

JEOFİZİK

CİLT 7, SAYI 1 / MART 1993

VOL. 7, NO. 1 / MARCH 1993

**İş İstasyonlarına Veri Aktarımı İçin Sismik Kesitlerden
Sayısal Bilgi Kazanımı**
Nicholas BLAKE ve Charlie HEWLETT

**Global Konumlama Sistemi (GPS) ile Kuzey Anadolu
Fay Kuşağında Yerkabuğu Hareketlerinin Belirlenmesi**
*M. Emin AYHAN, İbrahim KINIK, Coşkun DEMİR
ve Muzaffer KAHVECİ*

**Gravite Yönteminde Monte Carlo Algoritması ile
Model Parametrelerinin Hesaplanması**
Davut AYDOĞAN

**Manyetik Anomaliye Neden Olan Bir Yapının
Mıknatıslanma Yönünün Bulunması İçin
Yeni Bir Yöntem**
Abdullah ATEŞ

**Digital Information Recovery from Paper Seismic
Sections for Work Station Loading**
Nicholas BLAKE and Charlie HEWLETT

**Determination of Crustal Movements along the North
Anatolian Fault Zone with Global Positioning System**
*M. Emin AYHAN, İbrahim KINIK, Coşkun DEMİR
and Muzaffer KAHVECİ*

**Computation of Gravimetric Model Parameters
by Monte Carlo Method**
Davut AYDOĞAN

**A New Method for Estimating the Direction
of a Body Causing
a Magnetic Anomaly**
Abdullah ATEŞ



**TMMOB JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI
THE CHAMBER OF GEOPHYSICAL ENGINEERS OF TÜRKİYE**

The future is here today.



VISION
THE TOTAL SYSTEM

Look into the future of seismic exploration.



Halliburton Geophysical Services

HGS' integrated concept is much more than a seismic recording system. Vision will change your thinking with a total systems approach to geophysical solutions. Contact HGS for complete details.



Halliburton Geophysical Services

 A Halliburton Company

6909 Southwest Freeway • Houston, TX 77074 • (713) 774-7561
FAX: (713) 778-3487 • Telex: 6719724



JEOFİZİK

TMMOB JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI SÜRELİ YAYINI
JOURNAL OF THE CHAMBER OF GEOPHYSICAL ENGINEERS OF TÜRKİYE

**TMMOB
JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ
ODASI**

Adına Sahibi ve Sorumlu
Yazı İşleri Müdürü
Osman DEMİRAĞ

**YÖNETİM KURULU
Executive Committee**

Osman DEMİRAĞ
M. Ali AK
Mehmet ALTINTAŞ
T. Fikret AKSU
Cemil KAVUKÇU
A. Uğur GÖNÜLALAN
İmam ÇELİK

EDİTÖR

Editor
Ahmet Tuğrul BAŞOKUR

**TMMOB
JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ
ODASI**

Mithatpaşa Cad. 45/15 P.K. 255
Kızılay - ANKARA - TÜRKİYE
Tel: (312) 435 13 79
Fax: (312) 432 10 85

DİZGİ VE BASKI

KOZAN OFSET
Matbaacılık San. ve Tic. Ltd. Şti.
Tel: (312) 341 14 27
Fax: (312) 341 28 60

**YILDA İKİ KEZ MART VE EYLÜL
AYLARINDA YAYINLANIR**

Published Twice a Year
in March and September

CİLT 7, SAYI 1/MART 1993 VOL. 7, NO. 1/ MARCH 1993

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

DIGITAL INFORMATION RECOVERY FROM PAPER SEISMIC SECTIONS FOR WORK STATION LOADING	3
İş İstasyonlarına Veri Aktarımı İçin Sismik Kesitlerden Sayısal Bilgi Kazanımı Nicholas BLAKE and Charlie HEWLETT	
GLOBAL KONUMLAMA SİSTEMİ (GPS) İLE KUZEY ANADOLU FAY KUŞAĞINDA YERKABUĞU HAREKETLERİNİN BELİRLENMESİ	15
Determination of Crustal Movements along the North Anatolian Fault Zone with Global Positioning System M. Emin AYHAN, İbrahim KINIK, Coşkun DEMİR ve Muzaffer KAHVECİ	
GRAVİTE YÖNTEMİNDE MONTE CARLO ALGORİTMASI İLE MODEL PARAMETRELERİNİN HESAPLANMASI	35
Computation of Gravimetric Model Parameters by Monte Carlo Method Davut AYDOĞAN	
A NEW METHOD FOR ESTIMATING THE DIRECTION OF A BODY CAUSING A MAGNETIC ANOMALY	49
Manyetik Anomaliye Neden Olan Bir Yapının Miknatıslanma Yönünün Bulunması İçin Yeni Bir Yöntem Abdullah ATEŞ	
YAZI VERENLER	54
YAYIM KOŞULLARI	55
TEZ ÖZETLERİ	58
ODA ÜYELERİ	63

DIGITAL INFORMATION RECOVERY FROM PAPER SEISMIC SECTIONS FOR WORK STATION LOADING

İş İstasyonlarına Veri Aktarımı İçin Sismik Kesitlerden Sayısal Bilgi Kazanımı

Nicholas BLAKE* and Charlie HEWLETT*

ABSTRACT

Until recently, paper seismic sections were the primary working medium for most seismic interpreters. With the advent of economical seismic work stations, manipulation of seismic traces in digital form for detailed analysis and display has become an integral part of the interpretation process.

Although recent seismic lines are usually available on tape and can be loaded straight on to a workstation, plenty of useful older data remain in paper form, out of reach of quantitative techniques. Fortunately, improved optical scanner technology has provided an impetus for the development of efficient routines for vectorizing seismic traces on paper sections to convert them back into digital traces on tape.

Case histories from many different parts of the world can be used to show the effectiveness of standard post stack processing techniques applied to scanned and vectorized seismic data, prior to workstation loading.

This paper also reviews the vectorizing techniques and their implementation upon problem data sets; poor quality prints, deteriorating films, sets with interpretation marks, and small scale originals such as photographs, microfilm.

ÖZET

Kağıt basılı sismik kesitler, sismik yorumcuların çoğu için yakın zamana kadar başlıca çalışma ortamıydı. Ucuz sismik iş istasyonlarının gelişmesi ile ayrıntılı çözümlemeler için sismik izlerin sayısal olarak işlenmesi ve görselleştirilmesi veri-işlemin ayrılmaz parçası olmuştur.

Yeni ölçülen sismik hatlar genellikle manyetik ortamda kaydedilmesine ve doğrudan iş istasyonlarına aktarılmasına rağmen, birçok kullanılabilir eski veri, nicel yöntemlerin uygulanamayacağı kağıt kesitler üzerindedir. Mamafih, optik tarayıcı teknolojisi, kağıt kesitleri sayısal izlere çeviren etkin yazılımların geliştirilmesi için gerekli etkiyi sağlamıştır.

Dünyanın birçok bölgesinden örnekler ile, iş istasyonlarına veri aktarımından önce tarayıcı ile elde edilmiş ve vektörleştirilmiş sismik verilere uygulanan yığma sonrası veri-işlem yöntemlerinin etkinliği gösterilebilir.

Bu makale aynı zamanda, vektörleştirme yöntemlerini ve kötü nitelikli baskı, bozulmuş filmler, yorumlama işaretleri kapsayan veriler, fotoğraf ve film gibi küçük ölçekli basımlar gibi sorunlu veri kümelerindeki uygulamaları gözden geçirmektedir.

INTRODUCTION

Explorationists may disagree on many things but one subject brings about almost unanimous agreement; the key to a successful oil exploration effort is good seismic control. This means adequate coverage in the correct location. It also means maximizing the field effort, i.e. sufficient in-

put energy, noise control and elimination, a suitable level of information redundancy, and no compromise of the time and spatial sampling.

Once acquired the data must be processed. A rigorous testing program must be investigated to set the processing parameters and overall sequence. This is followed by

* Lynx Information Systems, 93/99 Upper Richmond RD, London, SW15 2TG.

even more rigorous quality control at all the major processing steps, such as static control, velocity analysis, and first break mute selection etc.

All of this effort can be spoilt at the last step by inadequate or poor quality displays and/or presentation. Final section plotting is crucial, and the choice of poor parameters at this stage can greatly hinder the quality and accuracy of the interpretation and eventually the proposed well location.

The final processed data should also be archived, so that reprocessing using new or enhanced techniques can be easily effected at a latter date. Special displays can also be produced on demand and last but by no means least, the data can be loaded onto a workstation for ease of interpretation. This is the ideal situation, unfortunately we all have to work in the real world.

THE "REAL WORLD" PROBLEM

When work starts in a new area or restarts in an old area neglected for a length of time, the explorationist can be confronted with several problems, not least of which is the variation that exists within the seismic data base. The interpretation has to proceed on a data set with various incompatibilities: a) sections at different horizontal and/or vertical scales, b) sections are at different stages of processing, e.g. migrated or un-migrated, different filters, etc., c) mixed source wavelets e.g. dynamite versus vibroseis, airgun versus vaporchoc., d) processed to unique and different datum planes.

The first step is to re-process and re-display from the archived stack tapes if available. This can produce a sufficiently uniform data set for a first pass interpretation.

In many circumstances for political, economic, geographical or even historical reasons, the archived stack tape is not always available. This will severely restrict any attempt at simple reprocessing and/or workstation loading.

If the time and budgets allow, reprocessing can be undertaken from the field tapes. This is expensive and time consuming, but if properly quality controlled, it will usually yield optimum results. Even if the field tapes can be found, they may not be usable. This is often the case with older and poorly stored tapes. Any reprocessing also requires the simultaneous use of supporting data on paper of floppy disk, which are often stored separately. This frequently leads to the data being not lost, but mislaid. Either way it is not available for immediate use. Even if eventually found it may not be readable and thus unusable. Seemingly we, the explorationists, are trapped, and it gets worse before it gets better.

And added complication can be the often poor quality of seismic copy available in our databases, e.g. a) badly produced original films, b) unstable or deteriorating media, c) inferior printing, d) badly stored or handled films, e) sections with interpretation and/or drafting, f) small scale originals. With the development of scanning, vectorizing and reconstruction technology, these problems can largely be overcome.

REAL WORLD SOLUTION

It is now possible to produce digital output from various types of paper copy: a) full scale blackline prints/films, b) reduced size originals, c) text book and technical paper examples, d) technical report enclosures, e) microfiche/microfilm, f) pre-rastered files, g) weird and wonder-

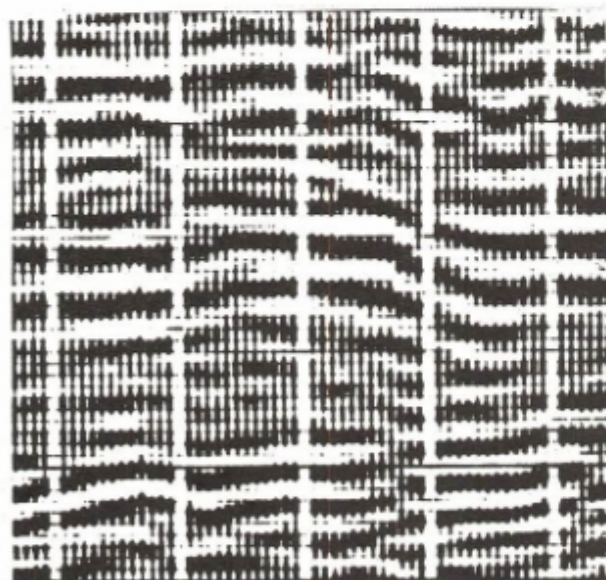


Fig. 1. North Africa example-original double sided VA before scanning.

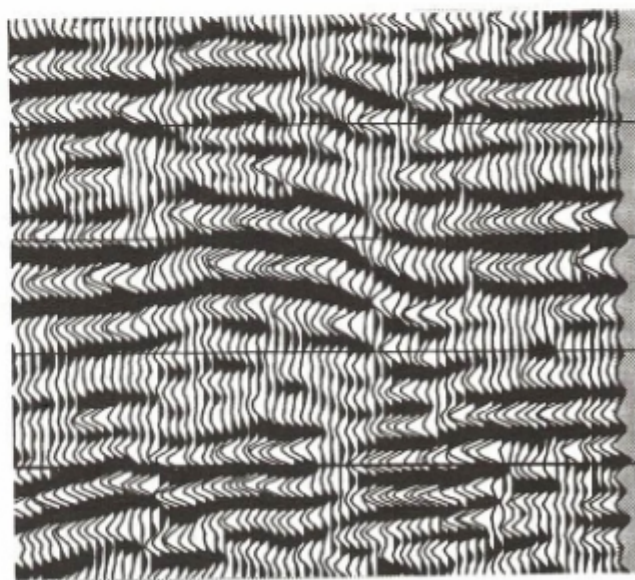


Fig. 2. North Africa example-after scanning.

ful display formats; variable density, wiggle, trace only dual polarity, double sided variable area, etc., h) poor quality paper/film copy. The sections can be scanned, the vectorized or reconstructed into industry standard SEG-Y format suitable for further applications processing and display.

Figure 1 shows a part of an old seismic section from North Africa displayed in a double sided variable area format. After scanning and vectorization, the results achieved can be seen as Fig. 2. The improvement in visibility and interpretability is clear.

The quality of improvement seen in the previous example is typical of what can be achieved from all of the standard display formats as well as the non-standard ones.

METHOD AND RESULTS

The original section is scanned and output to a raster file (a digital image but not in a seismic trace format). At this stage it is necessary to select appropriate parameters for the scanning resolution and the image contrast threshold. After scanning the image must be corrected for skew in case of misalignment in the scanner.

The scanning process uses a charge coupled device array camera to record the input printed image as an electronic image, storing the output as a raster file for further work. The raster file is a matrix of binary (black/white, on/off) value assignments for each point of the image. These points are known as pixels. The input, in our case a seismic section, is represented by an organized arrangement of pixels, somewhat akin to the way a newspaper photograph is composited. Vectorization is the process of automatic digitization from the raster image of the original analogue display. Once in a digital format the section can be reprocessed and/or re-displayed with preferred parameters, and archived.

In the vectorizing program a portion of the raster file is displayed on a workstation screen in black and white (see Figure 3). Using the chosen algorithm the computer generates a coloured trace overlay of the digitized output. If the fit is not up to standard, parameters are adjusted until an adequate agreement is observed between the output trace and the raster file image beneath.

A number of different algorithms have been developed, one for each type of display mode likely to be encountered on the input sections; Variable Area/Wiggle Trace (VA/WT), Variable Area only (VA), Wiggle Trace only (WT), and Variable Density (VAD). Statistically analysed pixel distribution curves, and pixel pattern recognition techniques form the basis of the vectorising process for each of the algorithms.

Common to all algorithms is the initial space and time scale calibration, set up from previewing the scanned image. This is only a starting point and a finer calibration is made during the vectorizing process. A visual check is made that the calculated time scale corresponds to the tim-

ing lines of the original section. The timing parameters can then be adjusted until a suitable match is made.

The precise trace location is established by counting the number of black pixels around the initial calibration position. A maximum count will occur when the location is centred on the actual trace.

For accurate vectorizing the zero crossing, or baseline, must be established at all times for every trace. This is achieved by counting the number of black pixels contained in each vertical raster line, in a progression across a trace location. Over a given time gate the count will vary spatially and a maximum rate of change will occur between the raster lines either side of the baseline position, see Fig. 4.

Each trace has its location and baseline established prior to the start of vectorizing, and each trace is vectorised separately. Vectorization starts at the top of each trace, and progresses in a downward direction. A trace amplitude, i.e. distance from the associated baseline position is calculated for each horizontal raster line.

In the case of the VA/WT algorithm, both the variable area peak and wiggle trace are tracked. The location of the wiggle trace will appear as a spike on the pixel distribution curve (See Fig. 5, 'Wiggle Trace Analysis'). The maximum number of pixels counted will correspond to the location of the wiggle trace on the image. The other parts of the distribution curve, with a less than maximum count, are from the inter-trace gap. The analysis continues with the next raster line down.

For the VA only algorithm, and for peaks of the VA/WT, the pixel distribution curve has a different shape. From the baseline out to the edge of the peak the pixel count will be high, however at the edge and beyond, the count will diminish quite rapidly (see Fig. 5, 'Peak Analysis'). The observed distribution curve will resemble a high plateau, followed by a shoulder zone and a valley of minimal values. The location of the shoulder point is where the edge of the peak occurs.

Parameters can be set such that the geometric relationship between the selected vectorized points remain within certain threshold boundaries, e.g. steepness of interpolated slope. Where peaks overlap adjacent peaks, such that the edge cannot be found within the set thresholds (i.e. trace excursion values or slope steepness) vectorized points or trace values remain undefined. Analysis continues in a downward direction until the next legitimate value is found. The gap in the peak profile can be filled by the use of a cubic polynomial interpolation function using the slopes on either side of the gap. The same technique can be used to reconstruct the missing wiggle trace for VA only displays. In this way a full wave form trace is reconstructed.

Figure 6 shows a good quality input section displayed with VA only but at a very high trace bias, approximately 30 %. This has the effect of reducing the stand-out of the smaller amplitude peaks.

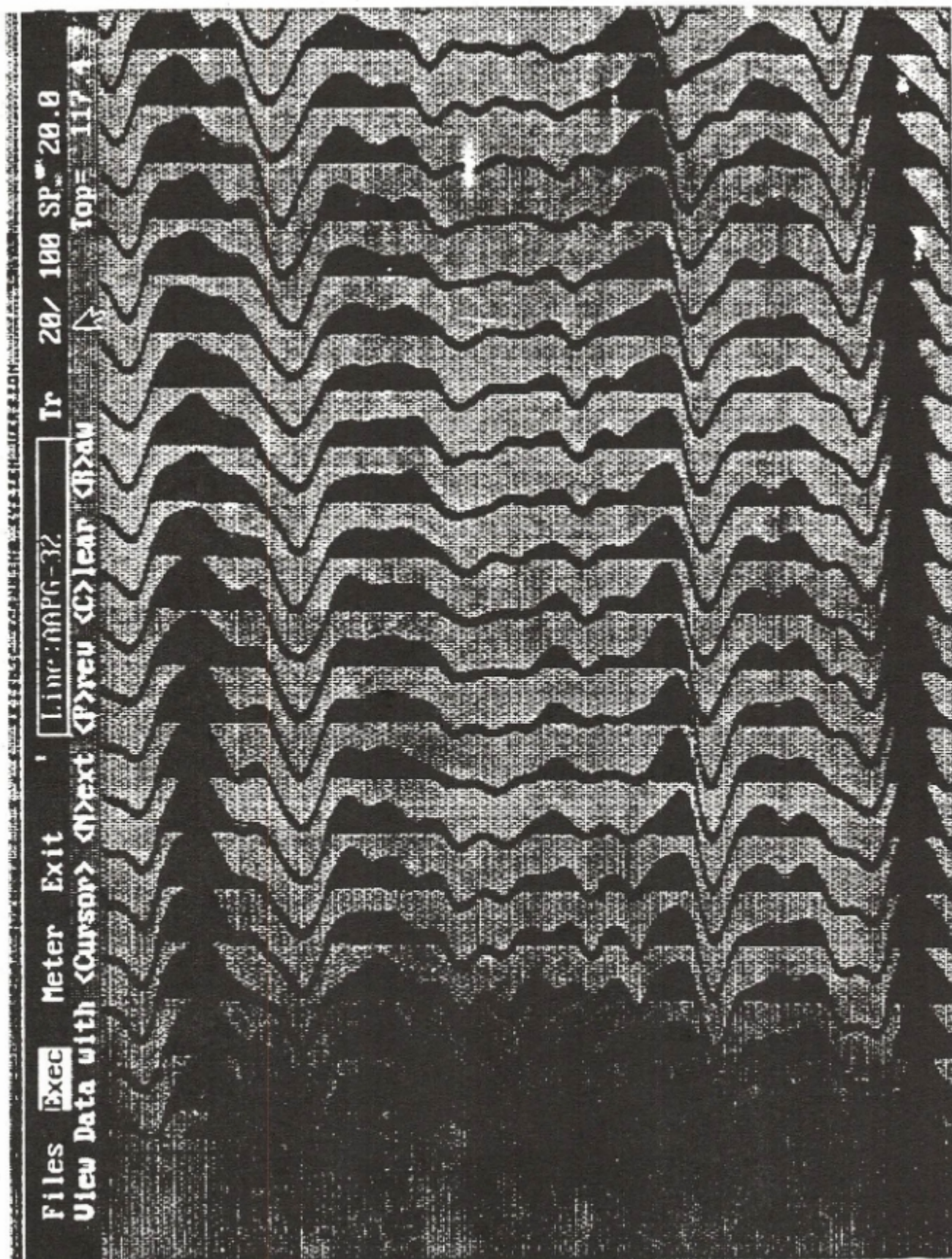


Fig. 3. P.C. screen dump.

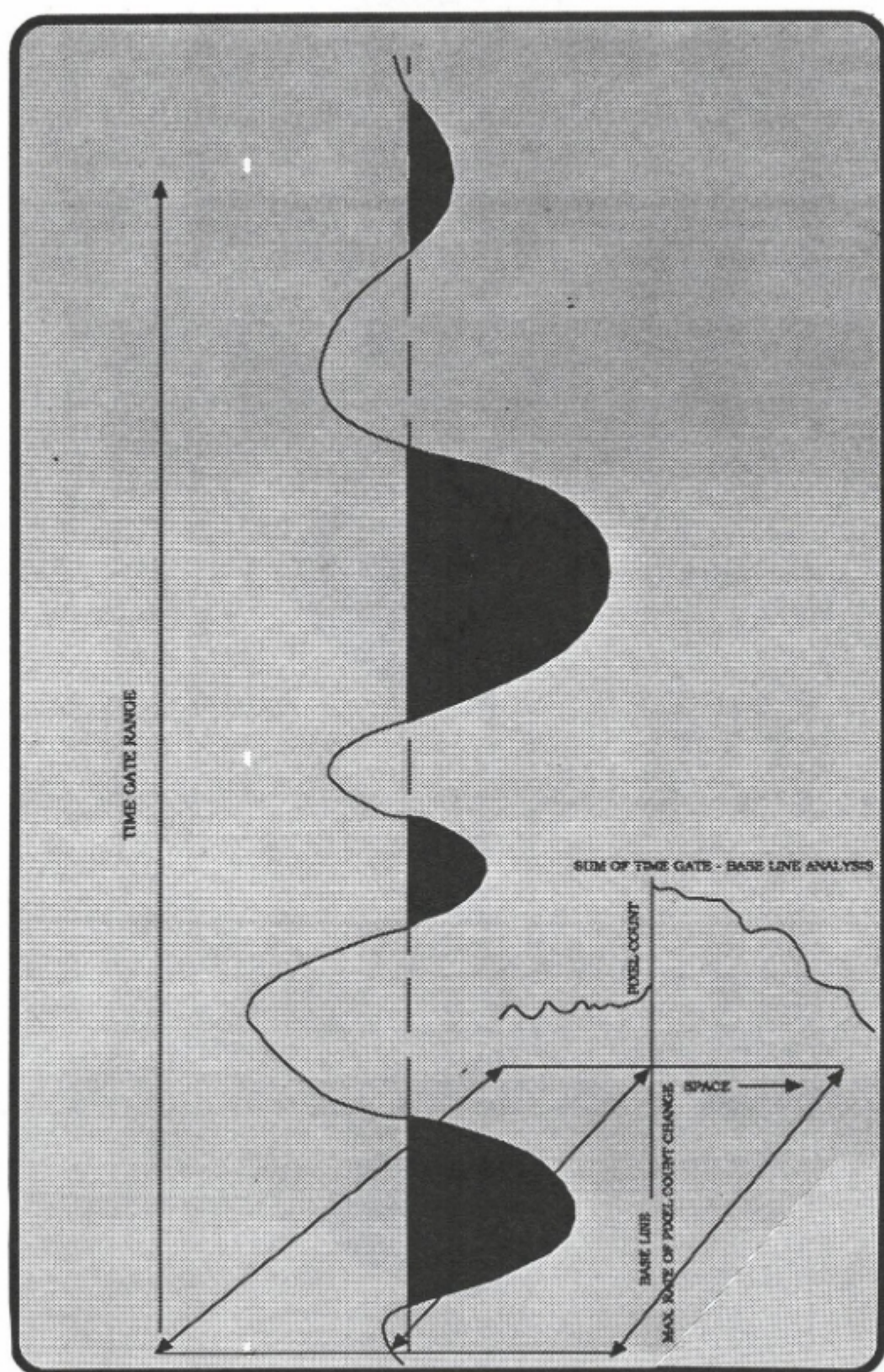


Fig. 4. Trace analysis-baseline.

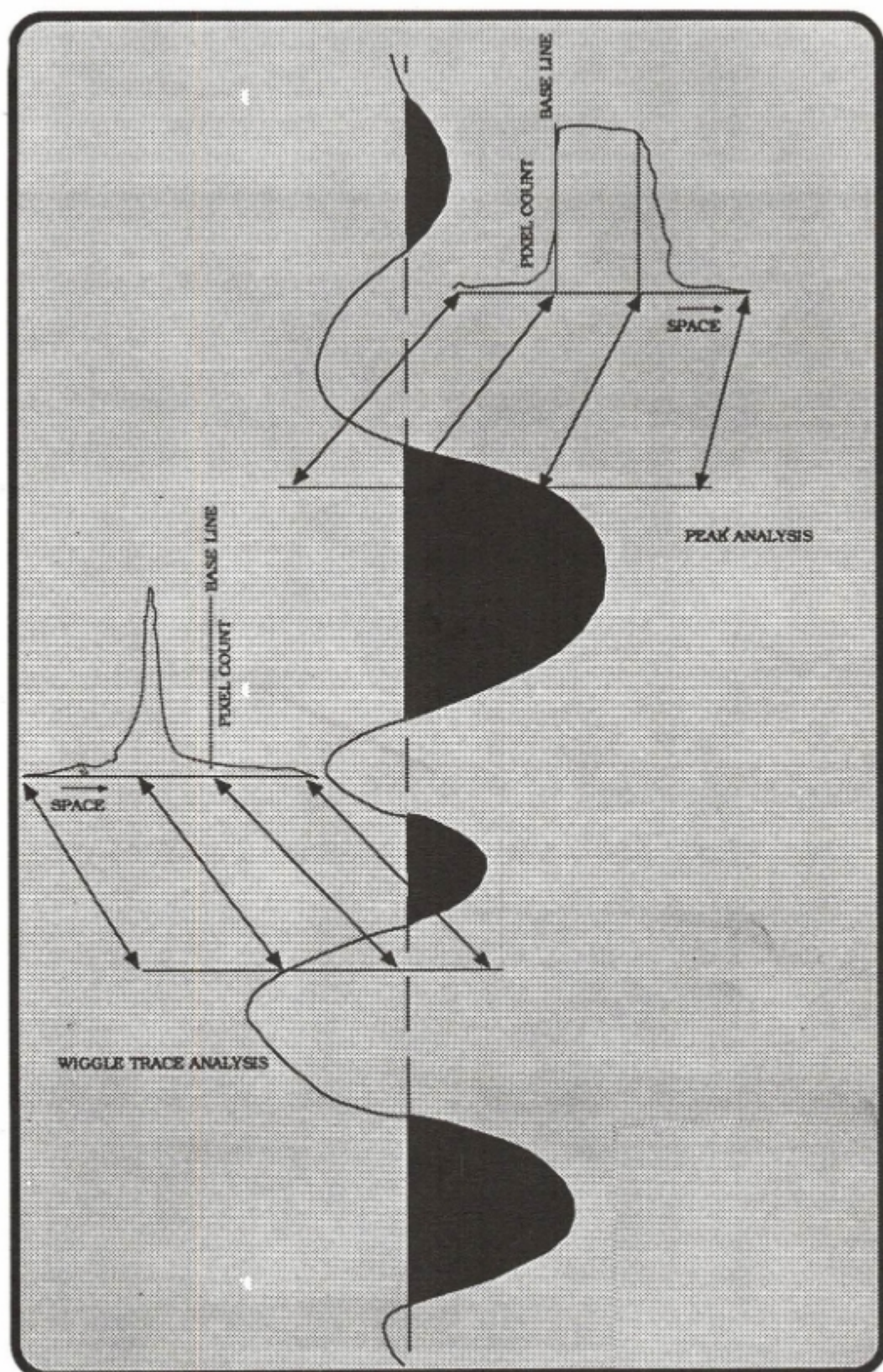


Fig. 5. Trace analysis-peaks and wiggles.

