayar dersanesinde Bilgisayar Öğretmenliği yaptı.1996 yılından beri Kocaeli Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi'nde Uzman olarak çalışmaktadır.