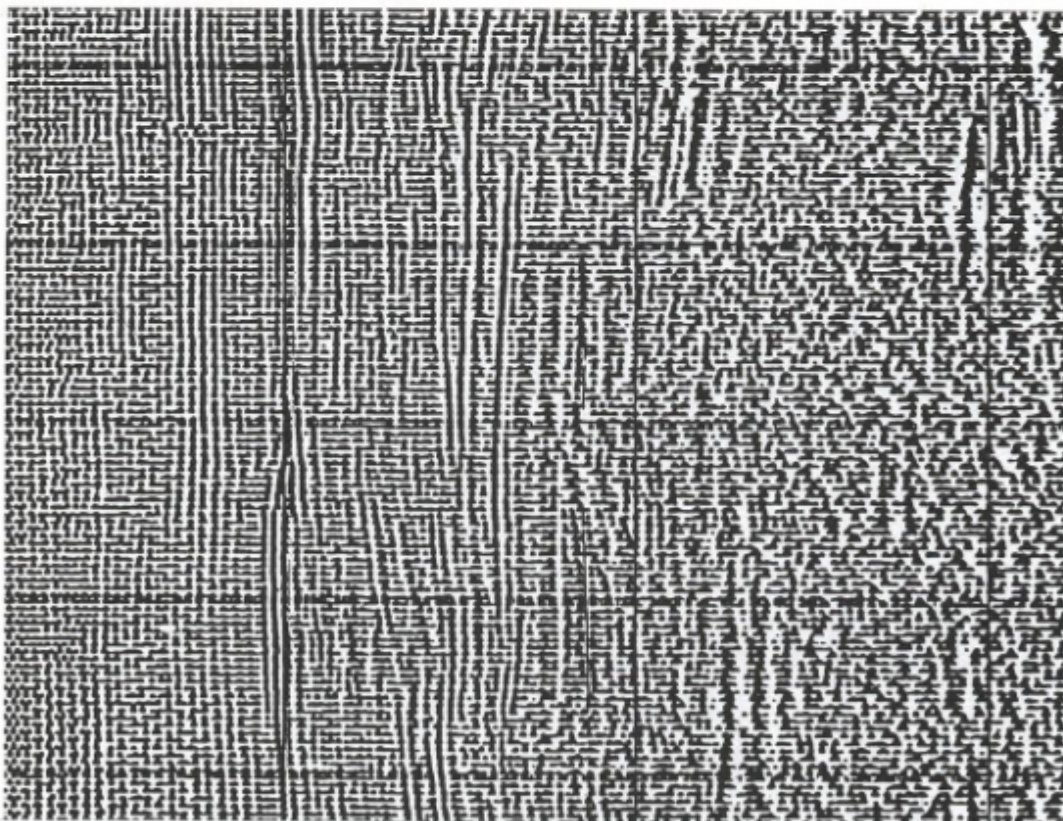


Fig. 6. Offshore Nigeria-original section.

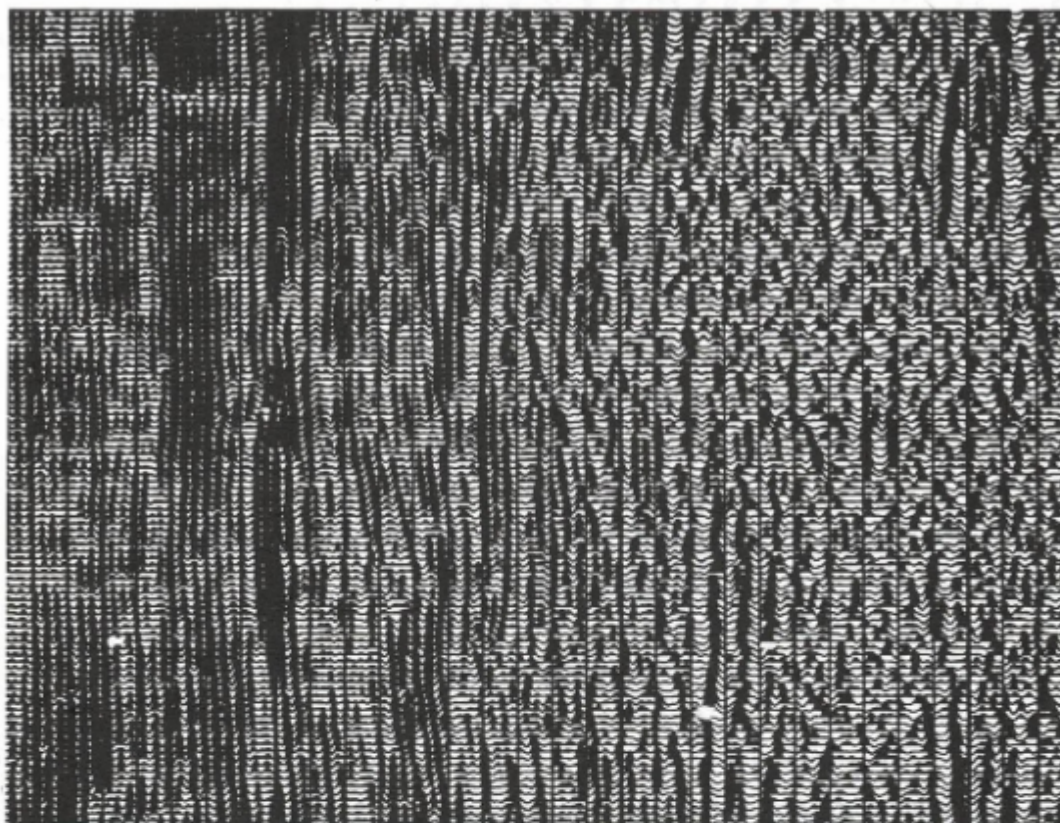


Fig. 7. Offshore Nigeria-scanned section.

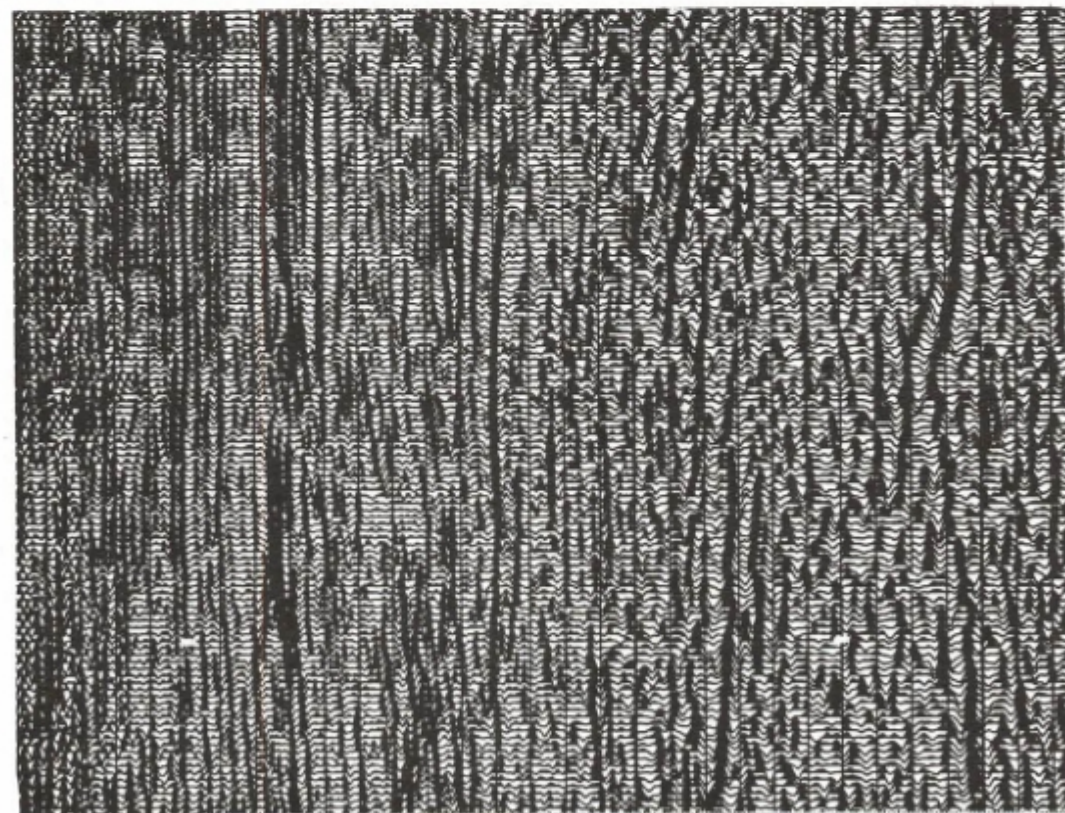


Fig. 8. Offshore Nigeria-migrated sections.



Fig. 9. CIS-original.

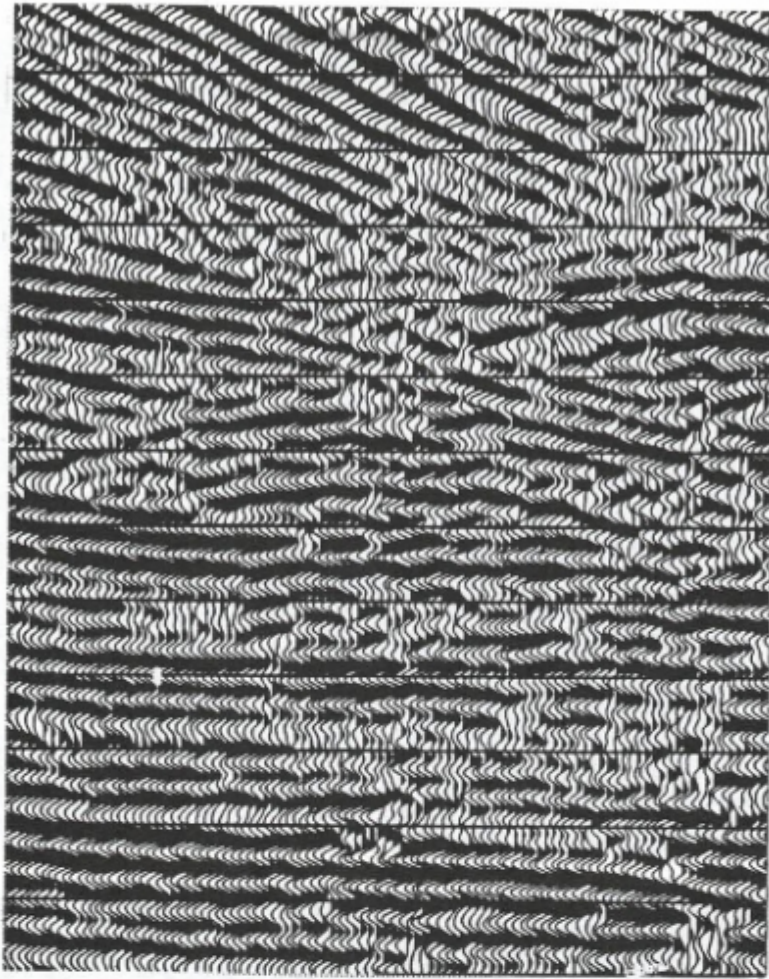


Fig. 10. CIS-reconstruction.

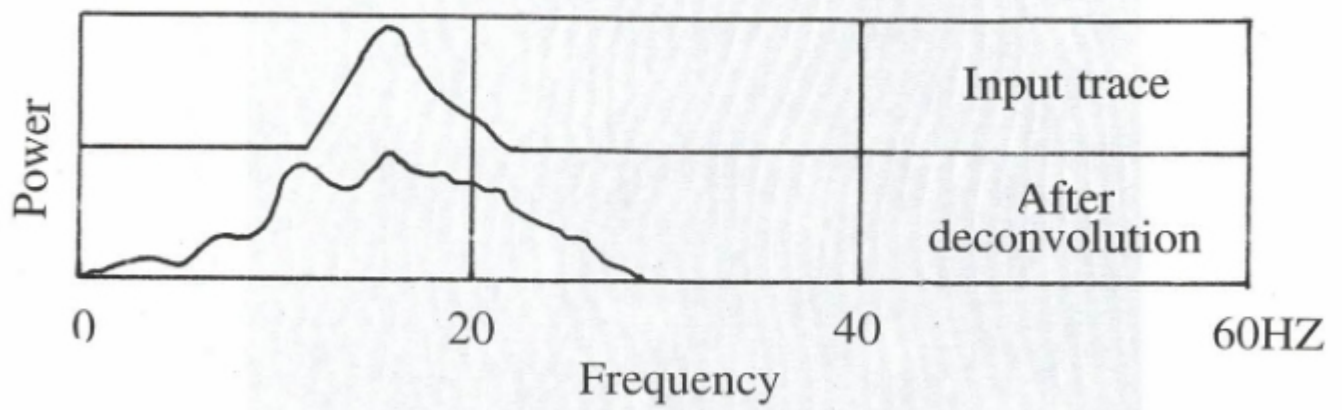


Fig. 11. Red Sea-power spectra.



Fig. 13. Red Sea-after deconvolution and filter.



Fig. 12. Red Sea-original 12-24 Hz.

put section has been scanned and vectorized with wiggle trace reconstruction. The bias level has been reduced to a more normal 1990's value of 10 %, and the improved display is shown in Fig. 7. The improvement seen between Figures 6 and 7 is due entirely to better display parameters. Note the increased resolution in the upper half of the diagram and the enhanced event standout in the lower half.

Figure 8 shows a further refinement due to post stack processing. Deconvolution has been applied, followed by the application of a Kirchhoff migration algorithm. The resolution and the fault definition has improved considerably in the upper part of the diagram. A series of faults can be seen in the lower part of the diagram, while the deepest event now clearly turns over.

The technique for VAD displays relies on an accurate count of the density of black pixels over given unit areas bounded by the trace limits. A trace amplitude is assigned to each area according to the grey or density scale. Thus the blackest area of the whole raster file assumes a maximum positive amplitude (peak), and the whitest area a maximum negative amplitude (trough). All other areas of the section are assigned an intermediate amplitude level according to their black pixel density.

There is also a hybrid algorithm, Variable Area Integration (VAI) that combines essential features of both the VA only and VAD methods. This is particularly suitable for use on poor quality or damaged films and prints.

Figure 9 shows some data from the CIS. Note how the peaks deflect to the left and not the right. Many of the peaks have faded out due to poor quality copying or printing. The reconstructed version is shown as Figure 10 and contains a high level of appropriate repair, greatly improving the usability.

The VA/WT is the most rigorous method, but it can only be used where the wiggle trace of the original print is clearly visible. The VAI method is more robust and it can be used on even the poorest quality sections.

The VAI algorithm is also useful in removing unwanted marks that can appear on the film sections due to: a) film degradation; scratches, folds, tears, creases, dirt during reproduction, chemical instability of film because of production problems of inadequate storage facilities, b) interpretation marks and colours, and/or drafting annotation. More persistent marks may need to be removed from the raster file, prior to rectorizing, by using a pixel editing facility.

In addition to the post stack processing already shown, a full range of options are available: a) wavelet procesing/analysis, b) deconvolution, c) spectral whitening, d) weighted trace mix, e) recursive dip filtering, f) space variant muting and editing, g) trace scaling/balancing, h) filtering, i) structural static application, j) phase rotation/match filtering, k) Kirchhoff migration.

Figures 6 to 8 show the power of reprocessing after scanning. As a further example, Figure 11 shows the power spectra from a Red Sea section before and after decon-

volution. The bandwidth of the scanned original is severely restricted to a 12-14 Hz frequency range (Figure 12).

The deconvolution operator has recovered some of the energy associated with the slopes of the filter but also introduced a lot of noise. This was filtered back and the comparison of Figures 12 and 13 clearly shows the benefits of the whiter, albeit still limited, spectrum. The resolution of the upper section is superior and the deeper section shows a number of continuous events dipping in the opposite direction to the water bottom and its expected multiples.

Another problem associated with poorer quality films/prints is that of spatially varying intensity of both seismic and annotation images. One technique is to scan the seismic lines a number of times at differing threshold levels. Each scan is vectorized and displayed to test if the optimum threshold has been established. If no re-scanning is required the portions are merged to form a complete section.

A second method is to use dynamic threshold adjustment, such that each part of a highly varying image can be optimised prior to vectorization. This can be achieved in one pass using grey scale or photo mode scanning. The output is a binary (black or white) image which can be used conveniently in the vectorizing algorithms.

This major development also allows all archived films to be scanned and stored on a CD-ROM optical disk in a compact binary format without being vectorized. Both seismic trace and full header/sidelabel annotation can be handled. All these data can be easily reviewed from CD on an inexpensive PC. Hard copy can also be made available from an online thermal plotter.

It is then feasible to run down voluminous and expensive film vaults by substituting this electronic method of storage.

CONCLUSIONS

Seismic paper sections (analog) can be converted accurately and cost effectively into a trace image in SEG-Y format. During the vectorization, data reconstruction can be effected to repair damaged and marked films. Manual editing is available if required.

The trace image data can be subsequently reprocessed using a full range of post stack techniques including but not limited to migration, phase rotation and structural static adjustment. Any number of displays at preferred scales can be reproduced and new drafting can be included on them.

The SEG-Y tape can be archived for future processing or display uses or loaded onto a work station for a detailed interpretation.

The techniques discussed above can successfully and economically convert an inventory of difficult and under-utilised seismic sections into a highly usable and very valuable exploration resource.

GLOBAL KONUMLAMA SİSTEMİ (GPS) İLE KUZEY ANADOLU FAY KUŞAĞINDA YERKABUĞU HAREKETLERİNİN BELİRLENMESİ

Determination of Crustal Movements along the North Anatolian Fault Zone with Global Positioning System

M. Emin AYHAN*, İbrahim KINIK*, Coşkun DEMİR* ve Muzaffer KAHVECİ*

ÖZET

Global konumlama sistemi (GPS) ile üç boyutta koordinat farklarının 0.01 ppm doğrulukta ölçülebilmesi, yeryüzeyinde gerinim (strain) tensör elemanlarının ve yer kabuğu hareketlerinin belirlenebilmesi, GPS kullanımına verilen önemi artırmaktadır. Kuzey Anadolu Fay Kuşağının Gerede ile Adapazarı arasında kalan parçasında yer kabuğu hareketlerini izlemek amacıyla, 27 noktalı bir GPS ağı 1990 yılında kurulmuştur. 1991 yılında üç nokta ile genişletilen ağı, 1990 yılında 10 GPS alıcısı ve 1991 yılında 11 GPS alıcısı ile iki defa ölçülmüştür. GPS ölçümleri duyarlı efemeris ve göreceli konumlama yöntemi ile BERNESE V3.3 yazılımı kullanılarak değerlendirilmiş ve GPS baz vektörleri hesaplanmıştır. Her iki periyotta ortak 25 nokta arasındaki GPS baz vektörleri ile yapılan gerinim analizinde, mühendislik shear $\gamma_2 + 1.16$ $\mu\text{rad/yıl}$ ve toplam shear ϕ 'in yönü $+79^\circ \pm 13^\circ$ bulunmuştur.

ABSTRACT

The importance of Global Positioning System (GPS) has increased because of its great advantage to obtain three dimensional relative positioning with the accuracy of 0.01 ppm and to determine the crustal dynamic parameters and the crustal movements on the earth. In order to monitor crustal movements, a GPS network of 27 sites was established between Gerede and Adapazarı in the western part of the North Anatolian Fault Zone (NAFZ). Two GPS campaigns in this network, enlarged in 1991 by the addition of three new sites, were carried out with ten receivers in 1990 and eleven receivers in 1991. GPS baseline vectors were calculated by using relative positioning with the help of BERNESE V3.3 postprocessing software and precise ephemerides. Strain analysis with GPS baseline vectors computed between 25 joint points in both period results that engineering shear γ_2 is $+1.16$ $\mu\text{rad/year}$ and the direction of total shear ϕ is $+79^\circ \pm 13^\circ$.

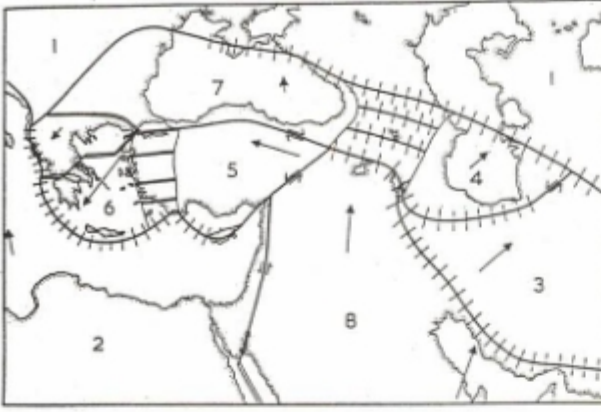
GİRİŞ

Kuzey Anadolu Fay (KAF) kuşağı Türkiye'nin Karadeniz kıyılarına paralel ve doğu-batı yönünde uzanmakta olup, yaklaşık uzunluğu 1000 km dir. Bu fay boyunca 26 Aralık 1939 Erzincan depremi ile başlayan büyük depremler dizisi son olarak 13 Mart 1993 Erzincan depremi ile devam etmiş ve 4 m'ye kadar yatay yer kabuğu hareketleri belirlenmiştir. Türkiye, Avrupa'nın güneyinden Hindistan'a kadar uzanan bir kıta-kıta çarpışma kuşağı içinde bulunmakta olup, bölgede yeralan Afrika ve Arap plakaları kuzey-güney yönünde hareketle Avrasya plakasına doğru

kaymaktadır (McKenzie 1972, Hempton 1987, Taymaz ve diğ. 1991). Türkiye'nin tektonik yapısı McKenzie'nin (1972) önerdiği küçük plakaları içeren model ile açıklanabilir (Şekil 1). Bu modelde KAF kuşağı; Anadolu plakasının kuzey sınırını oluşturmakta ve Karadeniz ve Anadolu plakalarını birbirinden ayırmaktadır. Anadolu plakası, doğuda Arap plakası, güneyde Afrika plakası ve batıda Ege plakaları ile sınırlı olup, Anadolu plakası sınırlarında bilinen her türden fay oluşumu gözlenmesi, bölgenin tektonik yapısındaki karmaşıklığı açıkça göstermektedir.

KAF kuşağının doğu ve batı uçlarında üçlü kesişme-

* Harita Genel Komutanlığı, Jeodezi Dairesi, 06100 Cebeci, Ankara.



Şekil 1. Plaka sınırları ve hareketleri (1 Avrasya, 2 Afrika, 3 İran, 4 Güney Hazar, 5 Anadolu, 6 Ege, 7 Karadeniz ve 8 Arap)

Fig. 1. Plate boundaries and crustal movements. (1 Eurasian, 2 African, 3 Iranian, 4 South Caspian, 5 Turkish, 6 Aegean, 7 Black Sea and 8 Arabian)

ler yer almaktadır. Arap plakası, kuzey-güney yönünde Avrasya plakasına doğru ilerlediğinden KAF'ın doğu ucunda Kafkasya bölgesinde bir sıkışma ve Türkiye'nin batısında ise bir genişleme alanı oluşturmaktadır. Arap plakasının kuzeye doğru sıkışması sonunda Anadolu plakası batı yönünde kaçmakta, KAF kuşağında sağ yanıl atımlı, Arap ve Anadolu plakalarının sınırını oluşturan Doğu Anadolu Fay (DAF) kuşağında sol yanıl atımlı hareketler görülmektedir (McKenzie 1972, 1978, Kasapoğlu 1981). Normal faylanmanın olduğu Türkiye'nin batısını da içeren Ege plakası ise Anadolu plakasından daha farklı bir tektonik oluşum göstermekte ve güneybatı yönünde Afrika plakasına doğru hareket ettiği görülmektedir (McKenzie 1972, 1978, Taymaz ve diğ. 1991).

KAF'daki sağ yanıl atımlı hareketin büyüklüğü konusunda değişik değerler verildiği çeşitli kaynaklarda gözlenmektedir. McKenzie (1972) plaka tektoniği verilerinden yararlanarak, KAF kuşağında 4 cm/yıl değerinde hareket olduğunu, ancak Brune yöntemiyle hareketin 11 cm/yıl olarak bulunduğunu belirtmektedir. Ayrıca KAF'daki sağ yanıl atımlı hareket için, Taymaz ve diğ. (1991) 3.2 cm/yıl, Turcotte ve Schubert (1982) 1.5 cm/yıl ve Oral (1992) 2.5 cm/yıl değerlerini vermektedir. Uzun jeodezi yöntemlerinin kullanıldığı, Oral (1992) dışındaki diğer çalışmalarda geleneksel plaka tektoniği verileri kullanılmış olması hareket ile ilgili belirlenen değerlerin birbirinden farklılık göstermesinin nedeni olduğu belirtilmektedir (McKenzie 1972, Dixon 1991, Gordon ve Stein 1992).

Plaka tektoniği ile ilgili kestirimler bu amaçla kullanılan verilerin türüne ve doğruluklarına bağlıdır. Gordon ve Stein (1992) plaka hareketlerini belirlemek üzere kullanılan verileri geleneksel plaka tektoniği verileri ve uzay jeodezi verileri olmak üzere iki grupta toplamaktadır. Geleneksel veri olarak isimlendirilen manyetik anomaliler,

batimetrik ölçülerle belirlenen denizaltındaki dönüşüm faylarının azimutları ve odak mekanizması çözümleri ile belirlenen deprem kayma vektörleri, global plaka hareket modellerinin oluşturulmasında kullanılmaktadır. Geleneksel verilerle belirlenen plaka hareket modellerinden bilinenleri; RM1, RM2 ve NUVEL-1'dir (Minster ve Jordan 1978, DeMets ve diğ. 1991, Gordon ve Stein 1992). Geleneksel verilerin özellikleri gereği plaka hareketleri konusunda ayrıntılı bilgileri, sözü edilen plaka hareket modellerden belirlenmek olanaklı değildir. İkinci veri grubunu oluşturan uzay jeodezi verileri günümüzde üç ayrı teknoloji ile elde edilmektedir. Plaka tektoniğinde kullanılan uzay jeodezi yöntemleri Uzun Kenarlı Radyo Interferometresi (VLBI), Uydu Laser Kenar Ölçümü (SLR) ve Global Konumlama Sistemleri (GPS) olup, her üç teknolojinin genel özelliklerini Dixon (1991) ve Gordon ve Stein (1992) vermektedir. Uydu jeodezi verilerinin plaka tektoniğinde kullanım alanları aşağıda kısaca belirtilmektedir (Gordon ve Stein 1992).

- a. Plaka hareketlerinin durağan olduğu hipotezini doğrulamak ve test etmek için uydu jeodezi verileri oldukça önemlidir. Uygulamada uydu jeodezi verileri ile belirlenen birkaç yıllık plaka hareketlerinin, geleneksel verilerle bulunan milyonlarca yıla ait ortalama hareketlerle aynı olduğu gösterilmiştir. (Dagis ve diğ. 1989, Dixon 1991).
- b. Geleneksel veriler olmadığında plaka ve mikropalakalar arasındaki hareketin yönü ve hızını belirlemek.
- c. Plaka sınırları kuşağı içinde yer alan küçük bağımsız blokların plakaya göre hareketini belirlemek.
- d. Blokların düşey eksen boyunca dönüklüklerini belirlemek.

Uzun jeodezi verilerinin plaka tektoniği ve jeolojideki uygulama alanları ile ilgili genel bilgileri Dixon (1991) ve Gordon ve Stein (1992) vermiştir. Uydu jeodezi yöntemleri, kendi içinde bir takım sistematik hatalar ile yüklü olmasına karşılık, 1-5 mm/yıl duyarlılıkta hareketleri belirleme olanağını sağlar. Uydu jeodezi yöntemlerinin plaka hareketlerini belirlemek amacıyla kullanılıp kullanılmayacağını test etmek amacıyla aynı bölgede GPS, kriptometre (creep meter) ve alıman ölçüleriyle hareketler belirlenmiş ve 1-2 mm/yıl mertebesinde birbiriyle uyumlu oldukları gösterilmiştir (Prescott ve diğ. 1989, Dagis ve diğ. 1989).

Uydu jeodezi verilerinin plaka tektoniğine sağladığı yukarıda kısaca belirtilen önemli katkıları gözönünde tutularak, Türkiye ve çevresindeki tektonik oluşumu ortaya çıkarmak amacıyla, 1987 yılında başlamak üzere WEGENER-MEDLAS projesi kapsamında önce SLR ve sonra da yoğun biçimde GPS ölçüleri yapılmıştır. 1987 yılında Yığılca, Melengiclik/Kaman, Yozgat ve Diyarbakır noktalarında yapılan SLR ölçüleri daha sonra 1989 ve 1992 yıllarında tekrarlanmıştır. 1989 yılından itibaren ise MIT (Massachusetts Institute of Technology, A.B.D.), IFAG (Institut für Angewandte Geodäsie, Almanya), ETH (Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, İsviçre) ve DU

(Durham Üniversitesi, İngiltere) ile plaka hareketlerini belirlemek üzere ortaklaşa GPS ölçüleri yapılmıştır. Bu ölçülerden bir bölümü IFAG ile birlikte, KAF kuşağının Gerede-Adapazarı arasında kalan parçasında plaka hareketlerini ortaya çıkarmak amacıyla yapılmıştır. KAF kuşağının her iki tarafında seçilen noktalardan oluşan GPS ağında 1990 ve 1991 yıllarında iki periyot GPS ölçüsü gerçekleştirilmiştir. Bir yıl ara ile gerçekleştirilen GPS ölçülerinin değerlendirilmesi ve değerlendirme sonunda elde edilen sonuçlardan bölge içindeki gerinim (strain) yapısının belirlenmesi bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Bir sonraki bölümde bölge içinde sonsuz küçük homojen deformasyon (infinitesimal homogeneous deformation) varsayımı ile gerinim tensör elemanları ve gerinim parametrelerinin belirlenmesine uygun bir yöntemin matematik açıklaması verilmektedir. Üçüncü bölümde 1990 ve 1991 KAF GPS ölçüleri ile ilgili değerlendirme çalışmaları ele alındıktan sonra, dördüncü bölümde KAF kuşağının Gerede-Ankara arasında kalan bölgesinde gerinim birikimi sayısal olarak incelenmektedir.

YATAY DEFORMASYONUN BELİRLENMESİ

Bir bölgedeki plaka hareketlerini ortaya çıkarmak amacıyla oluşturulan GPS ağı noktalarında en az iki periyot GPS ölçüsü yapılır. Bu ölçülerden yararlanarak bölgenin iki boyutta, yatay gerinim yapısını (yatay deformasyonlar) ortaya çıkarmak için değişik yöntemler kullanılır. Bu yöntemlerin bir bölümünde her ölçü kümesi ayrı ayrı değerlendirilerek nokta koordinatları bulunur ve nokta koordinat farklarından yararlanarak deformasyonlar belirlenir. İkinci grup yöntemlerde ise farklı periyotlardaki GPS ölçüleri bu kez topluca değerlendirilir ve değerlendirme sonunda nokta koordinatları ile birlikte bölgedeki deformasyonlar da doğrudan hesaplanır. Üçüncü yöntem ise farklı periyotlardaki ölçülerin doğrudan karşılaştırılması ile gerinim tensör elemanlarının belirlenmesini içerir (Caspary 1987, Mierlo 1982, Welsch 1981, Kakkuri ve Chen 1989, 1991, Chen 1991). Bu çalışmada iki periyotta GPS ile ölçülen baz vektör uzunluklarından yararlanarak gerinim tensör elemanlarının belirlenmesine dayalı üçüncü yöntem (gerinim analiz yöntemi) uygulanmaktadır.

Gerinim analiz yöntemi uygulanırken homojen gerinim modeli yerine diğer bir çok jeodezik yöntemde varsayıldığı gibi bölge içinde sonsuz küçük homojen gerinim modelinin geçerli olduğu öngörülmektedir (Jaeger 1964). P noktasında tanımlı x, y dik koordinat sisteminde y eksenine α açısı yapan bir doğrultuda gerinim değişimi (ϵ_x), GPS ile iki ayrı periyotta ($t, t', \Delta t = t' - t$) ölçülen S, S' kenarlarından yararlanarak,

$$\epsilon_x = \frac{S'_i - S_i}{S_i \cdot \Delta t} = \sin^2 \alpha_i \epsilon_{xx} + \sin 2\alpha_i \epsilon_{xy} + \cos^2 \alpha_i \epsilon_{yy} \quad (1)$$

yazılabilir. Bu eşitlikte $\epsilon_{xx}, \epsilon_{yy}$ ve ϵ_{xy} P noktasında tanımlı gerinim tensör elemanlarıdır (Jaeger 1964, Prescott ve diğ.

1979, Turcotte ve Schubert 1982, Kakkuri ve Chen 1991, Chen 1991). P noktasında bilinmeyen gerinim tensör elemanlarını hesaplamak için, uygun dağılmış en az üç doğrultuda gerinim değişiminin belirli olması gerekir. Gerinim değişimi bilinen doğrultu sayısı üçten fazla olması durumunda bir dengeleme söz konusudur. Bu durumda (1) ile verilen düzeltme denklemleri matris gösteriminde

$$1 + V = A X \quad (2)$$

ile yazılabilir. Burada

$$1 = [\epsilon_1 \epsilon_2 \dots \epsilon_n]^T \text{ ölçü vektörü}$$

$$V = [V_1 V_2 \dots V_n]^T \text{ düzeltme vektörü}$$

$$X = [\epsilon_{xx} \epsilon_{xy} \epsilon_{yy}]^T \text{ bilinmeyen vektörü}$$

$$A = \begin{bmatrix} \sin^2 \alpha_1 & \sin 2\alpha_1 & \cos^2 \alpha_1 \\ \sin^2 \alpha_2 & \sin 2\alpha_2 & \cos^2 \alpha_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \sin^2 \alpha_n & \sin 2\alpha_n & \cos^2 \alpha_n \end{bmatrix}$$

ve n doğrultu sayısıdır.

Gerinim değişimlerini içeren ölçü vektörüne ilişkin ağırlık matrisi P olmak üzere (2) ile verilen denklemlerin $V^T P V$ karesel formunu minimum yapmak için en küçük kareler yöntemi uygulanırsa,

$$\hat{X} = (A^T P A)^{-1} A^T P 1$$

$$V = A \hat{X} - 1$$

$$\sum_{xx} = \hat{\sigma}_0^2 (A^T P A)^{-1}$$

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{V^T P V}{n-3}$$

elde edilir. Burada $\sum_{xx}$ gerinim tensör elemanlarının varsıns ve kovaryanslarını içeren 3×3 boyutlu bir matris ve $(\hat{\sigma}_0^2)$ tahmin değeri anlamındadır.

P noktasında gerinim tensör elemanları ($\epsilon_{xx}, \epsilon_{xy}, \epsilon_{yy}$) belirlendikten sonra, aynı noktada gerinim parametre değişimleri aşağıdaki gibi bulunur (Prescott ve diğ. 1979, Turcotte ve Schubert 1982, Chen 1991).

Alan bozulması

$$\Delta = \epsilon_{xx} + \epsilon_{yy}$$

pure shear ($\alpha = 135^\circ$ yönünde)

$$\gamma_1 = \epsilon_{xx} - \epsilon_{yy}$$

mühendislik shear ($x'e$ paralel)

$$\gamma_2 = 2 \epsilon_{xy}$$

toplam (en büyük) shear (makaslama) gerinim

$$\gamma = \sqrt{(e_{xx} - e_{yy})^2 + 4e_{xy}^2}$$

büyük asal gerinim

$$\epsilon_1 = \frac{1}{2} (e_{xx} + e_{yy} + \gamma)$$

küçük asal gerinim

$$\epsilon_2 = \frac{1}{2} (e_{xx} + e_{yy} - \gamma)$$

ϵ_1 'in yönü

$$\theta = \arctan \left(\frac{-e_{xy}}{e_{xx} - e_{yy}} \right)$$

γ 'nın yönü

$$W = \theta + 45^\circ$$

olarak tanımlanır.

Yukarıda bir P noktasında yapılan hesaplamalar, bölge içinde yer alan tüm noktalarda ayrı ayrı uygulanarak bölgenin iki boyutta gerinim yapısı ortaya çıkarılabilir. İki farklı periyotta (t,t') yapılan GPS ölçüleri için oluşturulan bu model, ikiden fazla sayıda periyot ölçüleri yapılması durumunda düzenlenerek kullanılabilir. İki den fazla periyot olması durumu uygun modeli Prescott ve diğ. (1979) ayrıntılı olarak incelemiştir. İki boyutta deformasyonları belirlemek için oluşturulan bu model, (1) eşitliği yerine üç boyutta karşılığı olan eşitlik kullanılarak düşey deformasyonları belirlemek amacıyla da kullanılabilir (Turcotte ve Schubert 1982).

GPS ÖLÇÜLERİ VE DEĞERLENDİRMESİ

Türkiye Ulusal Jeodezi Jeofizik Birliği (TUJJB) adına Harita Genel Komutanlığı (HGK) ile Alman Uygulamalı Jeodezi Enstitüsü'nün (IFAG) ortaklaşa yürüttüğü çalışmalarda, KAF kuşağının Gerede ve Adapazarı arasında kalan bölgesinde plaka hareketlerini izlemek amacıyla 1990 yılında bir GPS ağı kurulmuştur. GPS ağı, birbirlerine uzaklıkları 5-200 km arasında değişen 27 noktadan oluşmaktadır. Bu noktalar beklenen hareketleri ortaya çıkarabilecek şekilde, fayın her iki tarafında faya yakın ve uzak olmak üzere konumlandırılmıştır. 1991 yılında üç nokta ile genişletilen bu ağdaki noktaların isimleri, yaklaşık koordinatları ve ölçü yılları Çizelge 1 de, ağ noktaları ve fayın genel yapısı Şekil 2 de verilmektedir. Ağ noktalarından biri, aynı zamanda WEGENER/MEDLAS projesi kapsamında periyodik SLR ölçüsü yapılan Yığılca/Bolu (0214) noktasıdır.

Söz konusu ağda GPS ölçüleri IFAG tarafından sağlanan alıcılarda gerçekleştirilmiş olup, aşağıda bu ölçüler ile ilgili özet bilgiler verilmektedir.

a) 1990 yılı KAF GPS ölçüleri

Bu ölçüler 17 Eylül-27 Eylül 1990 tarihleri arasında

27 noktada gerçekleştirilmiş olup, ölçü planı Çizelge 2 de ve gözlenen uydular Çizelge 3 de verilmektedir. Ölçülerde çift frekanslı (L1, L2) 4 değişik tipte toplam 10 adet GPS alıcısı kullanılmış olup, alıcıların marka ve sayıları Çizelge 4 de, hangi alıcı ile hangi noktada ölçü yapıldığı ise Çizelge 5 de gösterilmektedir. Her noktada günlük ölçü süresi yaklaşık 10 saat olup ölçülere gece 23:30'da başlanmış ve ertesi gün 09:30'da (Universal Time (UT)) sona erdirilmiştir. Ayrıca ölçü süresince birer saat ara ile atmosferik parametreler (kuru ısı (t), ıslak ısı (t') ve basınç (p)) ölçülmüştür.

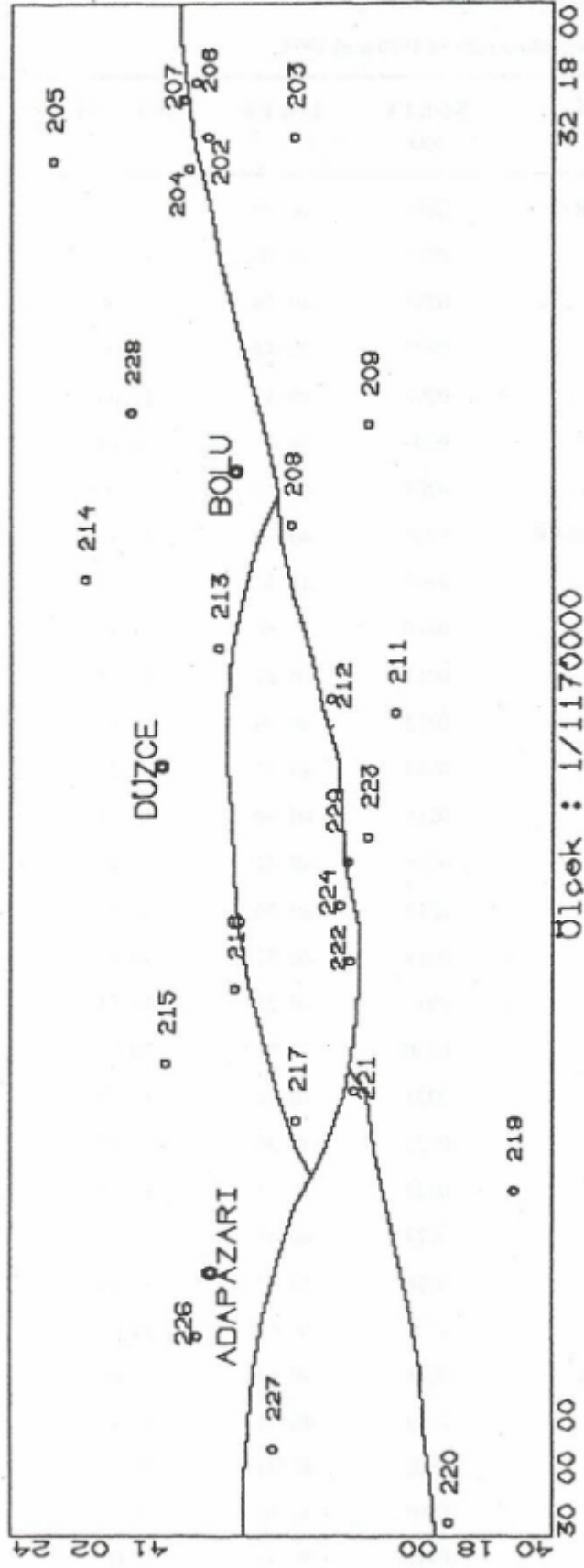
b) 1991 yılı KAF GPS ölçüleri

28 Ağustos-6 Eylül 1991 tarihleri arasında 1990 yılında ölçülen 27 nokta ve Taşkesti bölgesinde 3 yeni nokta olmak üzere toplam 30 noktada ölçü yapılmış olup ölçü planı Çizelge 6 da, gözlenen uydular Çizelge 7 de verilmektedir. Ölçüler çift frekanslı Trimble SST GPS alıcıları ile yapılmış, veri toplama sıklığı 15 sn seçilmiştir. Noktalarda günlük ölçü süresi 8 saat olup ölçüler 10:00-18:00 (UT) saatleri arasında gerçekleştirilmiş ve 30 dakikada bir meteorolojik parametreler ölçülmüştür.

1990 ve 1991 yılı GPS ölçüleri, Harita Genel Komutanlığı'nda mevcut Bernese V3.3 yazılımı kullanılarak duyarlı efemeris ve görel konumlama yöntemi ile değerlendirilmiştir. Söz konusu yazılımda C/A-kod, P-kod, taşıyıcı dalga fazı (L1 ge L2) türündeki GPS gözlemleri ile L1 ge L2'nin farklı lineer bileşimleri değerlendirilebilmektedir. Ayrıca çok sayıda firmanın ürettiği değişik tipte tek ve çift frekanslı aletlerden elde edilen verilerin birleştirilerek tek baz, ölçü grubu (session), kampanya (multi-session) ve birden fazla kampanya (multiple campaign) şeklinde değerlendirmek olanaklıdır (Beutler ve diğ. 1989, Rothacher ve diğ. 1991).

Bernese yazılımı kullanılarak burada ifade edilmeyen birçok ayrıntılı bilgi dışında kullanıcının isteğine göre genel olarak WGS 84 sisteminde nokta koordinatları, taşıyıcı dalga faz belirsizlikleri (ambiguity parameters), alıcı saati katsayıları, uydü yörünge elemanları, alıcı anteni yükseklik düzeltmeleri, atmosferik parametreler (troposfer ve iyonosfer) gibi değerlerin tümü veya bir bölümü gruplar halinde hesaplanabilmektedir (Rothacher ve diğ. 1991). Söz konusu her iki yıla ait GPS ölçülerinin değerlendirilmesinde nokta koordinatları ve atmosferik parametreler hesaplanmış olup, troposferik gecikme etkisinin hesabında Saastamonien standart atmosferik modeli kullanılmıştır.

1990 ve 1991 KAF GPS ölçüleri ayrı ayrı değerlendirilerek noktaların koordinatları, varyans-kovaryans matrisleri ile birlikte hesaplanmıştır. Eş zamanlı ölçülen bir gruptaki noktalar arasında oluşturulan uygun bağımsız bazlar için grup dengelemeleri yapılmış ve daha sonra grup çözümlerini birleştirmek üzere kampanya çözümü yapılmıştır. Gruplarda bağımsız bazlar seçilirken mümkün olduğunca, en kısa ve en çok ölçü içeren bazlar seçilmiş olup,



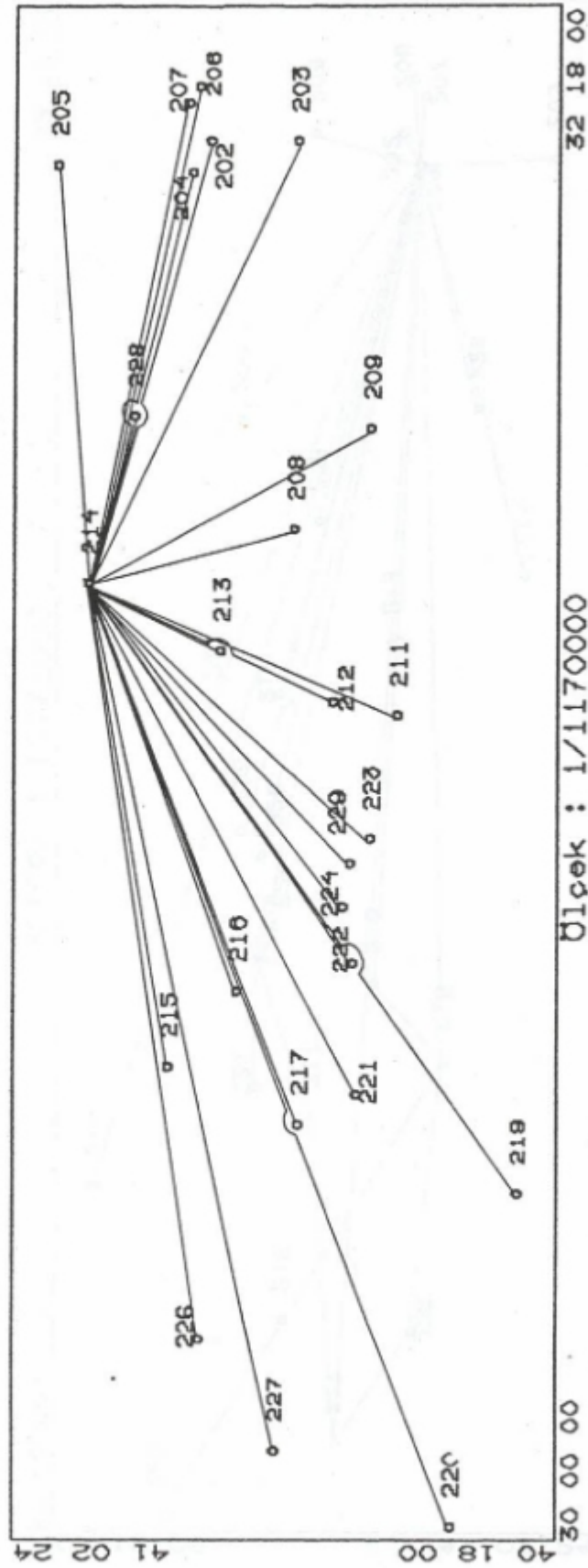
Şekil 2. GPS nokta konumları ve KAF'nin genel durumu.

Fig. 2. The location map of the GPS sites and general view of the NAF.

Çizelge 1. 1990 ve 1991 yıllarında KAF GPS ölçü noktaları.

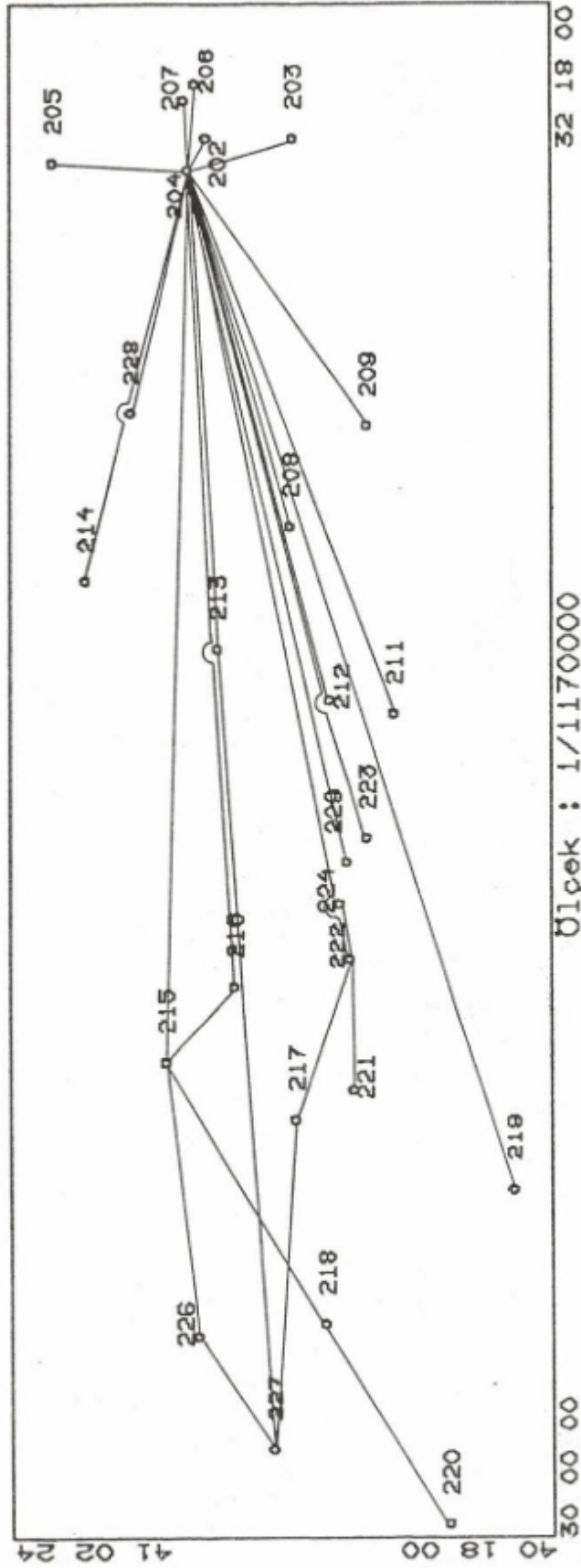
Table 1. NAF GPS observation sites in 1990 and 1991.

SIRA NO	NOKTA ADI	NOKTA NO	ENLEM (° ')	BOYLAM (° ')	YÜKSEKLİK (M)	ÖLÇÜ YILI	
						1990	1991
1	YIĞILCA (SLR)	0214	40 56	31 26	825	X	X
2	GEREDE	0202	40 46	32 06	1260	X	X
3	DÖRTDIVAN	0203	40 39	32 06	1465	X	X
4	YENİÇAĞA	0204	40 48	32 03	1020	X	X
5	MENGEN-N	0205	40 59	32 04	720	X	X
6	GEREDE-3S	0206	40 47	32 11	1365	X	X
7	GEREDE TOK	0207	40 48	32 09	1478	X	X
8	KENDİGELENLER	0208	40 39	31 31	995	X	X
9	BOLU-S	0209	41 33	31 40	1430	X	X
10	BOLU-N	0210	40 50	31 41	1200	X	X
11	MUDURNU	0211	40 31	31 14	810	X	X
12	ABANT	0212	40 36	31 15	1390	X	X
13	KAYNAŞLI	0213	40 46	31 20	555	X	X
14	HENDEK	0215	40 50	30 41	335	X	X
15	KARADERE	0216	40 44	30 49	610	X	X
16	AKYAZI	0217	40 39	30 38	210	X	X
17	ŞEREFİYE	0218	40 37	30 19	70	X	X
18	TARAKLI	0219	40 21	30 31	560	X	X
19	MEKECE	0220	40 25	30 01	300	X	X
20	BELDİBİ	0221	40 34	30 40	515	X	X
21	DOKURCUN	0222	40 35	30 52	350	X	X
22	TAŞKESTİ-14	0223	40 33	31 03	1220	X	X
23	AKCAALAN	0224	40 35	30 37	600	X	X
24	KAZIMPAŞA	0226	40 47	30 18	150	X	X
25	MASUKİYE	0227	40 41	30 08	517	X	X
26	YEDİGÖLLER	0228	40 53	31 41	1650	X	X
27	TAŞKESTİ-2	0229	40 35	31 41	550	X	X
28	TAŞKESTİ-1	TS01	40 33	31 03	1263	-	X
29	TAŞKESTİ-5	TS05	40 34	31 01	750	-	X
30	TAŞKESTİ-12	TS12	40 35	31 01	641	-	X



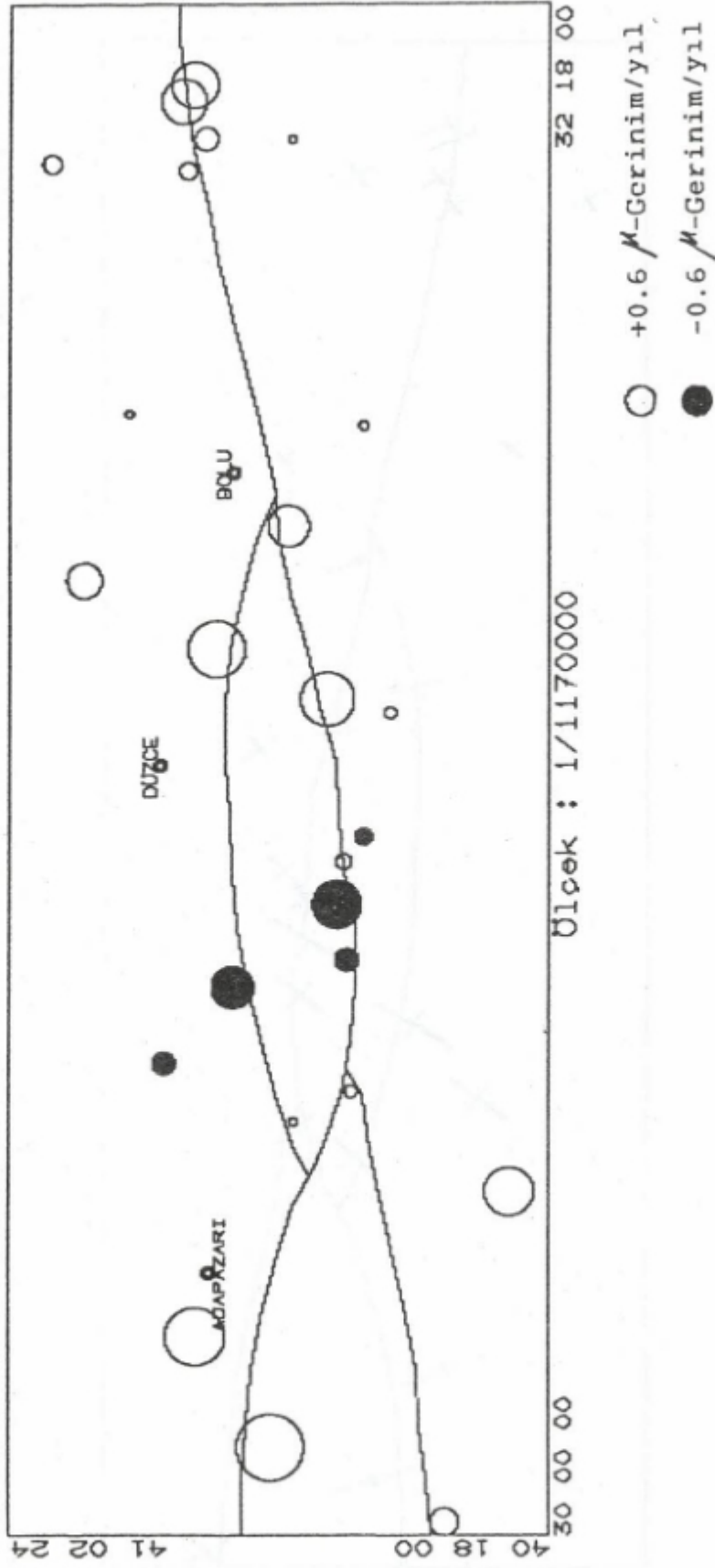
Şekil 3. 1990 yılı GPS ölçülerinin değerlendirilmesinde tüm gruplarda oluşturulan bazlar.

Fig. 3. Baselines formed in all sessions in the post-processing of 1990 GPS observations.



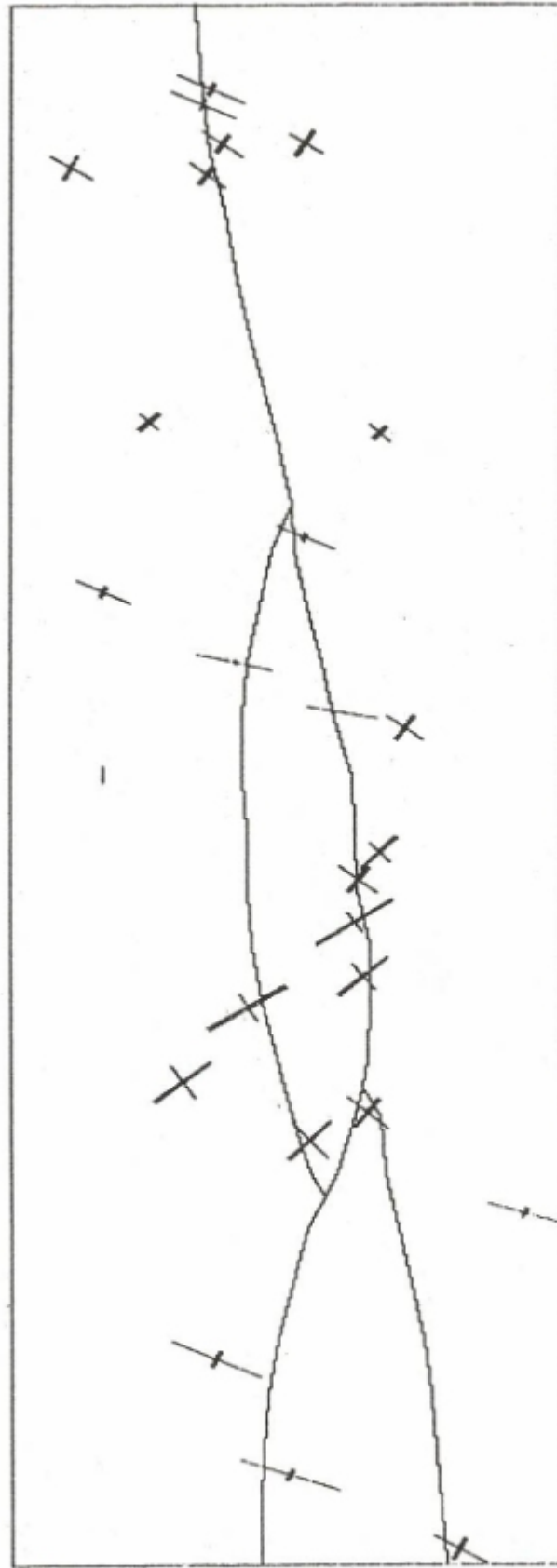
Şekil 4. 1991 yılı GPS ölçülerinin değerlendirilmesinde tüm gruplardan oluşturulan bazlar

Fig. 4. Baselines formed in all session in the post-processing of 1991 GPS observations.



Şekil 5. Alan bozulması(Δ)

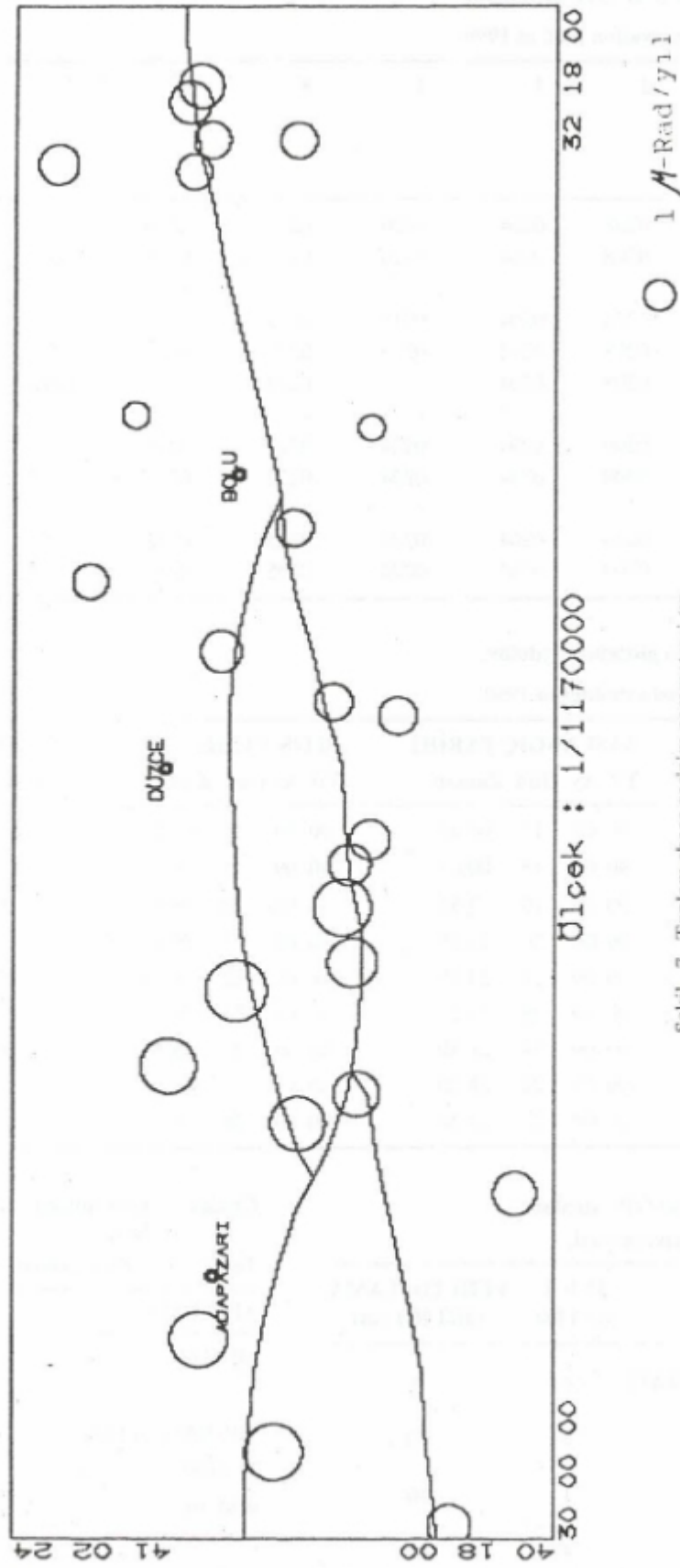
Fig. 5. Dilatation (Δ)



--- +1 μ -Gerinin/yıl Çekme
 — -1 μ -Gerinin/yıl Sıkışma

Şekil 6. Asal gerinim parametreleri (ϵ_1, ϵ_2)

Fig. 6. Principal strain parameters (ϵ_1, ϵ_2)

Şekil 7. Toplam shear gerinim parametresi (γ)Fig. 7. Maximum shear strain parameter (γ)

Çizelge 2. 1990 yılı KAF GPS ölçü planı.

Table 2. GPS observation plan in 1990.

Ölçü Gr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
GPS GÜNÜ										
260	0214	0208	0204	0220	0227	0226	0213	0218	0219	0217
261	0214	0208	0204	0220	0227	0226	0213	0218	0219	0217
262	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
263	0214	0208	0204	0216	0222	0221	0212	0218	0215	0217
264	0214	0208	0204	0216	0222	0221	0212	0218	0215	0217
265	0214	0208	0204	-	0222	-	0212	-	-	0217
266	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
267	0214	0209	0204	0224	0222	0211	0212	0210	0223	0228
268	0214	0209	0204	0224	0222	0211	0212	0210	0223	0228
269	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
270	0214	0209	0204	0224	0205	0202	0203	0206	0228	0207
271	0214	0209	0204	0224	0205	0202	0203	0206	0229	0207

Çizelge 3. 1990 yılı gözlenen uydular.

Table 3. Observed satellites in 1990.

GPS GÜNÜ	GPS HFT.	BAŞLANGIÇ TARİHİ				BİTİŞ TARİHİ				GÖZLENEN UYDULARIN PRN NUMARALARI
		Yıl	Ay	Gün	Zaman	Yıl	Ay	Gün	Zaman	
260	558	90	09	17	00:05	90	09	17	09:27	2,6,9,11,12,13,16,18,20
261	558	90	09	18	00:03	90	09	18	09:25	2,3,6,9,11,12,13,16,18,20
263	558	90	09	19	23:50	90	09	20	09:18	2,3,6,9,11,12,13,16,18,20
264	558	90	09	20	23:45	90	09	21	09:15	2,3,6,9,12,13,16,18,20
265	558	90	09	21	23:45	90	09	22	09:15	2,3,6,9,11,12,13,16,18,20
267	559	90	09	23	23:25	90	09	24	09:00	2,3,6,9,11,12,13,16,18,20
268	559	90	09	24	23:30	90	09	25	08:55	2,3,6,9,11,12,13,16,18,20
270	559	90	09	26	23:20	90	09	27	09:00	2,3,6,9,11,12,13,16,18,20
271	559	90	09	27	23:20	90	09	28	08:40	2,3,6,9,11,12,13,16,18,20

Çizelge 4. Kullanılan GPS alıcıları.

Table 4. GPS receivers used.

ALICI ADI	ALICI SAYISI	VERİ TOPLAMA SIKLIĞI (sn)
TRIMBLE 4000 SLD/STD	3	30
MINIMAC 2816AT	2	30
TI-4100	1	30
WM-102	4	60

Çizelge 5. GPS alıcıları ile ölçü yapılan nokta numaraları.

Table 5. GPS receivers and site numbers.

ALICI ADI	NOKTA NO
TRIMBLE 4000 SLD/STD	226,221,211,210,208,209, 202,206
MINIMAZ 2816AT	204,214
TI-4100	205,222,227
WM-102	203,207,212,213,215,216, 217,219,220,224,228,229

değişik günlerdeki ölçü gruplarında seçilen bazların olabil-
diğince aynı olmasına özen gösterilmiştir.

1990 yılı ölçülerinin değerlendirilmesinde, sürekli ölçü yapılan ve koordinatları çok duyarlı belirlenen Yığılca SLR noktasının ITRF 89 koordinatları sabit alınmıştır. 1991 yılı ölçülerinde ise ölçü planının uygun düzenlenmemiş olması nedeniyle, Yığılca (0204) noktası sabit alınmıştır. 1990 ve 1991 yılı ölçülerinin değerlendirilmesinde tüm gruplarda oluşturulan bazlar topluca Şekil 3 ve 4 de verilmektedir. Her iki yıldaki ölçülerin değerlendirilmesi sonucunda, bazların göreceli doğruluklarının 0.006 ppm ile 0.15 ppm arasında değiştiği ve ortalama değerin 0.05 ppm olduğu belirlenmiştir.

KAF KUŞAĞININ GEREDE-ADAPAZARI BÖLGESİNDE GERİNİM TENSÖR ELEMANLARI VE PARAMETRELERİNİN HESABI

KAF kuşağının batı ucunda Gerede-Adapazarı arasında kalan bölgede plaka hareketlerini incelemek ve gerinim birikimini belirlemek üzere 1990 yılında 27 nokta, 1991 yılında 30 noktadan oluşturulan ağda yapılan GPS ölçülerinin Bernese V3.3 yazılımı ile değerlendirilmesi görülmüştür. Ancak 1990 yılı KAF GPS ölçülerinde bir noktada (0210) disket hatası ve diğer bir noktada (0218) kaba hata belirlendiğinden her iki yılda ortak olan 25 noktanın gerinim analizinde kullanılmasına karar verilmiştir. Bernese V3.3 yazılımı ile bir önceki bölümde açıklanan ölçü sonrası değerlendirme stratejileri izlenerek her iki yıla ait ölçülerinin ayrı ayrı kampanya çözümleri sonunda, noktaların WGS 84 koordinat sisteminde (X,Y,Z) dik koordinatları varyans ve kovaryansları ile birlikte hesaplanmıştır. WGS 84 koordinat sistemi jeosentrik bir sistem olup, uydu yörüngelerinin zamanla değişimi ve modellendirilemeyen sistematik hatalar nedeniyle zaman içinde değişime uğrar. Bu nedenle, farklı zamanlarda yapılan GPS ölçüleri ile belirlenen X,Y,Z nokta koordinatları ile baz vektör bileşenlerinin ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$) farklı koordinat sistemlerinde olabileceği beklenmelidir. Ancak sonsuz küçük homojen gerinim modelinde, gerinim değişimlerinin belirlenmesinde kullanılan kenar uzunlukları koordinat sistemindeki değişimlerden bağımsızdır.

Her iki yıla ait GPS ölçülerinin değerlendirilmesi sonunda koordinat farklarının 0.006 ppm ile 0.15 ppm duyarlıkta belirlendiği bir önceki bölümde belirtilmişti. Ancak diğer uzay jeodezisi ve yersel ölçülerle yapılan karşılaştırmalar sonucunda, 5-200 km kenarlı bir GPS ağında meteorolojik etkilerin tam modellendirilememesi, ölçü ve değerlendirmede uygulanan yöntemler nedeniyle söz konusu duyarlığın 0.1 ppm - 0.2 ppm olduğu görülmektedir. Bu nedenle KAF GPS ölçülerinin değerlendirilmesinde bulunan duyarlıkların iyimser ve gerçekçi olmadığı gözönünde bulundurularak, baz vektör bileşenlerinin varyans-kovaryansları deneysel bulunan 100 katsayısı ile çarpılarak

işlemlerde kullanılmıştır (Larson ve Agnew 1991).

İki boyutta gerinim birikimini belirlemek için sonsuz küçük homojen gerinim modeli ile ilgili hesaplamaların elipsoid üzerinde yapılması düşünülmüştür. Bu amaçla öncelikle noktaların X,Y,Z koordinatlarının WGS 84 elipsoid parametreleri (a,b) kullanılarak jeodezik koordinatları (enlem (ϕ), boylam (λ), elipsoid yüksekliği (h)) dönüştürülmesi gerekmektedir. Bir noktanın X,Y,Z dik koordinatları biliniyor ise jeodezik koordinatlarının hesabı;

$$P = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

$$\bar{\theta} = \arctan \left(\frac{Z}{P} \cdot \frac{a}{b} \right)$$

$$\phi = \arctan \left(\frac{Z + e^2 b \sin^3 \bar{\theta}}{P - e^2 a \cos^3 \bar{\theta}} \right) \quad (3)$$

$$\lambda = \arctan \left(\frac{Y}{X} \right) \quad (4)$$

$$h = \frac{P}{\cos \phi} - N \quad (5)$$

bağıntıları ile bulunur. Burada, e^2 birinci dışmerkezlik, e^2 ikinci dışmerkezlik ve N elipsoid üzerinde enine eğrilik yarıçapıdır. Noktaların jeodezik koordinatları (3) ve (4) ile belirlendikten sonra, noktalar arasında elipsoid üzerindeki kenar uzunlukları uygun doğruluk sağlayan yöntemlerle hesaplanmıştır. Böylece sonsuz küçük homojen gerinim modeli giriş verileri ile ilgili ön işlemler tamamlanmış olmaktadır.

Her noktada ayrı ayrı gerinim tensör elemanları ile gerinim parametreleri belirlemek için, o nokta ile diğer 24 nokta arasındaki kenar uzunluklarından gerinim değişim ölçüleri hesaplanmıştır. Bölüm 2'de verilen en küçük kareler dengelemesinde, gerinim değişim ölçülerinin korelasyonlu oldukları da dikkate alınarak, P ağırlık matrisi oluşturulmuş ve bilinmeyen gerinim tensör elemanları varyans ve kovaryansları ile birlikte bulunmuştur. Daha sonra bir nokta için hesaplanan gerinim tensör elemanlarından yararlanarak, o nokta için geçerli gerinim parametreleri ($\Delta, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \epsilon_1, \epsilon_2, \theta, w$) varyansları ile birlikte belirlenmiştir. Her noktada ayrı ayrı yapılan hesaplama sonunda bulunan gerinim tensör elemanları, Çizelge 10 da sergilenmektedir. Ayrıca, alan bozulmasının (Δ) bölge içinde noktalara göre dağılımı Şekil 5 de, sıkışma ve genişleme bölgelerini gösteren asal gerinim parametrelerinin (ϵ_1, ϵ_2) noktalarda aldıkları değerler Şekil 6 da gösterilmektedir. Şekil 5 de görüldüğü gibi, bölgenin orta kesimine denk gelen Taşkesti ve Karadere bölgesinde alan daralması diğer kesimlerde (Adapazarı, Sapanca, Akyazı, Bolu, Gerede) ise alan genişlemesi olduğu anlaşılmaktadır. Δ parametresinin bölge içindeki bu dağılımına paralel olarak asal gerinim parametreleri (ϵ_1, ϵ_2) bölge içinde belirgin sıkışma ve çekme bölgelerinin olduğunu sergilemektedir. Şekil 6 da verilen sıkış-

Çizelge 6. 1991 yılı KAF GPS ölçü planı.

Table 6. NAF GPS observation plan in 1991.

Ölçü Gr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
GPS GÜNÜ											
231	0227	0204	0219	0220	0218	0226	0215	0222	0217	0221	0216
232	0227	0204	0219	0220	0218	0226	0215	0222	0217	0221	0216
233	0227	0204	0223	0212	0228	0224	0211	0222	0217	0213	0216
234	0227	0204	0223	0212	0228	0224	0211	0222	0217	0213	0216
237	0227	0204	0203	0212	0228	0214	0210	0208	0209	0213	0205
238	0227	0204	0203	0212	0228	0214	0210	0208	0209	0213	0205
239	0202	0204	0223	9901	0229	9905	0206	9912	0207	0203	0205
240	0202	0204	0223	9901	0229	9905	0206	9912	0207	0203	0205

Çizelge 7. 1991 yılı gözlenen uydular.

Table 7. Observed satellites in 1991.

GPS GÜNÜ	GPS HFT.	BAŞLANGIÇ TARİHİ Yıl Ay Gün Zaman				BİTİŞ TARİHİ Yıl Ay Gün Zaman				GÖZLENEN UYDULARIN PRN NUMARALARI
231	606	91	08	19	10:00	91	08	19	18.35	3,11,13,14,15,16,17,18,20,21,23
232	606	91	08	20	10:00	91	08	20	18.35	3,11,13,14,15,16,17,18,20,21,23
233	606	91	08	21	10:00	91	08	21	18.35	3,11,13,14,15,16,17,18,20,21
234	606	91	08	22	10:00	91	08	22	18.25	3,11,13,14,15,16,17,18,20,21
237	606	91	08	25	10:00	91	08	25	18.10	3,11,13,14,15,16,17,18,20,21
238	607	91	08	26	09:55	91	08	26	18.05	3,11,13,14,15,16,17,18,20,21,23
239	607	91	08	27	09:55	91	08	27	18.05	3,11,13,14,15,16,17,18,20,21,23
240	607	91	08	28	09:50	91	08	28	18.00	3,11,13,14,15,16,17,18,20,21,23

ma ve çekme yönlerinin Eyidoğan'ın (1983) odak mekanizması çözümleri, Kasapoğlu'nun (1981) sonlu elemanlar yöntemi ve Oral'ın (1992) uydu jeodezisi verileri ve yine sonlu elemanlar yöntemiyle bulunduğu sıkışma ve çekme yönleri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Alan bozulma parametresi Δ 'ya benzer olarak bölgenin orta kesiminde (Taşkesti, Kaynaşlı) büyük ve belirgin sıkışma, diğer bölgelerde ise belirgin çekmeler olduğu Şekil 6'dan anlaşılmaktadır.

Gerinim parametrelerinden toplam shear gerinim parametresinin (γ) bölge içinde homojen olduğu Şekil 7'den görülmektedir. Doğu-batı yönündeki açı bozulmasını gösteren mühendislik shear gerinim parametresinin (γ_2) bölge içindeki tüm noktalarda pozitif olduğu belirlenmiştir (Çi-

zelge 10). Bunun anlamı, McKenzie (1972, 1978) ve diğer kaynaklarda geleneksel verilerden yararlanarak bulunan KAF kuşağının sağ yönde yanıl atılımlı fay olduğu yargısının uydu jeodezisi verileri ile doğrulandığıdır (Feigl ve diğ. 1990). Toplam shear gerinim parametresinin bölge içindeki dağılımı hemen hemen homojen olup, ortalama değeri 1.41×10^{-6} rad/yıl olarak bulunmuştur. Ayrıca, toplam shear gerinim yönünün $79^\circ.0 \pm 13^\circ.2$ olması KAF kuşağının doğu batı yönde uzandığını da göstermektedir (Turcotte ve Schubert 1982).

KAF kuşağının Gerede-Adapazarı arasında kalan bölgesinde, GPS ölçüleri ve gerinim analiz yöntemiyle yapılan incelemede bulunan gerinim parametreleri ile doğu-batı yönündeki yıllık hareket miktarı Turcotte ve Schubert'ce (1982) verilen yaklaşık yöntemle bulunabilir. Buna

Çizelge 8. Gerinim tensör elemanları (gerinim/yıl).
Table 8. Strain tensor components (strain/year).

NOKTA NO	e_{xx}	σ_{exx}	e_{xy}	σ_{esy}	e_{yy}	σ_{eyy}
0217	-0.584-08	$\pm 0.180-06$	0.904-06	$\pm 0.313-06$	-0.854-07	$\pm 0.807-06$
0208	0.233-07	0.175-06	0.430-06	0.311-06	0.862-06	0.336-06
0213	0.878-08	0.139-06	0.287-06	0.267-06	0.123-05	0.445-06
0226	-0.466-08	0.185-06	0.709-06	0.272-06	0.133-05	0.513-06
0227	-0.220-07	0.188-06	0.567-06	0.264-06	0.151-05	0.816-06
0220	-0.985-07	0.303-06	0.598-06	0.511-06	0.676-06	0.142-05
0219	-0.507-07	0.198-06	0.385-06	0.269-06	0.112-05	0.413-06
0212	0.367-07	0.135-06	0.207-06	0.268-06	0.116-05	0.383-06
0221	-0.206-07	0.187-06	0.736-06	0.322-06	0.234-06	0.737-06
0222	-0.864-07	0.178-06	0.798-06	0.270-06	-0.372-06	0.532-06
0215	0.573-07	0.174-06	0.891-06	0.250-06	-0.512-06	0.515-06
0216	0.124-07	0.170-06	0.906-06	0.265-06	-0.957-06	0.700-06
0224	-0.129-06	0.169-06	0.852-06	0.283-06	-0.964-06	0.719-06
0211	-0.983-07	0.207-06	0.582-06	0.371-06	0.291-06	0.521-06
0223	-0.150-06	0.200-06	0.644-06	0.334-06	-0.165-06	0.728-06
0228	-0.119-07	0.158-06	0.410-06	0.267-06	-0.567-07	0.587-06
0209	0.368-07	0.186-06	0.391-06	0.305-06	0.109-06	0.392-06
0203	-0.178-06	0.208-06	0.532-06	0.244-06	0.285-06	0.519-06
0202	0.164-08	0.178-06	0.547-06	0.275-06	0.455-06	0.581-06
0206	0.871-08	0.167-06	0.537-06	0.261-06	0.992-06	0.684-06
0207	0.112-07	0.168-06	0.509-06	0.276-06	0.953-06	0.675-06
0205	-0.172-06	0.202-06	0.546-06	0.260-06	0.525-06	0.452-06
0229	-0.616-07	0.208-06	0.637-06	0.356-06	0.343-06	0.896-06
0204	0.571-08	0.166-06	0.547-06	0.253-06	0.309-06	0.559-06
0214	0.344-08	0.155-06	0.425-06	0.225-06	0.734-06	0.237-06

Çizelge 9. Gerinim parametreleri.

Table 9. Strain parameters.

NOKTA No	Δ	σ_{Δ}	ε_1 (gerinim/yıl)	σ_{ε_1}	ε_2 (gerinim/yıl)	σ_{ε_2}	θ (Derece)	σ_{θ}
0217	-0.913-07	$\pm 0.833-06$	0.859-06	$\pm 0.360-06$	-0.950-06	$\pm 0.650-06$	46.261	± 12.821
0208	0.885-06	0.344-06	0.104-05	0.416-06	-0.158-06	0.304-06	22.844	9.077
0213	0.124-05	0.467-06	0.129-05	0.389-06	0.552-07	0.214-06	12.589	12.152
0226	0.133-05	0.525-06	0.164-05	0.515-06	-0.311-06	0.282-06	23.366	6.608
0227	0.149-05	0.831-06	0.170-05	0.753-06	-0.209-06	0.279-06	18.219	9.359
0220	0.578-06	0.165-05	0.100-05	0.834-06	-0.424-06	0.916-06	28.546	29.847
0219	0.107-05	0.435-06	0.124-05	0.395-06	-0.166-06	0.277-06	16.669	10.079
0212	0.119-05	0.418-06	0.119-05	0.341-06	-0.360-09	0.191-06	10.149	13.415
0221	0.214-06	0.758-06	0.854-06	0.383-06	-0.640-06	0.565-06	40.083	15.316
0222	-0.458-06	0.541-06	0.581-06	0.284-06	-0.104-05	0.467-06	50.075	10.062
0215	-0.455-06	0.539-06	0.708-06	0.290-06	-0.116-05	0.424-06	53.865	8.571
0216	-0.945-06	0.711-06	0.555-06	0.244-06	-0.150-05	0.630-06	59.074	8.878
0224	-0.109-05	0.736-06	0.402-06	0.237-06	-0.150-05	0.674-06	58.047	9.428
0211	0.193-06	0.580-06	0.710-06	0.401-06	-0.517-06	0.499-06	35.755	13.989
0223	-0.314-06	0.773-06	0.487-06	0.378-06	-0.801-06	0.617-06	45.333	16.342
0228	-0.686-07	0.599-06	0.377-06	0.364-06	-0.445-06	0.435-06	46.560	21.536
0209	0.146-06	0.379-06	0.465-06	0.424-06	-0.320-06	0.306-06	42.364	16.360
0203	0.107-06	0.535-06	0.633-06	0.459-06	-0.526-06	0.300-06	33.250	12.636
0202	0.457-06	0.589-06	0.820-06	0.445-06	-0.363-06	0.364-06	33.729	14.954
0206	0.100-05	0.689-06	0.123-05	0.601-06	-0.228-06	0.289-06	23.772	12.090
0207	0.964-06	0.689-06	0.118-05	0.570-06	-0.211-06	0.311-06	23.617	13.522
0205	0.353-06	0.514-06	0.825-06	0.364-06	-0.472-06	0.355-06	28.730	10.881
0229	0.282-06	0.934-06	0.809-06	0.527-06	-0.527-06	0.598-06	36.185	20.634
0204	0.315-06	0.567-06	0.725-06	0.400-06	-0.410-06	0.365-06	37.256	14.912
0214	0.737-06	0.247-06	0.928-06	0.289-06	-0.191-06	0.239-06	24.655	7.270

Çizelge 10. Gerinim parametreleri.
Table 10. Strain parameters.

NOKTA No	γ_1 (radyan/yıl)	σ_{γ_1}	γ_2 (radyan/yıl)	σ_{γ_2}	γ (radyan/yıl)	σ_{γ}	W. (Derece)	σ_w
0217	0.796-07	±0.820-06	0.181-05	±0.625-06	0.181-05	±0.639-06	91.261	±12.821
0208	-0.839-06	0.410-06	0.859-06	0.623-06	0.120-05	0.642-06	67.844	9.077
0213	-0.122-05	0.466-06	0.573-06	0.534-06	0.135-05	0.420-06	57.589	12.152
0226	-0.134-05	0.566-06	0.142-05	0.544-06	0.195-05	0.644-06	68.366	6.608
0227	-0.154-05	0.843-06	0.113-05	0.528-06	0.191-05	0.774-06	63.219	9.359
0220	-0.775-06	0.122-05	0.120-05	0.102-05	0.143-05	0.583-06	73.546	29.847
0219	-0.117-05	0.479-06	0.770-06	0.538-06	0.140-05	0.525-06	61.669	10.079
0212	-0.112-05	0.395-06	0.414-06	0.536-06	0.119-05	0.362-06	55.149	13.415
0221	-0.255-06	0.762-06	0.147-05	0.643-06	0.149-05	0.597-06	85.083	15.316
0222	0.286-06	0.580-06	0.160-05	0.541-06	0.162-05	0.552-06	95.075	10.062
0215	0.570-06	0.548-06	0.178-05	0.499-06	0.187-05	0.486-06	98.865	8.571
0216	0.969-06	0.729-06	0.181-05	0.530-06	0.205-05	0.638-06	104.074	8.878
0224	0.835-06	0.742-06	0.170-05	0.566-06	0.190-05	0.693-06	103.047	9.428
0211	-0.389-06	0.540-06	0.116-05	0.743-06	0.123-05	0.695-06	80.755	13.989
0223	0.150-07	0.737-06	0.129-05	0.669-06	0.129-05	0.672-06	90.333	16.342
0228	0.447-07	0.617-06	0.821-06	0.535-06	0.822-06	0.534-06	91.560	21.536
0209	-0.721-07	0.482-06	0.782-06	0.610-06	0.785-06	0.635-06	87.364	16.360
0203	-0.462-06	0.582-06	0.106-05	0.488-06	0.116-05	0.562-06	78.250	12.636
0202	-0.454-06	0.627-06	0.109-05	0.551-06	0.118-05	0.561-06	78.729	14.954
0206	-0.983-06	0.719-06	0.107-05	0.523-06	0.146-05	0.643-06	68.772	12.090
0207	-0.942-06	0.703-06	0.102-05	0.552-06	0.139-05	0.608-06	68.617	13.522
0205	-0.697-06	0.476-06	0.109-05	0.520-06	0.130-05	0.504-06	73.730	10.881
0229	-0.405-06	0.905-06	0.127-05	0.712-06	0.134-05	0.632-06	81.185	20.634
0204	-0.303-06	0.599-06	0.109-05	0.505-06	0.114-05	0.515-06	82.256	14.912
0214	-0.730-06	0.315-06	0.849-06	0.449-06	0.112-05	0.469-06	69.655	7.270

göre bölge içindeki gerinim alanının faydan bir d uzaklığına kadar alan içinde basit shear (simple shear) yapısında olduğu düşünülerek, yıllık hareket değeri, d ve γ_2 çarpımından belirlenebilir. KAF kuşağında d belirli olmadığından benzer yapıdaki olan San Andreas fayı için önerilen 40 km alınması düşünülmüştür. e 'nin ortalama değeri $0.586 \cdot 10^{-2}$ rad/yıl olduğundan, yıllık hareket miktarının 4.6 cm/yıl olduğu anlaşılmaktadır. Oral (1992) KAF kuşağı için verdiği yıllık hareket değeri 2.5 cm/yıl ile karşılaştırıldığında bu çalışmada bulunan değere göre küçük olduğu ancak geleneksel veriler ile McKenzie'nin (1972) verdiği 4 cm/yıl değeri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Bununla birlikte bu çalışmada belirlenen yıllık hareket miktarı doğrudan d değerine bağlı olduğundan daha anlamlı sonuçların elde edilebilmesi için ek araştırmaların yapılması gerektiği düşünülmektedir.

SONUÇLAR

KAF kuşağının Gerede-Adapazarı arasında kalan bölümünde, 1990 ve 1991 yıllarında gerçekleştirilen GPS ölçüleri ile yer kabuğu hareketlerini ve gerinim birikimini belirlemeye uygun uzay jeodezisi verileri oluşturulmuştur. Sonsuz küçük homojen deformasyon modeli varsayımı ve tekrarlı GPS baz vektör uzunluk ölçülerinden yararlanarak bölge içinde dağılmış noktalarda gerinim tensör elemanları (e_{xx}, e_{yy}, e_{xy}) ve gerinim parametreleri ($\Delta, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \epsilon_1, \epsilon_2, \theta, w$) belirlenmiştir. Gerinim parametrelerinin bölge içinde dağılımından, bölgenin orta kesiminde (Taşkesti, Karadere) belirgin sıkışma ve uç kesimlerinde ise çekme alanlarının olduğu görülmektedir. Ayrıca GPS ölçüleriyle belirlenen sıkıştırma ve çekme yönlerinin odak mekanizması çözümleriyle bulunanlar ile uyumlu oldukları da gözlenmektedir.

Bölge içinde yer alan tüm noktalarda doğu batı yönündeki açılmal bozulma shear gerinim parametresi γ_2 'nin pozitif ve ortalama $+1.16 \mu$ rad/yıl belirlenmesi KAF kuşağının sağ yanal atımlı fay özelliğini göstermektedir. Ayrıca γ toplam shear gerinim parametresinin ortalama doğrultusu $+79.0 \pm 13.3$ bulunmuş olup, bu da bölge içinde KAF kuşağının doğu batı yönünde uzandığını göstermektedir.

GPS ölçüleri ile yapılan inceleme sonunda, bölgede belirgin bir gerinim birikimi olduğu görülmektedir. Ayrıca bölge içinde basit shear'ın geçerli olması durumunda yıllık hareket 46 mm/yıl belirlenmiş olup, KAF kuşağında milyonlarca yıllık plaka hareket hızı ile bir yıllık hareket hızının aynı olduğunu göstermesi açısından önemlidir. Ancak bu yorum basit shear varsayımının geçerli olduğu d uzaklığına doğrudan bağımlı olduğundan ek araştırmalar gerektirmektedir. Söz konusu GPS ölçüleri bölgede üç boyutta gerinim birimini belirlemek amacıyla düzenlenmiştir. Ancak, burada iki boyutta yatay gerinim yapısı incelenmiş olup üçüncü boyut sonraki aşama olarak planlanmıştır. Ayrıca, mevcut GPS noktalarının KAF kuşağına göre dağılımı incelendiğinde, bazı bölgelerde noktaların yığılım gösterdiği

ve faya çok yakın oldukları gözlenmektedir. Bu nedenle uygun nokta dağılımını sağlamak üzere ek noktaların bölge içinde planlanmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Beutler, G., Baversima, I., Gurtner, W., Rothacher, M., Schildknecht, T. 1988, Static positioning with the Global Positioning System (GPS): State of the art in Lecture Notes in Earth Sciences, E. Groten and R. Strauss (Eds.), Springer-Verlag 19, 363-380.
- Caspary, W.F. 1987, Concept of Network and Deformation Analysis, School of Surveying, The University of New South Wales Kensington, N.S.W., Australia.
- Chen, R. 1991, On the Horizontal Crustal Deformation in Finland, Reports of the Finnish Geodetic Institute, 91:1.
- Davis, J.L., Prescott, W.H., Svarc, J.L. and Wendt, K.J. 1983, Assessment of Global Positioning System measurements for studies of crustal deformation, Journal of Geophysical Research 94, B10, 13635-13650.
- DeMets, C., Gordon, R.G., Argus, D.F. and Stein, S. 1990, Current plate motions, Geophysical Journal of International 101, 425-478.
- Dixon, T.H. 1991, An introduction to the Global Positioning System and some geological applications, Reviews of Geophysics 29, 249-276.
- Eyidoğan, H. 1983, Legha sınırlarının kinematik özellikleri-deprem verileri, Levha Tektoniği, Nezihi Camteç, (Ed.). Jeoloji-Jeofizik Lisansüstü Yazokulu.
- Feigl, K.L., King, R.W. and Jordon, T.H. 1990, Geodetic measurement of tectonic deformation in the Santa Maria fold and thrust belt, California, Journal of Geophysical Research 95, B3, 2679-2699.
- Gordon, R.G. and Stein, S. 1992, Global tectonics and space geodesy, Science 256, 333-342.
- Hempton, M.H. 1987, Constraints on Arabian plate motion and extensional history of Red Sea, Tectonics 6, 687-705.
- Jaeger, J.C. 1969, Elasticity, Fracture and Flow, Methuen, London, 268 pages.
- Kakkuri, J. and Chen, R. 1989, Four dimensional adjustment of the Finnish first-order triangulation: Results of a test computation, in Degelopments in Four Dimensional Geodesy, Brunner, F.K. and Rizos, C. (Eds.), Springer Verlag, 161-171.
- Kakkuri, J. and Chen, R. 1991, On Horizontal Crustal Strain in Finland, IAG General Assembly, Vienna, August 11-24.
- Kasapoğlu, K.E. 1981, Kuzey Anadolu Fayı için önerilen çok fazlı faylanma mekanizması ve ilgili depremlerin öngörülmesi, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni 24, 51-56.

- Larson, K.M. and Agnew, D.C. 1991, Application of the Global Positioning System to crustal deformation measurements precision and accuracy, *Journal of Geophysical Research* 96, B10, 16547-16650.
- McKenzie, D. 1972, Active tectonics of the mediterranean region, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 30, 109-185.
- McKenzie, D. 1978, Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt the Aegean sea and surrounding regions, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 55, 217-254.
- Mierlo, J.V. 1982, Some aspects of strain analysis by geodetic methods, *Forty years of thought* 2, 507-526.
- Minster, J.B. and Jordan, T.H. 1978, Present day plate motions, *Journal of Geophysical Research* 83, B11, 5331-5355.
- Oral, M.B. 1992, Investigation of the tectonic deformations in the eastern mediterranean (unpublished manuscript).
- Presscott, W.H., Savage, J.C. and Kinoshita, W.T. 1979, Strain accumulation rates in the Western United States between 1970 and 1978, *Journal of Geophysical Research* 84, B10, 5423-5435.
- Presscott, W.H., Dagg, J.L. and Svarc, J.L. 1989, Global Positioning System measurements for crustal deformation, precision and accuracy, *Science* 244, 1337-1340.
- Rothacher, M., Beutler, G., Gurtner, W. and Schildknecht, T. 1991, *Manual of the Bernese GPS Software Version 3.3*.
- Taymaz, T., Jackson, J. and McKenzie, D. 1991, Active tectonics of the north and central Aegean Sea, *Geophysical Journal of International* 106, 433-490.
- Turcotte, D.L. and Schubert G. 1982, *Geodynamics*, John Wiley & sons Newyork.
- Welsch, W.M. 1981, Description homogeneous horizontal strains and some remarks to their analysis, *Proceedings of International Symposium on Geodetic Networks and Computations DGK, München*, 258/V, 188-205.
- Welsch, W.M. 1986, Some aspects of the analysis of geodetic strain observations in kinematic models, *Tectonophysics* 130, 437-458.

GRAVİTE YÖNTEMİNDE MONTE CARLO ALGORİTMASI İLE MODEL PARAMETRELERİNİN HESAPLANMASI

Computation of Gravimetric Model Parameters by Monte Carlo Method

Davut AYDOĞAN*

ÖZET

Gravite yönteminde ana amaç, yeryüzünde ölçülen verilerden yeraltı kütle dağılımlarının modellenmesidir. Amaca uygun olarak seçilen bir ters çözüm tekniği ile elde edilen veriyi neden olan, kütle dağılımlarının fiziksel özellikleri veya düşey geometrileri belirlenebilir.

Bu çalışmada, iki boyutlu kesik yatay plaka modeline ait geometrik parametreler ile yoğunluk farkının belirlenmesi için Monte Carlo algoritmasının uygulanabilirliği araştırılmıştır. Algoritma, elde edilen veriyi belirli sınırlar arasında gelişigüzel gürültü ekleyerek, model parametrelerinin hesaplanması ilkesine dayalıdır. Bu amaca yönelik olarak iki adet kuramsal modele ait parametreler, önce Levenberg-Marquardt, daha sonra da Monte Carlo yöntemiyle hesaplanmıştır. Bu yöntem ile verinin gürültü içermesi durumunda bile model parametrelerinin belirlenebileceği gösterilmiştir. Arazi örneği, Radhakrishna, Murthy ve Krishnamacharyulu'nun (1990) yayınladıkları makaleden alınmış olup, veriyi neden olan olası model parametreleri Monte Carlo algoritması ile belirlenmiştir.

ABSTRACT

The main purpose of gravity method is the modelling of subsurface mass distribution from the surface measurements. By a proper selection of an inversion technique, one can determine the physical properties and vertical geometry of subsurface mass distributions causing the surface anomalies.

In this study, the applicability of Monte Carlo method to the determination of geometrical parameters and density contrast related to 2-D truncated horizontal plate is investigated. The algorithm is based upon the computation of model parameters by adding random noise, generated within a selected interval, to the observed data. For this purpose, parameters related to two theoretical models are computed both using the Levenberg-Marquardt method and the Monte Carlo method. Even in the presence of noise, the Monte Carlo method yields the correct model parameters. The measured data are taken from Radhakrishna, Murthy and Krishnamacharyulu (1990), and the corresponding model is constructed by using the Monte Carlo algorithm.

GİRİŞ

Jeofizik çalışmalarının önemli bir bölümü, yeraltı yapılarının modellenmesine yöneliktir. Önerilen bir yeraltı yapısının uygulanan yöntemle tepkisinin hesaplanmasına "düz çözüm" veya "modelleme", gözlemsel veriyi neden olan yeraltı yapısının belirlenmesi işlemine ise ters çözüm adı verilir.

Gelişigüzel bir yeraltı yapısının tam olarak modellenmesi için sonsuz sayıda parametreye gereksinim vardır. Sonsuz sayıda model parametresinin belirlenmesi ola-

naksız olup, problemi çözülebilir hale getirmek için modelin idealleştirilmesi gerekir. Yeraltı yapısının modellenmesi için bazı ayrıntıların gözardı edilmesi ile model idealleştirilerek, sonlu sayıda parametre ile modelleme gerçekleştirilebilir. Ters çözüm işleminde, gözlemsel veriyi uygun düşecek idealleştirilmiş olası bir yeraltı modeli alınarak, parametreler kestirilmeye çalışılır. Uygun seçilmemiş bir model fonksiyonu hesaplanan olası modelin geometrik veya fiziksel parametrelerinin ters çözüm sonucunda anlamsız değerler almasına neden olabilir. Çok çözümlülük

* I.Ü. Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Avcılar, 34840 İstanbul.

durumu da gözönünde tutulursa, hesaplanan model tepkisinin gözlemsel veri ile uyum içinde olmasına rağmen, gerçeği ile ilgisi olmayan bir yeraltı yapısının elde edilmesi olasıdır.

Ters çözüm kuramına ilişkin inceleme ve araştırmalar günümüzde de sürmektedir. Bunlardan önemli bazı çalışmalar, tarih sırasına göre aşağıdaki şekilde verilebilir. Backus ve Gilbert (1967), jeofizikte ters problem çözümlerine temel oluşturan kuramlar ortaya koymuş ve uygulama örnekleri vermişlerdir. Jackson (1972), dikdörtgen şekilli denklem sistemlerinin jeofizik problemlerine uygulanışını göstermiştir. Pedersen (1977), genelleştirilmiş ters çözüm kuramını kullanarak potansiyel alan verilerini yorumlamıştır. Last ve Kubik (1983), kütleli geometrik fonksiyonunu en küçüğe indirgeyerek yeraltı yoğunluk dağılımını hesaplamışlardır. Bhaskara Rao (1990), kuadratik yoğunluk fonksiyonunu kullanarak, asimetrik trapezoidal bir modelin gravite belirtisini yorumlamıştır.

Bu çalışmada ise, gravitede, kesik yatay plaka modeline ait parametrelerin hesaplanmasında, Monte Carlo algoritmasının uygulanabilirliği araştırılmıştır.

TERS ÇÖZÜM KURAMI

Jeofizikte gözlemsel değerlerden yararlanarak yeraltı yapısı bulunmaya çalışılır. Jeofizik problemlerinin bir kısmında, ters çözüm için modelin $P_j (j=1, n)$ parametreleri ile $G_i (i=1, m)$ gözlemsel değerleri arasında doğrusal bir ilişki vardır. Bu tür problemlerin çözümü için gerekli olan doğrusal denklem sistemi

$$G = AP \quad (1)$$

dizey eşitliği ile verilebilir. Burada, G gözlemsel değerlerin oluşturduğu veri vektörü, A Jacobian dizeyi, P ise model parametrelerini içeren bilinmeyenler vektörüdür. Jeofizikteki ters problemlerin bir bölümü ise, doğrusal olmayan problem türündendir. Bu durumda, modelin tepkisi ile model parametreleri arasında doğrusal bir ilişki yoktur. Problemin çözümü için model fonksiyonu Taylor serisine açılır ve ikinci ve daha yüksek mertebeden türevli terimler gözardı edilerek denklem doğrusallaştırılır.

Model parametreleri için alınan p_j^0 ön kestirim değerleri ile hesaplanan model tepkisini $C(x, p_j^0)$, şeklinde göstererek, doğrusallaştırma işlemi,

$$C(x, p)_i = C(x, p_j^0)_i + \sum_{j=1}^n \frac{\partial C(x, p_j^0)_i}{\partial p_j^0} (p_j - p_j^0) \quad (2)$$

şeklinde yazılabilir. Gözlemsel veri ile model tepkisi arasında ΔG fark vektörünü, A Jacobian dizeyini ve parametrelere uygulanacak Δp düzeltme miktarlarını sırası ile,

$$\Delta G_i = G(x)_i - C(x, p)_i \quad (2a)$$

(2) denklemi (2a) da yerine konarak

$$A_{ij} = \frac{C(x, p_j^0)_i}{p_j^0} \quad (2b)$$

$$\Delta p_j = p_j - p_j^0 \quad (2c)$$

şeklinde göstererek ve

$$\Delta G = A \Delta p \quad (3)$$

dizey denklemi elde edilir.

Gözlemsel veri sayısının parametre sayısından fazla olması durumunda, uygulanacak düzeltme miktarları, (3) eşitliğinden, genelleştirilmiş en küçük kareler çözümü ile aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$\Delta p = (A^T A)^{-1} A^T \Delta G \quad (4)$$

Gerçekte aranan olası model parametreleri ise, ön kestirim parametreleri ile oluşturulan bir başlangıç modelinden yinelenmeli olarak,

$$p_j^{k+1} = p_j^k + \Delta p_j^k \quad (5)$$

denklemden hesaplanabilirler. Burada, k yineleme sayısıdır.

Ters çözüm işlemi sırasında bir önceki model parametrelerine eklenecek düzeltme değerlerini saptamak için, kuramsal $C(x, p^k)$ değerlerinin ve A Jacobian dizeyini oluşturan parametrelere göre türevlerinin, her yineleme aşamasında, analitik veya sayısal olarak hesaplanması gerekir.

Başlangıç model parametrelerinin ne olacağına ilişkin matematiksel bir yöntem çoğu kez yoktur. Ön kestirim parametrelerinin problemi hazırlayan araştırmacı tarafından öngörülmesi gerekir (Tulunay 1987). Genelde, biçimi gözlemsel veriye benzeyen kuramsal bir belirti oluşturan ön kestirim parametreleri ile algoritma başlatılır.

Yukarıdaki (4) eşitliğinde, $A^T A$ dizeyinin tekil değerler alması durumunda çözümün sağlanabilmesi için bazı yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan birisi, Levenberg-Marquardt veya bir başka deyişle sönümlü en küçük kareler yöntemidir (Marquardt 1963, 1970, Levenberg 1944). Bu yöntemde β Marquardt katsayısı olmak üzere, parametre düzeltme miktarları,

$$\Delta p = (A^T A + \beta I)^{-1} A^T \Delta G \quad (6)$$

bağıntısından hesaplanmaktadır. Bu denklemde I birim dizeydir. β keyfi seçilebilen bir katsayı olmasına rağmen, doğrusal olmayan problemlerin çözümlerinde yakınsama için önemli bir faktördür. Doğrusal ve doğrusal olmayan problemlerin çözümlerinde karşılaşılan tekil değer sorununun üstesinden gelmek amacı ile geliştirilmiş diğer bir algoritma ise, tekil değer ayrışımı (SVD) yöntemidir. Bu yöntemde göre, A Jacobian dizeyi üç dizeyin çarpımı olarak,

$$A_{mn} = U_{mq} S_{qq} V_{qn}^T \quad (7)$$

şeklinde verilir (Golub ve Reinsch 1970). Bu eşitlikte, U

dizeyi için q adet m uzunluğunda veri özyöneği, V dizeyi içinde ise q adet n uzunluğunda parametre özyöneği vardır. Son olarak, S dizeyinin köşegeni üzerinde q adet tekil değerler (singular values) büyükten küçüğe doğru sıralanırlar. Bu algoritmaya göre parametre düzeltme miktarları,

$$\Delta p = VS^{-1}U^T \Delta G \quad (8)$$

denkleminde elde edilirler (Lines ve Treitel 1984). Tekilliliği yok etmek için Lawson ve Hanson (1974) ile Jupp ve Vazoff (1975), Marquardt sönüm faktörünü Tekil Değer Ayrışımı yöntemine eklemişlerdir. Bu yolla önemli bir sorun ile karşılaşmadan, parametre düzeltme miktarları,

$$\Delta p = V \text{diag} \left(\frac{S}{S^2 + \beta} \right) U^T \Delta G \quad (9)$$

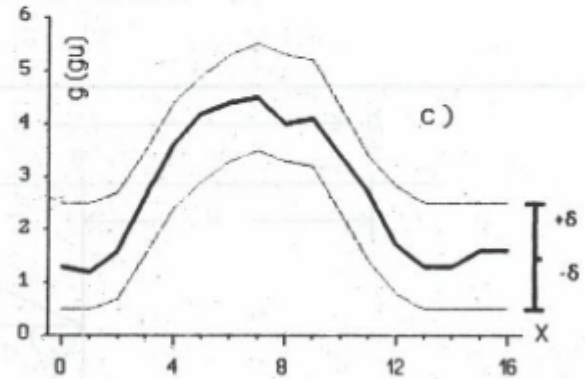
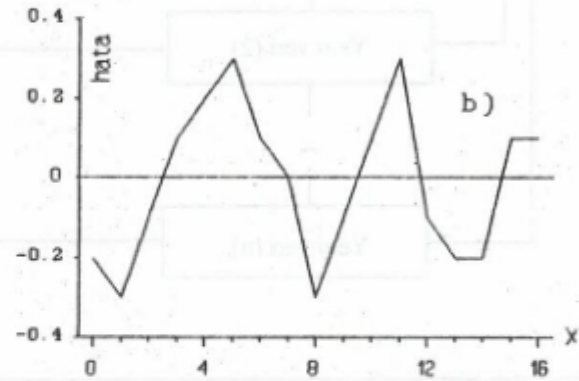
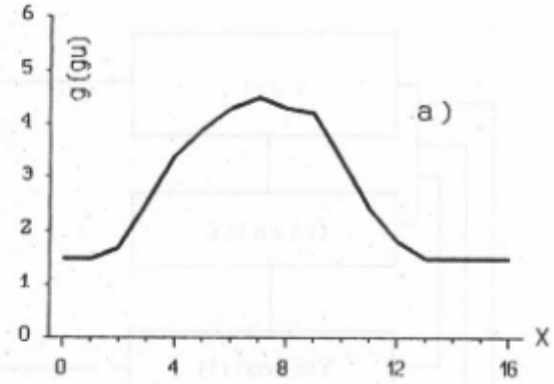
denkleminde hesaplanırlar.

Ters çözüm işleminde, model fonksiyonu Taylor serisine açılarak problem doğrusalmış gibi çözüldüğünden, gerçek parametreler yerine, olası parametreler hesaplanmaktadır. Gerçek modele yaklaşımda ters çözüm işleminin başarısı, ön kestirim değişkenleri, kurulan modelin tepki fonksiyonu, gözlem değerlerinin niteliği ve uygulanan ters çözüm yöntemi ile sıkı sıkıya bağlıdır.

Ters çözüm sonucunda hesaplanan olası model parametrelerinin doğruluğunun denemesi ve güvenilirlik sınırlarının belirlenmesi, ters çözüm işleminin anlam kazanması açısından oldukça önemlidir (Aydoğan 1992). Parametrelerin güvenilirlik sınırlarının araştırılmasında Monte Carlo yöntemi kullanılabilir (Press. ve diğ. 1989, sayfa 529-532.). Bu yöntemde, veriye gelişigüzel (random) hata miktarı eklenerek, belirli sınırlar arasında, verinin yorumlanmasına olanak verilir (Şekil 1). Bu durum, genellikle, arazi uygulamalarında oldukça önemlidir. Gerek gözlemsel değerlerin ölçümü sırasında ve gerekse anomali çizimlerinden (kesitlerden) doğacak hata, gürültülü bir veriye neden olabilir. Gürültülü bir arazi verisinin değerlendirilmesi için veriye belirli sınırlar arasında hata ekleyerek (örneğin 1 gu; 1 gu=0.1 mgal) veri sınırlandırılır. Sınırlandırılmış seviyeler arasındaki herhangi bir belirti gerçek belirtiye uygun olabilir. Parametrelerin hesaplanması sırasında, seçilen sınırlar arasında kalan ve değişik şekillerde olan belirti ile parametre değerleri pek çok kez belirlenmeye çalışılır. Yöntemin algoritması Şekil 2'de gösterilmiştir. Hesaplanan olası parametrelerin yinelenme sayısı incelenerek en yüksek yinelenme sayısına karşılık gelen parametreler, en iyi olası model parametreleri olarak alınırlar.

KESİK YATAY PLAKA MODELİNİN GRAVİTE BELİRTİSİ

Yeryüzeyinde ölçülen gravite verileri, jeolojik birimlerdeki yoğunluk farklılığından etkilenmektedir. Gözlenen verilerin doğru yorumlanabilmesi için, onlara neden olan yeraltı yapısının diğerlerinden ayrıştırılması gerekir. Yüzeysel malzemenin altında oluşan jeolojik sınırların eğimini belirlemek oldukça zordur. Bu tür yatay olarak uza-

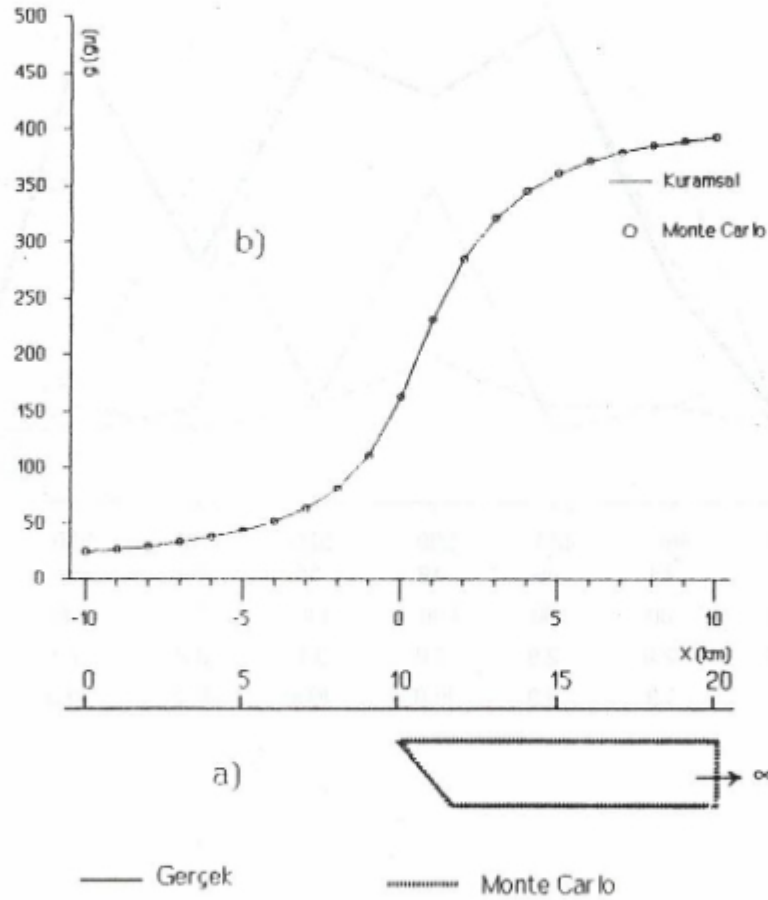


Şekil 1. Veriye gürültü eklenmesi: veri (a), gürültülü veri (b), gürültü sınırlarını (-3,3) gu göstermektedir.

Fig. 1. Adding noise to the data: data (a), noise (b), noise added data (c). δ , shows the noise range within (-3,3) gu.

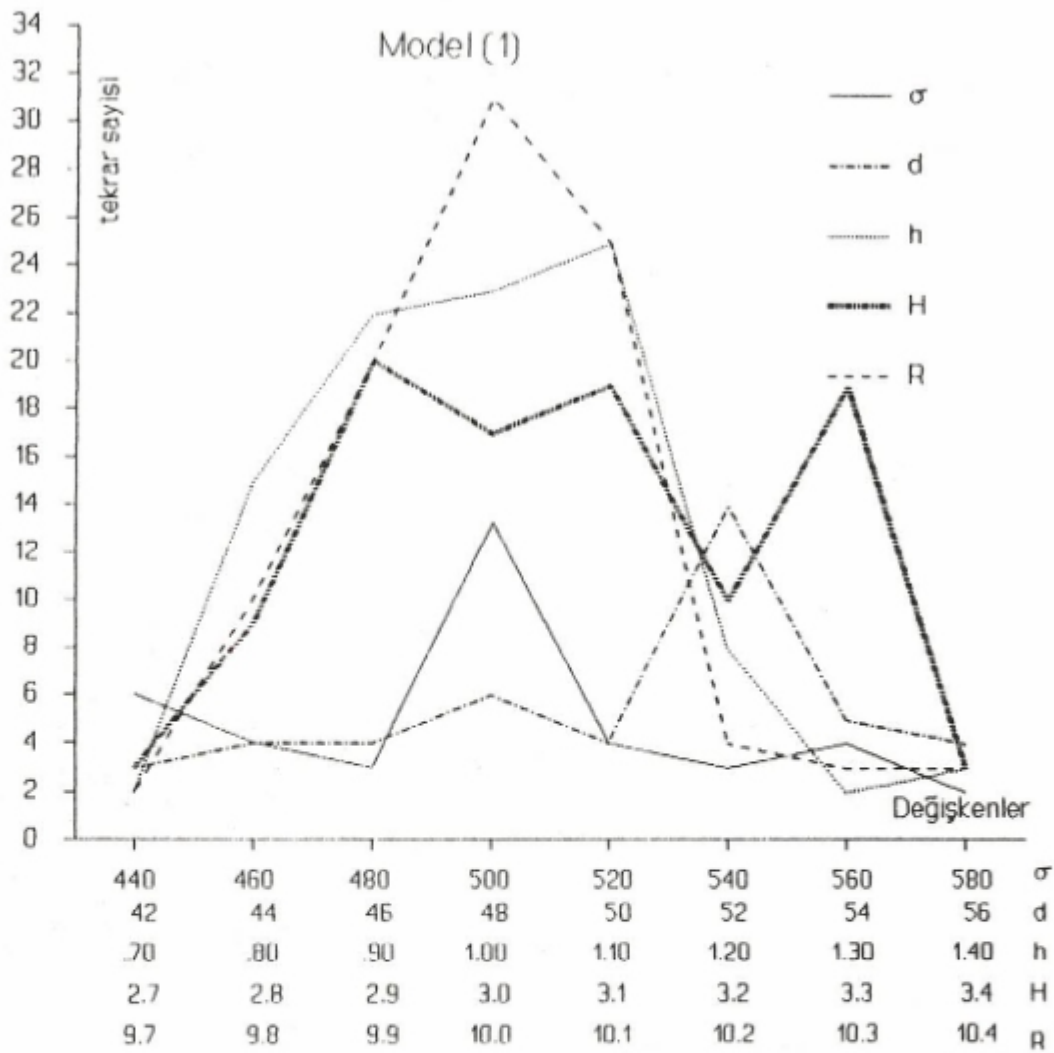
MODEL (1)

Parametreler	Gerçek	Levenberg-Marquardt	Monte Carlo
σ (kg/m ³)	500.0	499.0	500.0
d (°)	50.0	50.2	52.0
h (km)	1.000	1.001	1.000
H (km)	3.000	3.007	3 $\pm$ 1
R (km)	10.000	10.001	10.000



Şekil 4. Kuramsal Model (1) için gerçek ve hesaplanan modelin geometrisi (a), gerçek ve hesaplanan gravite belirtileri (b).

Fig. 4. The geometry corresponding to the real and computed model (a), anomalies corresponding to the real and computed gravity (b) for the theoretical Model (1).

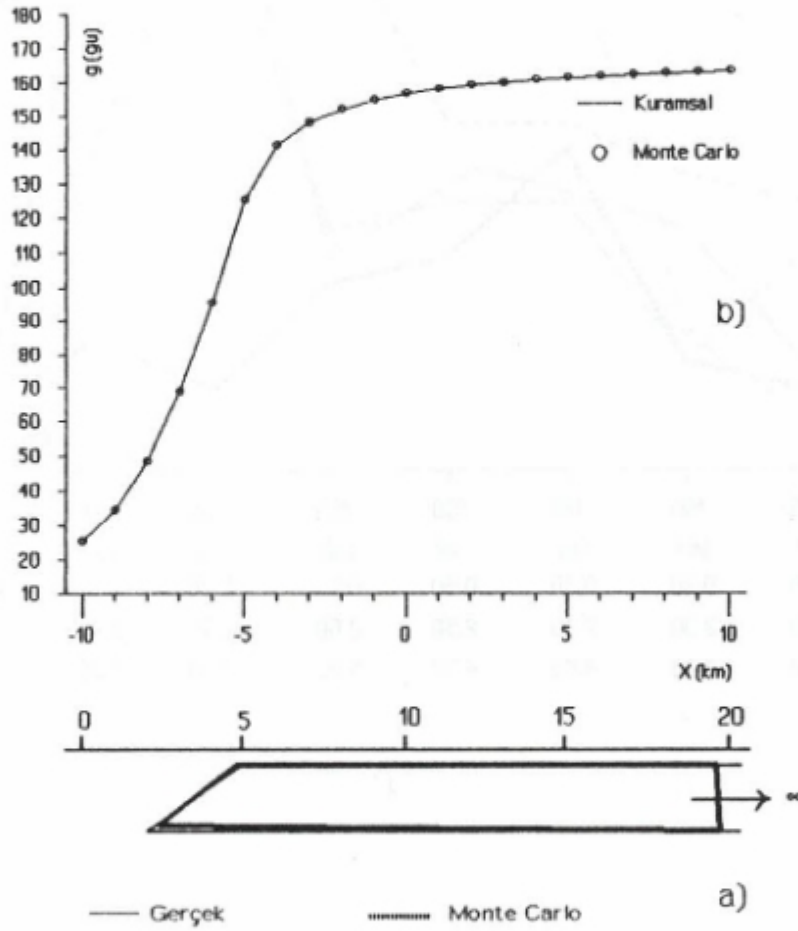


Şekil 5. Kuramsal Model (1) için Monte Carlo yöntemi ile hesaplanan en iyi olası model parametreleri.

Fig. 5. The best possible computed parameters related to the theoretical Model (1).

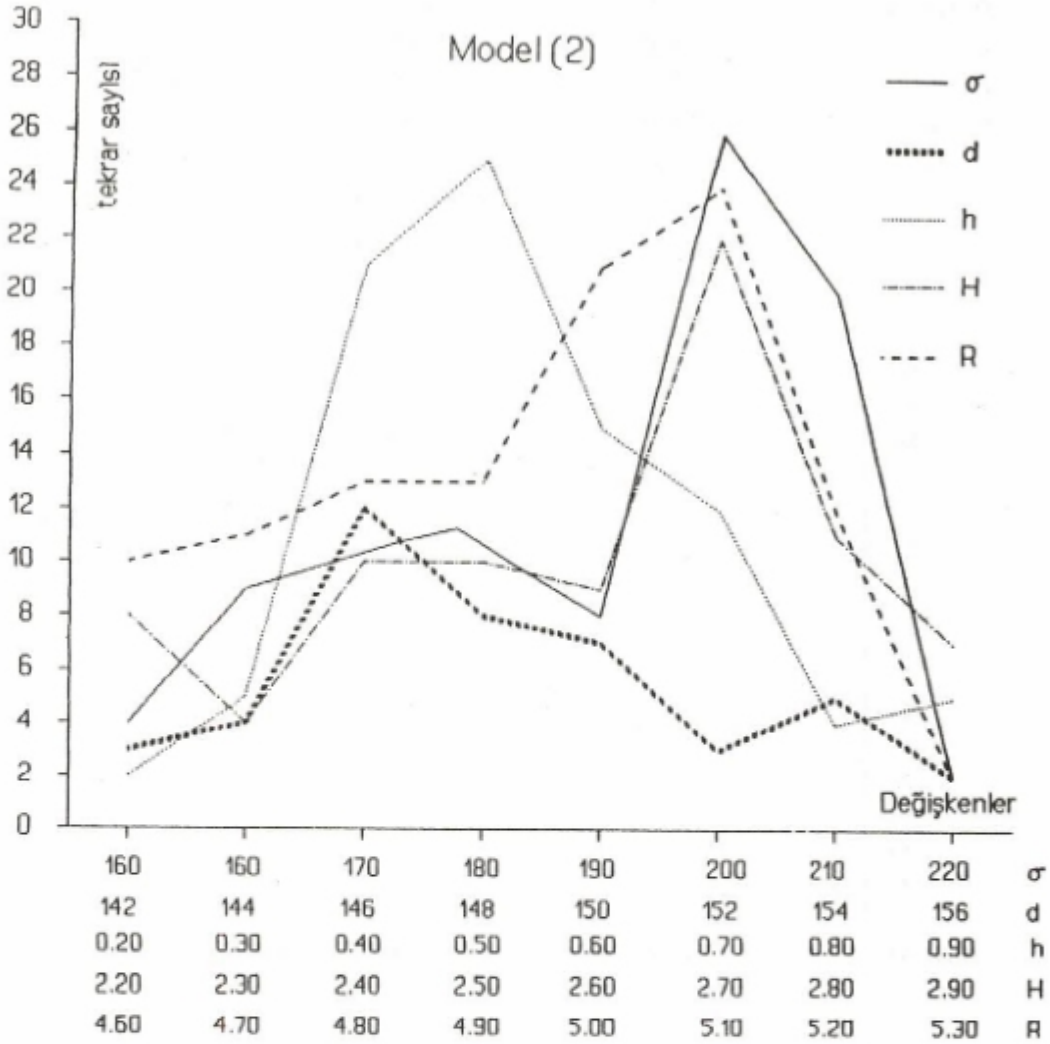
MODEL (2)

Parametreler	Gerçek	Levenberg-Marquardt	Monte Carlo
σ (kg/m ³)	200.0	195.0	200.0
d (°)	150.0	148.8	148.0
h (km)	0.500	0.487	0.500
H (km)	2.500	2.545	2.700
R (km)	5.000	4.974	5.050



Şekil 6. Kuramsal Model (2) için gerçek hesaplanan modelin geometrisi (a), gerçek ve hesaplanan gravite belirtileri (b).

Fig. 6. The geometry corresponding to the real and computed model (a), anomalies corresponding to the real and computed gravity (b) for the theoretical Model (2).



Şekil 7. Kuramsal Model (2) için Monte Carlo yöntemi ile hesaplanan en iyi olası model parametreleri.

Fig. 7. The best possible computed model parameters related to the theoretical Model (2).

nan ve farklı yoğunluklu kayaç topluluklarının modellenmesinde kesik yatay plaka modeli kullanılabilir. Şekil 3 de gösterilen kesik yatay plaka modelinin gravite tepkisi,

$$g(x) = 2G\sigma \left\{ [x \sin(d) + h \cos(d)] \left[\sin(d) \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right) - \cos(d) (\phi_2 - \phi_1) \right] + H \left(\frac{\pi}{2} + \phi_2 \right) - h \left(\frac{\pi}{2} + \phi_1 \right) \right\} \quad (10)$$

şeklinde verilir (Telford ve diğ. 1976, McGrath 1991). Bu denklemde G uluslararası gravite sabiti, σ yoğunluk farkı, H ve h sırası ile kesik yatay plaka modelinin alt ve üst yüzey derinliği, d plaka ucundaki eğim açısıdır. Diğer parametreler ise Şekil 3 teki gibidir.

MODEL PARAMETRELERİNİN HESAPLANMASI

Şekil 3 te gösterilen kesik yatay plaka modeline ait σ , h, H, d ve R (keyfi bir başlangıç noktasından modelin ucu arasındaki uzaklık) parametrelerine göre, her noktada kısmi türevlerinin hesaplanması gerekir. Model fonksiyonun karmaşık bir matematik ifadeler topluluğu olmadığı durumlarda, analitik türev alma kuşkusuz en iyi olanıdır. Analitik türev alma olanaklı değilse, sayısal türev alınabilir. Yukarıdaki (10) eşitliğinden kısmi türevler analitik olarak,

$$\frac{\partial g(x)}{\partial \sigma} = 2G \left\{ [(X-R)\sin(d) + h \cos(d)] \left[\sin(d) \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right) - \cos(d) (\phi_2 - \phi_1) \right] + H \left(\frac{\pi}{2} + \phi_2 \right) - h \left(\frac{\pi}{2} + \phi_1 \right) \right\} \quad (11a)$$

$$\frac{\partial g(x)}{\partial h} = -2G\sigma \left(\frac{\pi}{2} + \phi_1 \right) \quad (11b)$$

$$\frac{\partial g(x)}{\partial H} = 2G\sigma \left(\frac{\pi}{2} + \phi_2 \right) \quad (11c)$$

$$\frac{\partial g(x)}{\partial d} = 2G\sigma \left\{ [(X-R)\sin(d) + h \cos(d)] \left[\cos(d) \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \sin(d) (\phi_2 - \phi_1) \right] + [(X-R)\cos(d) - h \sin(d)] \left[\sin(d) \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right) - \cos(d) (\phi_2 - \phi_1) \right] + H \left(\frac{\pi}{2} + \phi_2 \right) - h \left(\frac{\pi}{2} + \phi_1 \right) \right\} \quad (11d)$$

$$\frac{\partial g(x)}{\partial R} = 2G\sigma \left\{ \sin(d) \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right) - \cos(d) (\phi_2 - \phi_1) \right\} \quad (11e)$$

şeklinde elde edilirler (Radhakrishna ve diğ. 1990). Herbir model parametresine göre A Jacobian dizeyinin sütunlarını oluşturan kısmi türevler,

$$A = \begin{bmatrix} \frac{\partial g_1}{\partial \sigma} & \frac{\partial g_1}{\partial h} & \frac{\partial g_1}{\partial H} & \frac{\partial g_1}{\partial d} & \frac{\partial g_1}{\partial R} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial g_m}{\partial \sigma} & \frac{\partial g_m}{\partial h} & \frac{\partial g_m}{\partial H} & \frac{\partial g_m}{\partial d} & \frac{\partial g_m}{\partial R} \end{bmatrix} \quad (12)$$

olarak yazılabilir.

Bu çalışmada, Monte Carlo algoritması kullanılmadan önce, kuramsal modellere ait parametrelerin hesaplanmasında Levenberg-Marquardt algoritması kullanılmıştır. Her yineleme aşamasında gözlemsel değerler ile hesaplanan parametrelerin oluşturacağı kuramsal belirtiler arasındaki farkları içeren amaç fonksiyonu,

$$f = \sum_{i=1}^m [G(x_i) - C(x, p)_i]^2 \quad (13)$$

şeklinde tanımlanır. Ters çözüm işlemi sırasında, f amaç fonksiyonu en küçük yapan model parametreleri kümesi aranır. Levenberg-Marquardt algoritmasına göre, model parametrelerinin hesaplanmasında kullanılacak olan denklem sistemi (9) bağıntısı ile verilmiştir.

KURAMSAL ÖRNEKLER

Çalışmada, anlatılan ters çözüm işlemi iki adet kuramsal model üzerinde uygulanmıştır. Önce, Levenberg-Marquardt yöntemi ile kuramsal modellere ait parametreler hesaplanmıştır. Daha sonra da, hesaplanan olası model parametrelerinin güvenilirlik sınırlarının araştırılması için Monte Carlo yöntemi uygulanmış ve sonuçları aşağıda irdelenmiştir. Kuramsal modellere ait ön kestirim değerleri ile Levenberg-Marquardt yöntemi ve Monte-Carlo algoritması kullanılarak hesaplanan olası parametreler Çizelge 1'de topluca verilmiştir. Kuramsal model ile hesaplanan modelin geometrik konumları ve gravite belirtileri, model (1) için Şekil 4, model (2) için ise Şekil 6'da grafiklenmiştir. Her iki şekilden de, hesaplanan modellerin gerek geometrik konumlarının ve gerekse gravite belirtilerinin gerçeği ile uyum içinde oldukları görülmektedir. Böylece, yapılan ters çözüm işleminin başarıya ulaştığı söylenebilir. Hesaplanan olası model parametrelerinin güvenilirlik sınırları

Çizelge 1. Model (1) ve Model (2) için, gerçek model parametreleri ve ters çözüm sonucu hesaplanan olası model parametreleri.

Table 1. The theoretical model parameters, and computed model parameters from inversion, corresponding to Model (1) and Model (2).

KURAMSAL MODEL (1)				
Gerçek Model Parametreleri.				
σ (kg/m ³)	Açı (o)	h (km)	H (km)	R (km)
500	50.000	1.000	3.000	10.000
Ön Kestirim Değerleri				
1.000	80.000	2.000	5.000	9.500
Levenberg-Marquardt yöntemi kullanılarak elde edilen olası model parametreleri				
Yineleme=11		Chisq=0.00399		
499	50.192	1.001	3.007	10.001
Monte Carlo algoritması kullanılarak elde edilen olası model parametreleri				
500	52	1.000	3.100	10.000
KURAMSAL MODEL (2)				
Gerçek Model Parametreleri				
σ (kg/m ³)	Açı (o)	h (km)	H (km)	R (km)
200	150.000	0.500	2.500	5.000
Ön Kestirim Değerleri				
1000	100.000	1.000	4.000	4.500
Levenberg-Marquardt yöntemi kullanılarak elde edilen olası model parametreleri				
Yineleme=12		Chisq=0.0081		
195	148.841	0.487	2.545	4.974
Monte Carlo algoritması kullanılarak elde edilen olası model parametreleri				
200	148.000	0.500	2.700	5.050

larının araştırılması için, yapay modellere ait kuramsal gravite belirtilerine gelişigüzel hata eklenip, Monte Carlo algoritması ile olası model parametreleri hesaplanmıştır. Hesaplanan model parametreleri, model (1) için Şekil 5 ve model (2) için ise, Şekil 7'de grafiklenmiştir. Bu grafiklere bakıldığında, gelişigüzel gürültü içeren kuramsal belirtileri kullanarak, Monte Carlo algoritması ile gerçeğe yakın model parametrelerinin hesaplanabildiği görülmektedir. Burada gözönünde bulundurulması gereken önemli nokta, diğer ters çözüm yöntemlerinde olduğu gibi, Monte Carlo

yönteminde de modelin alt yüzeyine ait parametre daha az güvenilirlikle hesaplanabilmektedir. Bu durum, problemin doğasından kaynaklanmaktadır. Sonuç olarak, Monte Carlo algoritmasının gürültü içeren arazi verilerine de uygulanabileceği söylenebilir.

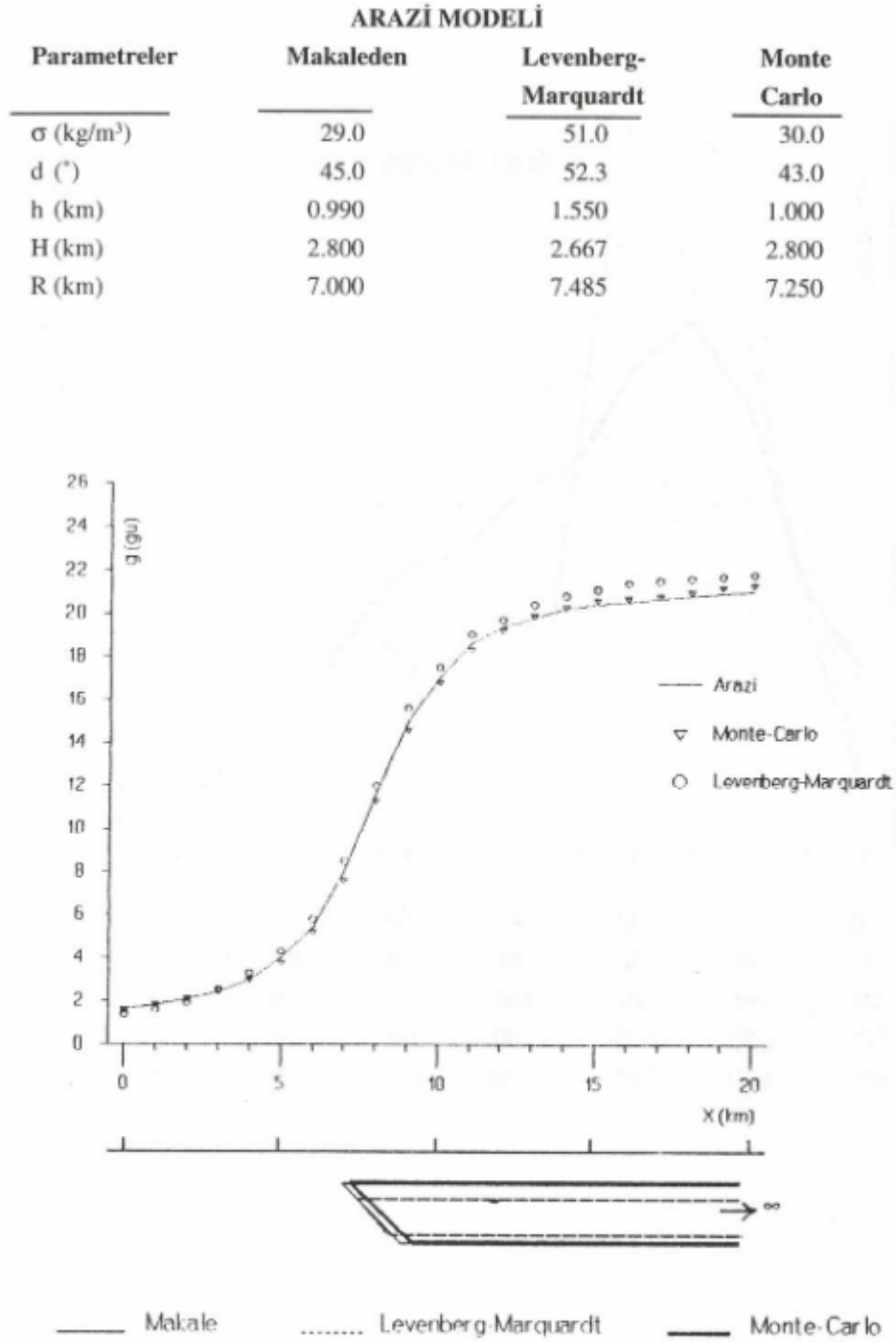
ARAZİ ÖRNEĞİ

Monte Carlo yönteminin uygulanmasında kullanılan arazi örneği, Radhakrishna, Murthy ve Krishnamacharyulu'nun (1990) yayınladıkları makaleden alınmıştır. Arazi değerlerinin oluşturduğu gravite belirtisine herhangi bir veri işlem yöntemi uygulanmadan, veriye neden olan jeolojik yapının geometrik parametreleri yoğunluk farkının hesaplanması için, önce Levenberg-Marquardt yöntemi kullanılmış ve hesaplanan değerler Şekil 8'de grafiklenmiştir. Şekilden de görüleceği üzere, hesaplanan parametrelerin yukarıda adı geçen yazarların hesaplamış oldukları ile aynı olduğu pek söylenemez. Buna neden olarak, makaledeki grafikten gravite değerlerinin okunması sırasında yapılan okuma hataları, ön kestirim değerlerinin uygun alınmaması, amaç fonksiyonunun 0.28371 olarak hesaplanması ile yakınsamanın sağlanamadığı gösterilebilir. Arazi verisinin gürültülü olabileceği kabul edilmiş ve Monte Carlo yöntemi uygulanmıştır. Yöntemin uygulanışı sırasında arazi değerlerine (-1,1) gu sınırları arasında değişen gelişigüzel hata eklenerek, yöntem 300 kez tekrarlanmıştır. Tekrarlama sayılarına göre Şekil 9'da grafiklenen model parametreleri incelenirse, yukarıda adı geçen yazarlar tarafından hesaplanan parametreler ile Monte Carlo yöntemi ile hesaplanan olası model parametrelerinin iyimser bir yaklaşımla, aynı oldukları söylenebilir. Arazi verisine ait geometrik konumlar ve gravite belirtileri Şekil 8'de, topluca gösterilmiştir. Bu grafikler incelendiğinde, arazi modeline en iyi uyum sağlayan olası modelin, Monte Carlo yöntemi ile hesaplanan model olduğu görülmektedir.

SONUÇ

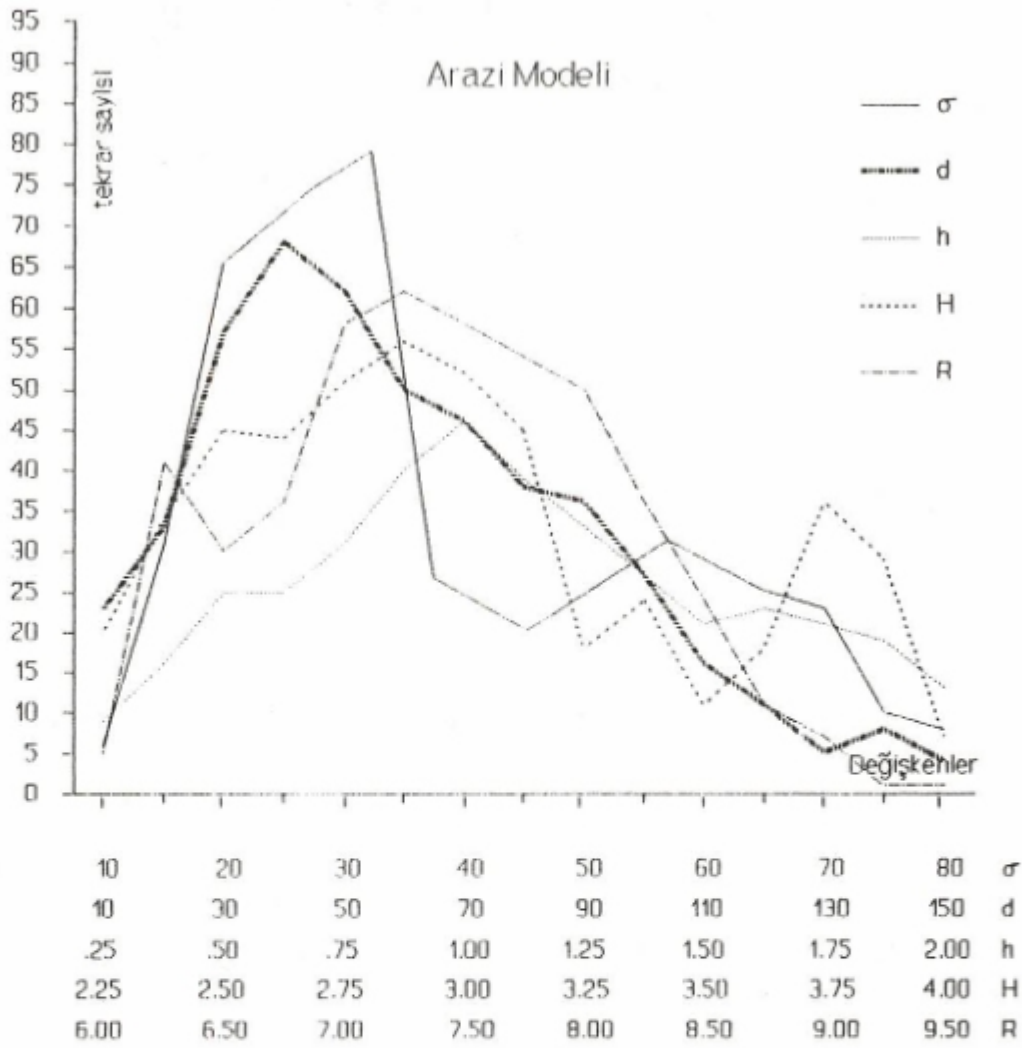
Jeofizikteki problemlerin bir kısmında, yeryüzeyinde gözlenen veriler ile onlara neden olan yeraltı parametreleri arasında doğrusal bir ilişki yoktur. Bu tür problemlerin çözümlerinde, model tepki fonksiyonu bir ön kestirim etrafında Taylor serisine açılarak çözüm arama yoluna gidilmektedir. Başlangıçta gerçek modele uygun olmayan bir model ile işleme başlandığından, ters çözüm sonucunda, ancak olası model parametreleri hesaplanabilmektedir. Jeofiziğin en önemli sorunlarından olan çok çözümlülük olayı, bu durumu daha da karmaşık bir hale getirmektedir.

Bir ters çözüm işleminin başarıyla uygulanabilmesi için herşeyden önce, kullanılan verinin gürültü içermemesi gerekir. Gürültülü veri ile yapılacak bir ters çözüm ile ya gerçeklerle ilgisi olmayan model parametreleri hesaplanmakta ya da yineleme sonuçsuz kalmaktadır. Ön kestirim değerlerinin ve kullanılan algoritmanın da ters çözüm işlemi üzerinde etkili olduğu söylenebilir.



Şekil 8. Olası arazi modelleri ve gravite belirtileri (Radhakrishna, Murthy ve Krishnamacharyulu, 1990).

Fig. 8. Possible field models and their gravity anomalies (Radhakrishna, Murthy and Krishnamacharyulu, 1990).



Şekil 9. Şekil 8'de verilen arazi modeli için, Monte Carlo yöntemi ile hesaplanan en iyi olası model değişkenleri.

Fig. 9. The best possible model parameters related to the field model as given in Figure 8, computed using Monte Carlo method.

Bu çalışmada, kuramsal olarak hesaplanan gravite belirtilerinden onlara neden olan model parametreleri, önce Levenberg-Marquardt yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Daha sonra, modellerin gravite belirtilerine gürültü eklenerek, modellere ait parametreler Monte Carlo algoritması ile hesaplanmaya çalışılmıştır. Kuramsal modellerden de görüleceği üzere, gürültülü gravite belirtilerinden, olası model parametreleri hesaplanabilmiştir. Buradan hareketle, Monte Carlo algoritmasının arazi verilerine de uygulanabileceğine karar verilmiş olup, bir uygulaması yapılmıştır (Şekil 8). Monte Carlo algoritması, gerek kuramsal modellerden ve gerekse arazi uygulamasından alınan sonuçlara dayalı olarak; genelde gürültü içerebilen, arazi verilerinin değerlendirilmesinde kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Aydoğan, D. 1992, Yeraltı Yoğunluk Dağılımının Tesbitinde Ters Çözüm Tekniği, İ.Ü. Fenbilimleri Enstitüsü, Doktora tezi (yayınlanmamış).
- Backus, G.E. and Gilbert, J.F. 1967, Numerical application of formalism for geophysical inverse problems, *Geophys. J. Roy. Astr. Soc.* 13, 247-276.
- Bhaskara Rao, D. 1990, Analysis of gravity anomalies of sedimentary basins by an asymmetrical trapezoidal model with quadratic density function, *Geophysics* 55, 226-231.
- Golub, G.H. and Reinsch, C. 1970, Singular value decomposition and least squares solutions, *Numerical Mathematics* 13, 403-420.
- Jackson, D.D. 1972, Interpretation of inaccurate, insufficient and inconsistent data, *Geophys. J. Roy. Astr. Soc.* 28, 97-109.
- Jupp, D.L.B. and Vozoff, K. 1975, Stable iterative methods for the inversion of geophysical data, *Geophys. J. Roy. Astr. Soc.* 42, 957-976.
- Last, B.J. and Kubik, K. 1983, Compact gravity inversion, *Geophysics* 48, 713-721.
- Lawson, C.L. and Hanson, R.J. 1974, *Solving Least Squares Problems*, Prentice-Hall Inc. New Jersey.
- Levenberg, K. 1944, A method for the solution of certain non-linear problems in least squares, *Quarterly of Applied Mathematics* 2, 164-168.
- Lines, L.R. and Treitel, S. 1984, A review of least squares inversion and its application to geophysical problems, *Geophysical Prospecting* 32, 159-186.
- Marquardt, D.W. 1963, An algorithm for least squares estimation of non-linear parameters, *Journal of the Society of Industrial and Applied Mathematics* 11, 431-441.
- Marquardt, D.W. 1970, Generalized inverse, ridge regression, biased linear estimation and non linear estimation, *Technometrics* 12, 591-612.
- McGrath, P.H. 1991, Dip and depth extent of density boundaries using horizontal derivatives of upward-continued gravity data, *Geophysics* 56, 1533-1542.
- Pedersen, L.B. 1977, Interpretation of potential field data, a generalized inverse approach, *Geophysical Prospecting* 25, 199-230.
- Press, W.H., Flannery, B.P., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T. 1989, *Numerical Recipes*, Cambridge University Press.
- Radhakrishna Murthy, I.V., Krishnamacharyulu, S.K.G. 1990, Automatic inversion of gravity anomalies of faults, *Computers and Geosciences* 16, 539-548.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. and Keys, D.A. 1979, *Applied Geophysics*, Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Tulunay, Y. 1987, *Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları*, İ.Ü. Rektörlük yayını, No: 3420.

A NEW METHOD FOR ESTIMATING THE DIRECTION OF A BODY CAUSING A MAGNETIC ANOMALY

Manyetik Anomaliye Neden Olan Bir Yapının Mıknatıslanma Yönünün Bulunması İçin Yeni Bir Yöntem

Abdullah ATEŞ*

ABSTRACT

Inclination and declination of the earth's magnetic field causes distortion on the magnetic anomalies of the structures. In addition to the distortion from the Earth's magnetic field, the remanent magnetisation associated with the magnetic body may also further deteriorate the distortion. Therefore, it is necessary to estimate the body magnetisation prior to processing magnetic anomalies.

ÖZET

Yer manyetik alanının eğim ve sapma açıları, mıknatıslanmaya duyarlılığı olan yapıların manyetik anomalilerinde bozucu etki yaratır. Mıknatıslanmaya duyarlılığı olan bu yapılardaki kalıcı mıknatıslanmanın varlığı yer manyetik alanının bozucu etkisini daha da kötüleştirir. Bu nedenlerle, manyetik anomalileri herhangi bir işleme tabi tutmadan önce yapı mıknatıslanmalarının yönü bilinmelidir.

INTRODUCTION

The induced component of the Earth's magnetic field at a known location may be shown as in Fig. 1. In case of

remanence effect from the causative body, the total field may be different from that of Earth's field (Fig. 2).

The method which removes the distortion in a mag-

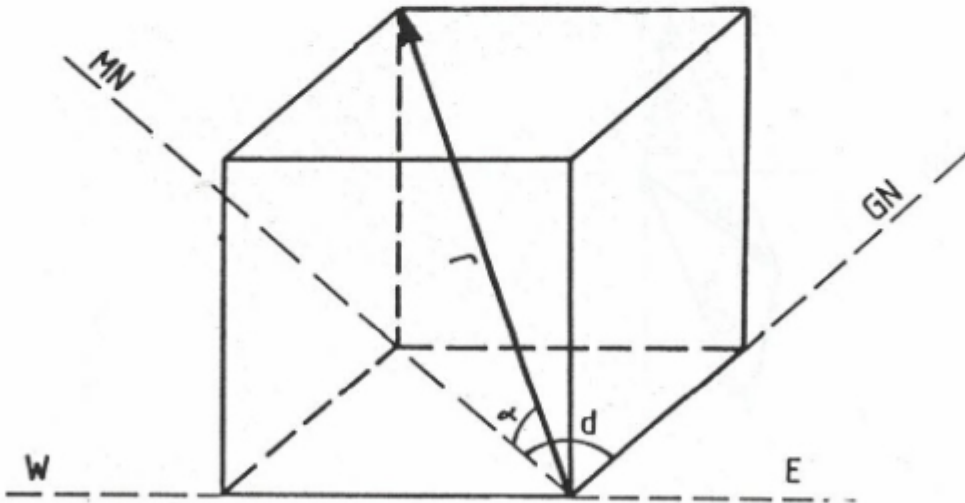


Fig. 1. Induced component of the Earth's magnetic field. GN= Geographic north, MN= Magnetic north, α =Inclination, d = Declination angles.

Şekil 1. Yer manyetik alanının indüksiyon bileşkesi. GN= Coğrafik kuzey, MN= Manyetik kuzey, α = Eğim, d = Yatım açıları.

* Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Jeofizik Müh. Bölümü, Beşevler, 06100 Ankara.

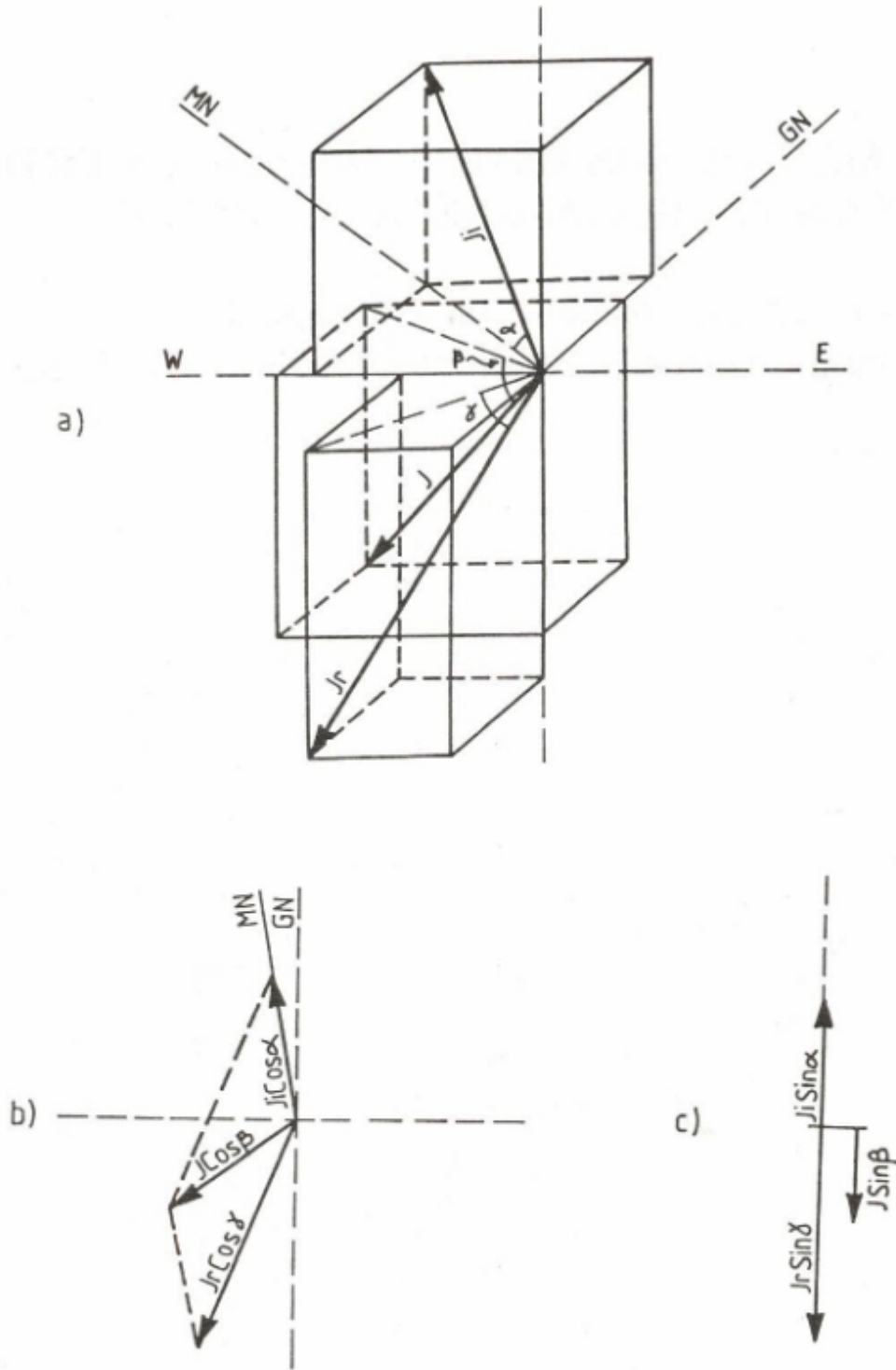


Fig. 2. a) Elements of the body magnetisation. Angles and intensities are shown arbitrarily for illustration purpose, b) Horizontal, c) Vertical components of the body magnetisation. GN= Geographic north, MN= Magnetic north, J_i , J_r , J are the induced, remanent and total magnetisations.

Şekil 2. a) Yapı mıknatıslanmasının elemanları. Örnek göstermek amacıyla açılar ve vektör büyüklükleri keyfi olarak alınmıştır, b) Yapı mıknatıslanmasının yatay, c) Düşey bileşenleri, GN= Coğrafik kuzey, MN= Manyetik kuzey, J_i , J_r , J sırayla, indüklem, kalıcı ve toplam mıknatıslanmalardır.

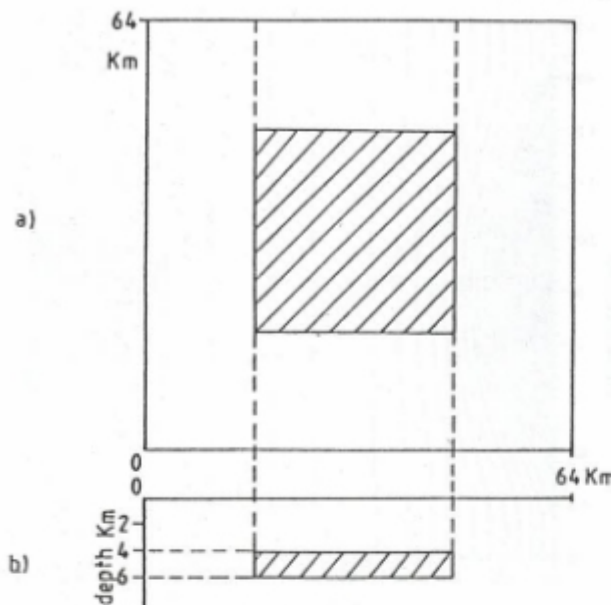


Fig. 3. Model (a-plan, b-section) used to produce the gravity and magnetic anomalies. Dimensions are 30x30x2 km; $\rho = 1 \text{ Mg m}^{-3}$, $J = 1 \text{ Am}^{-1}$.

Şekil 3. Gravite ve manyetik anomalileri üretmek için kullanılan model (a-plan, b-kesit). Boyutlar 30x30x2 km dir; $\rho = 1 \text{ Mg m}^{-3}$, $J = 1 \text{ Am}^{-1}$.

netic field has been known as reduction to pole transformation and it gives the magnetic anomaly of the causative body as if it were at the magnetic North Pole and this yields more detailed interpretation. However, body magnetisation is needed to be known, in order to carry out the reduction to pole transformation.

A new method has been developed in order to estimate the body magnetisation. The method searches for the maximum correlation between the gravity and the pseudogravity anomaly map.

The pseudogravity anomalies is known as transformation of magnetic anomalies into gravity anomalies and is first developed by Baranov (1957). A full description of the pseudogravity transformation is given by Ateş (1992). The new method described here is applied to the field data over a part of the Worcester Graben, western England by Ateş and Kearey (in review).

TESTING OF THE METHOD

The method has been tested on gravity and aeromagnetic anomalies of a theoretical model. Figure 3 shows the parameters of a prism shaped body buried at 4 km depth with 30x30x2 km dimensions. Gravity anomalies of this model (Fig. 4) produced using "prism" programme (Kearey, 1977). A density of 1 Mg m^{-3} has been used for the model.

Magnetic anomalies (nT) of the model shown in Fig-

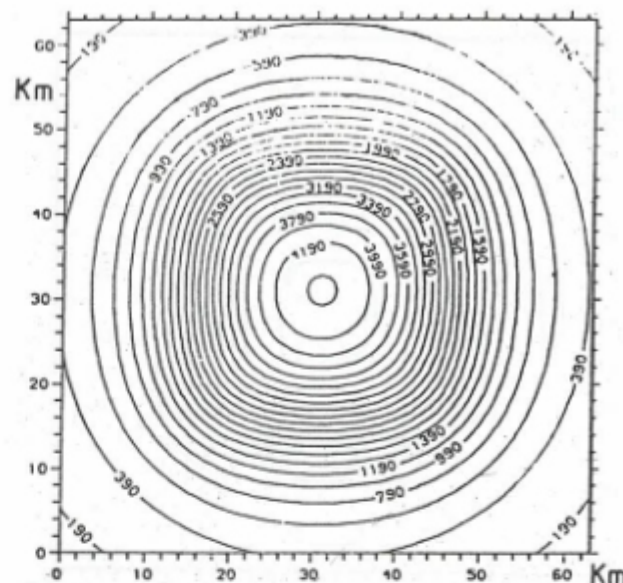


Fig. 4. Gravity anomalies (gu) of the model shown in Fig. 3

Şekil 4. Şek. 3 deki modelden oluşturulan gravite anomalileri (gu).

ure 5 have been produced at an angle of magnetisation of 90° . Where intensity of magnetisation, J is kept at 1 Am^{-1} . Then the data for the same model of the gravity and magnetic maps have been correlated using the method described by Ateş and Kearey (in review).

Fig. 6 shows the contoured correlation plot of C_{id} in which the angle of the inclination and the declination of the body magnetisation varies from 40° to 140° . It can be seen that the minimum contour value is at 90° of inclination and there is no any declination as expected.

In a second test case, only the angle of the magnetisation was changed from 90° to 70° whilst all other body parameters kept same as in Fig. 3. Similarly, magnetic anomalies (Fig. 7) of this newly defined model has been produced. Then the correlation procedure according to the method of Ateş and Kearey (in review) has been carried out. In Fig. 8 the contoured correlation plot of C_{id} is shown. The angle of the inclination of the body magnetisation varies from 50° to 130° whilst the declination of the body magnetisation varies from -50° to 50° . It can be seen from Figure 8 that the estimated magnetisation angle at about 75° .

CONCLUSIONS

The distortion caused to the magnetic anomalies due to the induced component of the Earth's magnetic field and existing remanence may be removed by estimating the direction of the body magnetisation.

Test cases in Figures 5 and 6 for 90° and Figures 7 and 8 for 70° angle of body magnetisation present the reliability of the method.

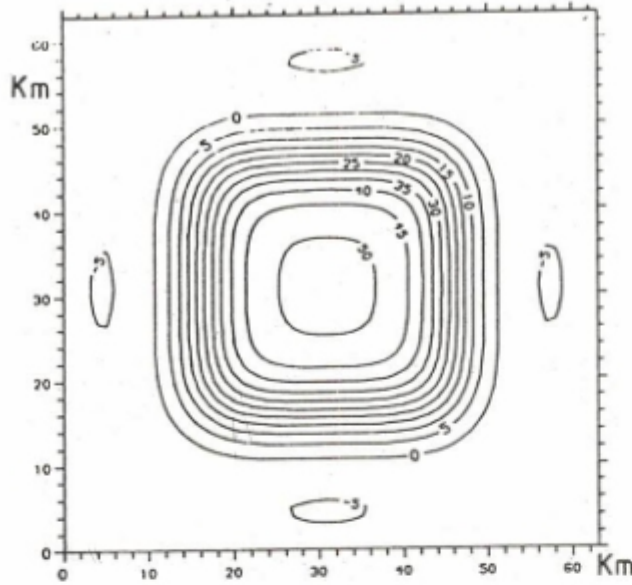


Fig. 5. Magnetic anomalies (nT) of the model shown in Fig. 3. Inclination of the magnetisation angle is 90° .

Şekil 5. Şek. 3 deki modelden oluşturulan manyetik anomaliler. Manyetizasyon açısının eğimi 90° dir.

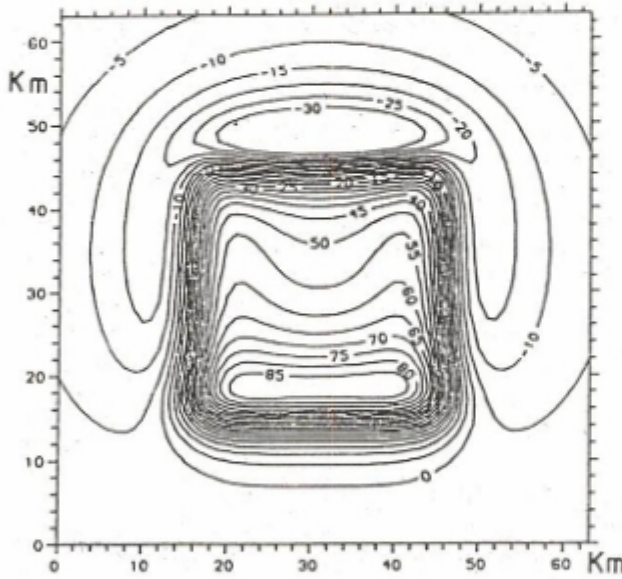


Fig. 7. Magnetic anomalies (nT) for the model shown in Fig. 3. Inclination of the magnetisation angle is 70° .

Şekil 7. Şek. 3 de oluşturulan modele ait manyetik anomaliler (nT). Manyetizasyon açısının eğimi 70° dir.

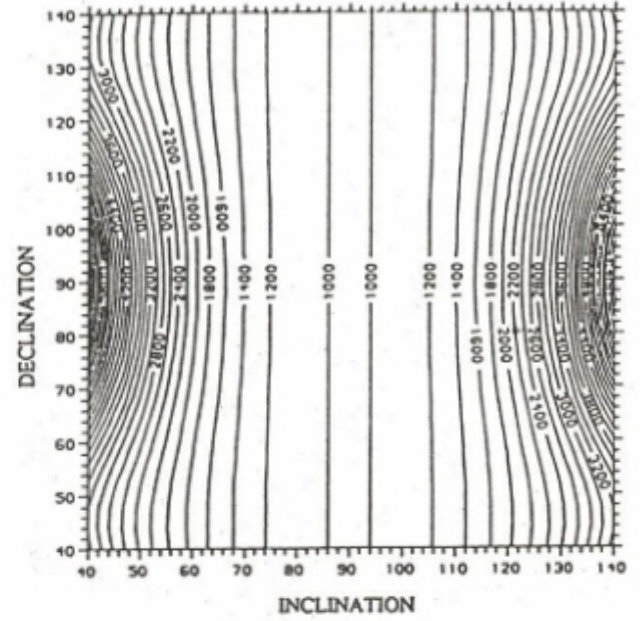


Fig. 6. Correlation measure C_{id} for the gravity and magnetic anomalies shown in Figures 4 and 5.

Şekil 6. Dördüncü ve beşinci şekillerde oluşturulan gravite ve manyetik anomalilerin korelasyon ölçüsü C_{id} .

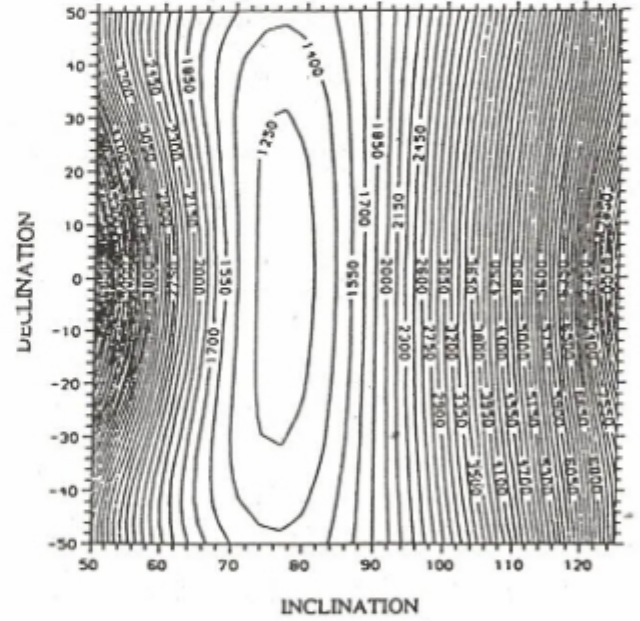


Fig. 8. Correlation measure C_{id} for the gravity and magnetic anomalies shown in Figures 4 and 7.

Şekil 8. Dördüncü ve yedinci şekillerde oluşturulan gravite ve manyetik anomalilerin korelasyon ölçüsü C_{id} .

Error of about 5° in the estimation of the magnetisation angle in Figure 8 appears to be caused by edge effects. The method should also be used with caution at low latitudes due to the instability of the pseudogravity transform at these angles.

REFERENCES

- Ateş, A. 1992, Geophysical Investigations into the Deep Structure of the Bristol area, Ph. D thesis, University of Bristol, England (unpublished).
- Ateş, A. and Kearey, P., 1994, Deep structure of the Worcester Graben inferred from potential-field data, *Jl. Geol. Soc. London* (in review).
- Baranov, V. 1957, A new method for interpretation of aeromagnetic maps: Pseudo-gravimetric anomalies, *Geophysics* 22, 359-388.
- Kearey, P. 1977, Computer programme "prism" to compute gravity and magnetic anomalies of a suite of right rectangular prism, University of Bristol, (unpublished).

YAZI VERENLER

DAVUT AYDOĞAN

1954 yılında Rize'de doğdu. 1981 yılında İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nden Jeofizik Mühendisi olarak mezun oldu. 1984 yılında Y.Ü. Kocaeli Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. 1987'de Jeofizik Yüksek Mühendisi olup, 1988 yılında İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nde aynı görevde çalışmaya başladı. 1992 yılında doktora derecesi aldı. 1993 yılından itibaren Yardımcı Doçent Doktor olarak çalışmalarına devam etmektedir.



ABDULLAH ATEŞ

1959 yılında Kayseri'de doğdu. İ.Ü. Yer Bilimleri Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nden 1982'de mezun oldu. 1984'de M.E.B.'liği doktora bursunu kazanarak İngiltere'ye gönderildi. 1988'de Bath Üniversitesi'nden Master, 1992'de Bristol Üniversitesi'nden Doktora derecesini aldı. Halen Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nde Yardımcı Doçent, Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde yarı-zaman öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. Potansiyel alan verisi analizi, tektonik yorum ve sismoloji konularında araştırma yapmaktadır. TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası üyesidir.



YAYIM KOŞULLARI

JEOFİZİK dergisinde yayımlanacak yazıların aşağıda belirtilen koşullara uygun olarak hazırlanması gerekmektedir. Biçim olarak yayım koşullarına uymayan yazılar incelemeye alınmadan geri verilecektir. Gönderilecek yazılar, bir asıl ve üç kopya olmak üzere, özet, abstract, ana yazı, kaynaklar, şekil ve çizelge alt yazıları ayrı bölümler halinde daktilo edilmelidir.

JEOFİZİK dergisinde yayımlanmak üzere gönderilmiş makalelerle ilgili bütün yazışmalar TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Yayın Kurulu ile yapılır.

Başka yayın organlarında yayımlanmış veya yayım için gönderilmiş makaleler basılmayacaktır. Yazarlar, makalenin Yayın Kurulu'na ilk gönderilişinde bir sunuş mektubu ile yazının başka bir yerde yayımlanmadığını ve bundan sonra da yayım için sunulmayacağını belirtmelidir. Yayımlanamaz kararı ile yazarlarına geri verilen makaleler başka bir dergide yayımlanabilir. Ayrıca, yazarlar adreslerini ve yazışmaların hangi yazar ile yürütüleceğini mektuplarında belirtmelidirler. Yazarların Jeofizik Mühendisleri Odası üyesi olma zorunluluğu yoktur.

Jeofizik Dergisinde makaleler verilen sırada yayımlanır. 1. Sismik, 2. Elektrik ve Elektromanyetik, 3. Gravite, 4. Manyetik, 5. Kuyu Ölçüleri, 6. Genel Jeofizik, 7. Diğerleri. Aynı konudaki makalelere Yayın Kurulu'na geliş tarihine göre öncelik verilir.

KONULAR

Bilimsel makaleler, tartışmalar, arazi etüdleri, mesleki eğitim, Jeofizik bilimini ve mesleğini doğrudan veya dolaylı ilgilendiren yazı ve incelemeler dergide basılabilir. Mesleki gelişime katkıda bulunan veya meslek sorunlarının çözümüne yardım eden her türlü yazı, yeterli düzeyde olması koşuluyla yayıma açıktır.

YAYINA KABUL

Dergiye basım için gönderilen herhangi bir yazı öncelikle Yayın Kurulu tarafından incelenecektir. Ancak, bu ilk inceleme yazının bilimsel özü ile ilgili olmayıp, yayım amaçlarımıza ve yayım kurallarına uygunluğunun araştırılması şeklindedir. Konu, Jeofizik Mühendislerine doğrudan veya dolaylı bir yarar sağlamıyorsa veya yayım kurallarına uygun değilse incelenmesi durdurulmaktadır. İlk seçimden sonra, makalenin konusunda uzmanlığı ile tanınmış üç hakeme başvurulmaktadır. İki olumlu görüşün bildirilmesi yazının basılması için yeterlidir. Genellikle, hakemler dü-

zeltme önermekte, hakemlerden gelen öneriler Yayın Kurulu'nca süzgeçten geçirilerek birleştirilmekte ve yazarlara bildirilmektedir. Kolay anlaşılabilirliğin ve bilimsel yeterliliğin sağlanması ile yazı basım için sıraya konmaktadır.

DİL VE ANLATIM

Basım için gönderilen yazıların çoğu bilimsel açıdan değerli olmasına rağmen, bazı önemsiz gibi görünen sorunlar nedeniyle birçok gereksiz yazışma yapılmakta, hem Yayın Kurulu'nun hem de yazarların zamanları boşa harcanmaktadır.

Yazılarda konunun özlü bir anlatımla verilmesine çalışılmalı ve konu gereksiz yere uzatılmamalıdır. Ancak, yazı anlaşılacak kadar kısa veya matematiksel bağıntı listesi şeklinde de hazırlanmamalıdır. Yazıda düzgün bir Türkçe kullanılmalı ve dilbilgisi kurallarına uyulmalıdır. Özellikle yeni bir konunun anlatımında, kullanılacak sözcüklerin seçimine özen gösterilmelidir. Dilimizde karşılığı olmayan terimler için öneri yapıldığında, yazı içerisinde ilk kullanılışında karşılığı ayrıca içinde verilmelidir. Yaygın olarak kullanılan ve geniş bir kesim tarafından kabul edilen Türkçe terimler için yeniden terim önerisi gerekli olmadıkça yapılmamalıdır.

YAZININ DAKTİLO EDİLMESİ

Yazılar bir asıl ve üç kopya olmak üzere hazırlanmalı ve iki aralıklı daktilo edilmeli, sayfaların üst, alt, sol ve sağ yanlarında boşluklar bırakılmalıdır. Şekiller, çizelgeler ve alt yazılar yazı içerisine konulmamalı, ayrıca daktilo edilmelidir. Yerleştirme ve yazılım açısından güçlük çıkarttığından dolayı dipnotlardan kaçınılmalıdır. Özet, Abstract, Anabashlıklar, Kaynaklar sayfa başından başlamak üzere yazılmalı ve bütün sayfalar numaralandırılmalıdır.

Yazıdaki daktilo hataları mutlaka el yazısıyla da olsa düzeltilmeli ve gözden kaçabilecek düzeltmelere olanak sağlamak amacıyla yukarıda da belirtildiği gibi yazı iki aralıkla daktilo edilmelidir. Daktilo yerine bilgisayarda kelime işlemcilerle yazılmış yazılar yayım için kabul edilir.

BAŞLIK VE ÖZET

Yazının başlığı mümkün olduğu kadar kısa olmalı, konuyu en iyi şekilde belirtmelidir. Özet 200 sözcüğü geçmemeli ve formül içermemelidir. Özeti İngilizcesi Abstract, başlığı ile verilmeli ve özetten kesinlikle farklı olmalıdır.

ANA METİN

Yazı üç aşamada kaleme alınmalıdır. Bunlar giriş, ana başlıklar ve sonuç bölümleridir. Yazı, giriş bölümüyle başlamalı ve daha önce yapılan çalışmalar ve yazının amacı tanıtılmalıdır. Daha sonra yazı ana başlıklara bölünerek, okuyucuya aktarılacak istenen düşünceler bir gelişim planına göre kaleme alınmalıdır. Sonuçlar bölümünde, elde edilen sonuçlar ve önerilen yöntemin kullanılmasıyla okuyucunun ne gibi yararlar elde edeceği özetlenmelidir. Ana başlıklar büyük harfle ve paragraf başı yapılmadan yazılmalıdır. Giriş ve sonuçlar dışında diğer ana başlıklar gerekirse alt başlıklara ayrılabilir. Alt bölüm başlıkları küçük harflerle ve ana başlıklarla aynı hizada yazılmalı ve dizgi sırasında farklı punto ile dizileceğinden altı çizilmelidir. Hem ana hem de alt başlıklardan sonra yazıya paragraf başı yapılarak devam edilmelidir.

Yazı içerisinde yazar adlarına değinim iki türlü gerçekleştirilebilir. Eğer, yazar adı cümlelerin öznesi olarak kullanılıyorsa, yazılım verilen örnekteki gibi olmalıdır. "Baker ve Carter (1972) bu konuda çeşitli araştırmalar yapmışlardır". Eğer, yazar adları cümlelerin bir parçası olarak kullanılmıyorsa izleyen örnekte olduğu gibi adlar ayrıç içinde verilmelidir. "Bu konuda çeşitli araştırmalar yapılmıştır (Baker ve Carter 1972)". Yazarlar yabancı olsa dahi, yazı içerisinde "and" ve "et.al" sözcükleri yerine, iki yazar için "ve" ikiden fazla yazar için "ve diğ." kullanılmalıdır. Kişisel konuşmalar metin içerisinde ayrıç içinde belirtilmeli ve kaynaklar bölümüne konulmamalıdır.

Şekil ve çizelgelerin metin içinde yazılımı da yazar adlarının yazılımı ile aynıdır. İzleyen örneklerde olduğu gibi iki tür yazılım kullanılmalıdır. "Şekil 14'de salınlı fonksiyonlar görülmektedir." ya da "Bu fonksiyonlar salınlı bir yapı gösterir (Şekil 14)". "Şekil ve çizelgeler yazı içerisinde geçiş sırasına göre numaralandırılmalıdır.

Matematik bağıntılarda kullanılan simgelerin, ilk geçişlerinde anlamları ve gerektiğinde birimleri verilmelidir. Metin içinde değinilen bağıntılar kesinlikle numaralandırılmalıdır. Tüm bağıntıların numaralandırılması yazara bağlıdır. Başkaları tarafından türetilen bağıntılar için kaynak verilmesine özen gösterilmelidir. Bağıntılar, paragraf başı yapılmadan (sola dayalı olarak) yazılmalıdır.

Çizelge 1. Temel Birimler

Büyüklik	Adı	Simgesi
Uzunluk	Metre	m
Kütle	Kilogram	Kg
Zaman	Saniye	s
Elektrik akımı	Amper	A
Termodinamik sıcaklık	Kelvin	K
Madde birimi	Mole	mol
Işık şiddeti	Kandela	cd

Çizelge 2. Özel Adları Olan SI Türetilmiş Birimler

Büyüklik	Adı	Simgesi	Tanımı	Temel Birimler cinsinden tanımı
Frekans	hertz	Hz	s^{-1}	s^{-1}
Kuvvet	newton	N	$kg.m/s^2$	$m.kg.s^{-2}$
Basınç, gerilme	pascal	Pa	N/m^2	$m^{-1}.kg.s^{-2}$
Enerji	joule	J	$N.m$	$m^2.kg.s^{-2}$
Güç	watt	W	J/s	$m^2.kg.s^{-3}$
Elektrik yükü	coulomb	C	$A.s$	$s.A$
Elektrik gerilimi	volt	V	W/A	$m^2.kg.s^{-3}.A^{-1}$
Elektrik sığası	farad	F	C/V	$m^{-2}.kg^{-1}.s^4.A^2$
Elektrik direnci	ohm	Ω	V/A	$m^2.kg.s^{-3}.A^{-2}$
Elektrik iletkenliği	siemens	S	Ω^{-1}	$m^{-2}.kg^{-1}.s^3.A^2$
Magnetik akı	weber	Wb	$V.s$	$m^2.kg.s^{-2}.A^{-1}$
Magnetik akı yoğunluğu	tesla	T	Wb/m^2	$kg.s^{-2}.A^{-1}$
İndüktans	henry	H	Wb/A	$m^2.kg.s^{-2}.A^{-2}$
Işık akısı	lumen	lm	$cd.sr$	$cd.sr$
Aydınlatma	lüks	lx	lm/m^2	$m^{-2}.cd.sr$
Etkinlik (radyonüklitlerin)	bequerel	Bq	s^{-1}	s^{-1}
Soğurulma miktarı (ışınım)	gray	Gy	J/kg	$m^2.s^{-2}$

Birimlendirme SI Birim Sistemi'ne göre yapılmalıdır. Kısaltmalarda SI Birim Sistemi kurallarına uyulmalıdır. En sık görülen yanlış birim kısaltmalarında nokta kullanılmasıdır. Yazarlara kolaylık sağlamak amacı ile bazı temel SI Birimleri Çizelge 1, 2 ve 3'de verilmiştir. Diğer tür kısaltmalarda ise, ilk yazılışta ayraç içinde kısaltmanın açık yazılımı verilmelidir. Örneğin, EM (elektromanyetik) gibi. Standart hale gelmiş simgeler dışında Yunan Harfleri kullanılmamalıdır. Genellikle, bu harfler el ile yazıldığından, basımevine kolaylık sağlamak için ilk geçişlerinde kurşun kalemle üstlerine okunuşu yazılmalıdır (teta, kappa).

Çizelge 3. SI Birimleri ile Kullanılabileceği Kabul Edilmiş Olan Birimler

Birim	Simgesi	SI Eşdeğeri
Dakika	min	60 s (Saniye)
Saat	h	3600 s
Gün	d	86 400 s
Derece	°	1° = (1/800)rad
Dakika	'	1' = (1/60)° = (π/10800)rad
Saniye	"	1" = (1/60)' = (π/648 000)rad
Litre	l	1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
Ton (Metrik)	t	10 ³ kg

ŞEKİL VE ÇİZELGELER

Şekiller aydınlatıcı kağıdına çizilmeli ve yazıları şablon ile yazılmalıdır. Şekillerin küçültülmesi olası olduğundan, bu durumda şekiller ve şekil üstündeki yazılar özelliğini kaybetmeyecek biçimde hazırlanmalıdır. Büyük boyuttaki şekiller, tek sayfa boyutunda basılacağından, özellikle bu tür şekillerin hazırlanmasına özen gösterilmelidir. Basım için elverişli olabilecek bilgisayar çıktıları dışında, basımda güçlük çıkaracak türde hazırlanan şekil veya çizelgeler kabul edilmeyecektir.

Her şekil ve çizelgenin üstüne kurşun kalemle numarası yazılmalıdır. Şekil ve çizelgelerin üst yazıları Türkçe ve İngilizce olarak ayrıca daktilo edilmelidir. Yazı içerisinde şekil ve çizelge terimleri yerine başka terimler kullanılmamalıdır.

Şekil ve çizelgelerde bulunan açıklayıcı bilgilerin yanına veya altına ayraç içinde İngilizceleri de yazılmalıdır.

KAYNAKLAR

Yazı içerisinde geçen bütün kaynaklar, yazı sonunda yazar soyadlarına göre alfabetik olarak verilmelidir. Aynı yazarın, aynı yılda birden fazla yazısı kaynak olarak gösterilmesi durumunda a, b, c şeklinde bir sıralama yıl sonuna eklenmelidir. Yazı içerisinde bir yazarın birden fazla yazısını belirtmek için yıllar virgülle ayrılarak verilmelidir. Örneğin (Kofoed 1979a, 1979b, 1980). Kaynaklar listesinde alt alta düşen aynı yazar adı için çizgi kullanmamalıdır. Birden fazla yazar olduğunda makale Türkçe ise "ve", İngilizce ise "and" sözcüğü kullanılmalıdır.

Makalelerin kaynak verilmesinde, yazar soyadı, adın ilk harfi, yıl, makale adı, yayımlandığı dergi, cilt no, sayfa noları sırasına uyulmalıdır. Aşağıdaki örneklerin incelenmesiyle anlatılmaya çalışılan kalıp açıklıkla görülebilir:

Klein, J.D., Biegler, T. and Horne, M.D. 1984, Mineral interfacial processes in the method of induced polarization, *Geophysics* 49, 1105-1114.

Klein, J.D. and Shuey, R.T. 1978a, Non linear impedance of mineral-electrolyte interface, Part I: Pyrite, *Geophysics* 43, 1222-1234.

Klein, J.D. and Shuey, R.T. 1978b, Non linear impedance of mineral-electrolyte interfaces, Part II: Galena, Chalcopyrite and Graphite, *Geophysics* 43, 1235-1249.

Kitapların kaynak verilmesinde, yazar soyadı, adın ilk harfi, yıl, kitabın adı, yayıncı sırasına uyulmalıdır. Sayfa sayısı ise belirtilmemelidir. Kitap adının yazılımında kelimelerin ilk harfleri büyük harf olmalıdır. Tez, rapor ve benzeri yazılar için de aynı kural geçerlidir.

MacDonald, D.D. 1977, *Transient Techniques in Electrochemistry*, Plenum Press, New York.

Kitap içerisinde yayınlanan makalelerin kaynak gösterilmesi aşağıdaki biçimde olmalıdır.

Sluyters-Rehbach, M. and Sluyters, J.H. 1970, Sine wave methods in the study of electrode processes in *Electroanalytical Chemistry* 4, J.A. Bard, (Ed.). Marcel Dekker, New York.

Smith, D.E. 1966, AC polarography and related techniques, in *Electroanalytical Chemistry* 1, J.A. Bard, (ed.). Marcel Dekker, New York.

Dergi, kuruluş ve yayıncı adlarında kısaltma yapılmamalıdır.

TEZ ÖZETLERİ

DÜŞEY SİSMİK PROFİL YÖNTEMİNDE DALGA ALANLARININ AYRIMI

Saim GÜL

Bu tezde, Düşey sismik profil yönteminde yatay tabakalanmış bir ortamda kaydedilen toplam dalga alanlarından aşağı ve yukarı doğru giden dalga alanlarının ayrımı üzerinde çalışılmıştır.

Düşey sismik profilde, yeryüzünde kuyuya yakın bir yerde bir enerji kaynağı tarafından meydana getirilen akustik dalgalar kuyu içerisinde kuyu duvarına yerleştirilen bir jeofonla kaydedilirler. Kuyu duvarına yerleştirilen jeofonla kaydedilen dalgalar, aşağı ve yukarı doğru giden dalga alanlarının süperpozisyonu olarak kaydedilirler. Aşağı ve yukarı doğru giden dalgalar, farklı yönlerde farklı hızlarla yayıldıkları için frekans-dalga sayısı (f-k) filtreleme tekniği ile kolayca birbirinden ayırt edilebilirler. Bu ayırımı olayı da düşey sismik profil verilerinin işlenmesinde en önemli adımlardan birisidir.

Düşey sismik profilde, sadece aşağı ve yukarı doğru giden dalgalar kaydedilmeyip aynı zamanda su veya akışkan varışları olarak da isimlendirilen tüp dalgaları da kaydedilirler. Bunlar, kuyu içindeki akışkan ve formasyon içinde yayılan dalgaların faz hızlarından küçük bir faz hızı ile yayılan yönlendirilmiş dalgalardır. Tüp dalgaları sınırlı bir görünür hız oranına sahip oldukları için uzaysal süzgeçlerle ayırt edilmeye uygun görünürler.

Uzaysal süzgeçlemenin asıl sorunu yetersiz örneklemeden kaynaklanan katlanma (aliasing) sorunudur. Verileri istenilen Nyquist frekansında örnekleme katlanma sorununu çözmek için yeterlidir.

Düşey sismik profilde en iyi veriler muhafaza borusu döşenmemiş ve çimentolanmamış çıplak kuyularda tek bir jeofonla kaydedilirler. Yine, verilerin kalitesi için; üç bileşenli jeofonların kullanılması, geçiş bandının geniş tutulması ve bütün jeofon seviyelerinde aynı frekansın devam ettirilmesi için kaynağın aynı olması gerekir.

İlke olarak Düşey sismik profil yansıma sismiğinin bir değişik şeklidir. Aralarındaki en büyük fark yansıma sismiğinin uzaklık-zaman ortamında kaydedilmesidir. Bu gerçek düşey sismik profil yöntemini yorumlamada neden etkili bir araç olduğunun göstergesidir. Dolayısıyla düşey sismik profilden çıkarılacak dekonvolüsyon operatörü kuyuya yakın yerlerdeki yansıma sismiği verilerini dekonvolüsyona tabi tutmakta da kullanılır.

Bu çalışmanın sonunda özellikle kaliteli verilerin mevcut olması durumunda aşağı ve yukarı doğru yayılan dalga alanlarını ayırt etmede uzaysal süzgeçlemenin başarılı olduğu görülmektedir.

Yüksek Lisans Tezi (1990)

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Danışman: Doç. Dr. Özer Kenar

KIZILCAHAMAM'IN DERİN ÖZDİRENÇ YAPISININ MANYETOTELÜRİK YÖNTEMLE İNCELENMESİ

Şevket KAYACI

İlkeleri 1950'li yıllarda belirlenmeye başlayan manyetotelürik yöntem 60'lı yıllardan bu yana petrol, maden ve yer kabuğu araştırmalarında başarıyla kullanılmaktadır. Elektromanyetik dalgaların bilinen "nüfuz derinliği" problemine bağlı olarak, yer kabuğunun sığ derinliklerine ait bilgiler, yüksek frekanslı, yer kabuğunun derin bölgelerine ait bilgiler ise alçak frekanslı manyetotelürik alan titreşimlerinden elde edilir. Önceleri kuramsal olarak hesaplanan abaklar ile yapılan değerlendirmeler günümüzde bilgisayarlarla daha hızlı ve doğru olarak yapılmaktadır.

Bu çalışmada Ankara'nın kuzeyinde Kızılcahamam civarında alınan manyetotelürik kayıtlardan yararlanılarak bölgenin derin öz direnç yapısı incelenmiştir.

Kızılcahamam manyetotelürik kayıtları 7 ayrı frekans aralığında genellikle 1024 boyundaki veriler olup birbirine dik elektrik ve manyetik bileşenlerin (E_x , H_y , E_y , H_x) ise bunlardan yararlanılarak KG ve DB yönünde görünür öz direnç değeri

şimleri frekansın fonksiyonu olarak hesaplanmıştır.

Görünür öz direnç eğrilerinin Bostick dönüşümleri sonuçları bize 1-B modelleme için gerekli giriş modelini vermektedir. Buradan hareketle DB ve KG yönleri için en iyi 1-B modellerin belirlenmesine çalışılmıştır.

Kızılcahamam civarında üstte 1300 ohm.m lik öz direncinde yaklaşık 5350 m kalınlıklı ilk tabakanın, volkanik yapıli kayalar ihtiva ettiğini söylememiz mümkündür. Bu tabakanın altında bulunan tabaka 1.9 ohm.m öz dirence sahip 140 m kalınlığında iletken bir yapı ihtiva etmektedir. Bölgenin termal bir bölge olduğunu düşünürsek bu tabakanın ısıtıcı magma cepleri ihtiva ettiğini söyleyebiliriz.

Büyük olasılıkla bu tabaka sıcak su katmanı olabilir. Üçüncü tabaka, 5000 ohm.m öz dirence sahip 4000 m kalınlığa sahip bir tabakadır. Bu tabakanın metamorfik kayalardan meydana geldiğini düşünebiliriz. Üçüncü tabakanın 3 ohm.m öz dirence sahip 650 m kalınlığında tekrar iletken bir tabaka görülmektedir. Bu tabaka büyük olasılıkla Conrad süreksizliğine karşılık gelmektedir. Beşinci tabakanın öz direnci 200 000 ohm.m kalınlığı ise yaklaşık 45 000 m dir. En altta ise öz direnci 100 ohm.m lik bir ortam bulunmaktadır.

Doğu-batı yönünde bu tabakaların kalınlıkları ve öz dirençleri biraz oynamaktadır. Buradan da iki veya üç boyutlu bir yapıya sahip olduğunu düşünmemiz mümkündür.

Yüksek Lisans Tezi (1991)

İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. O. Metin İlkışık

MAGNETOTELLURİK YÖNTEMİN PETROL ARAMALARINA UYGULANMASI

Zekeriya KORKMAZ

Teorisi Cagniard (1953) tarafından verilen magnetotellurik (MT) yöntemin maden aramalarında uygulanmasının nispeten uzun bir geçmişi vardır. Petrol içerebilecek derin yapılar ve temel kayanın saptanmasına yönelik çalışmalar aletsel gelişmelere bağlı olarak 1970'lerden itibaren başlamıştır. Sismik çalışmaların çok pahalı oluşuna karşılık magnetotellurik yöntem özellikle Sovyet jeofizikçiler tarafından tercih edilmiştir.

Son yıllarda geliştirilen magnetotellurik yorumlama teknikleri Güneydoğu Anadolu bölgesindeki bir petrol arama sahasına uygulanarak elde edilen veriler değerlendirilip, jeoelektrik kesitler çıkarılmıştır.

Saha çalışmalarından sağlanan verilerin gürültü analizleri yapılarak, üzerlerindeki istenmeyen etkiler atılmıştır. Çeşitli proses aşamalarından geçirilen arazi verileri, koherenlik (coherency), tipir (tipper) ve elipsellik (ellipticity) gibi bazı parametrelerle test edilip yapı-boyut analizi yapılmıştır. Bu çalışma sonucu MT arazi verilerinin tek boyutlu bir yapı yaklaşımıyla yorumlanabileceği sonucuna varılmıştır. Görünür rezistivite ve faz eğrilerinin tek boyutlu inversiyonları yapılmıştır. Ters çözüm sonucu elde edilen görünür öz direnç ve faz eğrileri ile gözlemsel değerler arasında iyi bir uyum olduğu görülmüştür. Buradan, ters çözümle elde edilen yapının gerçek yapıyı temsil edebileceği sonucuna varılmıştır.

Yüksek Lisans Tezi (1991)

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Veli Kara

DOĞU ANADOLU'DA ISI AKISI DAĞILIMI

Canan ORAN

Gözlemler yerin içinin sıcak olduğunu belirlemektedir. Düşey sıcaklık gradyanı ile kayaların ısı iletim katsayısının çarpımı yeryüzündeki ısı akısı değerini verir. Yerin ortalama ısı akısı 61.5 mWm^{-2} (Lee, 1970) olup farklı kaya yapılarında olsalar bile okyanuslar ile kıtalarda ortalama çok değişmez. Levha tektoniği kavramlarına uygun olarak okyanus ortası yükselimleri boyunca çok yüksek, dalma-batma bölgelerinde ise çukurun önünde düşük, arkasında ise yüksek ısı akısı değerleri gözlenir. Bu ise temelde Litosfer-Astenosfer topoğrafyası ile ilişkilidir.

Çalışmamızda sıcak su kaynaklarındaki silika belirleyicisi kullanılarak ısı akısı değerlerinin Doğu Anadolu'daki bölgesel dağılımı elde edilmiştir. 32° boylamının doğusunda yeralan 125 kaynaktan hesaplanan ortalama ısı akısı dünya ortalamasından % 70-80 kadar daha fazla olup değeri $109.70 \pm 43.62 \text{ mWm}^{-2}$ dir. Eğer 38° doğu boylamına göre Doğu ve Orta Anadolu olarak ikiye ayrılırsa her iki bölge için hesaplanan silika ısı akısı değerleri de dünya ortalamasından daha yüksektir. Orta Anadolu için ortalama ısı akısı değeri $105.29 \pm 45.44 \text{ mWm}^{-2}$, Doğu Anadolu için ortalama ısı akısı değeri ise $112.36 \pm 39.79 \text{ mWm}^{-2}$ bulunmuştur.

İncelediğimiz bölgedeki yüksek silika ısı akısı değerleri (100 mWm^{-2} 'den yüksek) ile Tersiyer ve daha genç yaştaki volkanizma arasında yakın bir ilişki vardır. Sıkışma rejimi altındaki Pliyosen yaşlı Bitlis volkanitleri ve Tersiyer yaşlı Tuz gölü civarındaki volkanitler içinde yüksek ısı akısı dizilimleri gözlenmiştir. En yüksek ısı akısı değerleri Van gölü, Orta Anadolu volkanitleri ve Kuzey Anadolu kırık kuşağı civarında yeralmaktadır.

Doğu Anadolu ısı akısı verileri yer kabuğu içindeki sıcaklık koşullarına ilişkin bilgi sağlamaktadır. Bu bilgi ise farklı jeofizik ve jeolojik verilerin değerlendirilmesi açısından önemlidir.

Yüksek Lisans Tezi (1991)

İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. O. Metin İlkışık

TAHRAN MANYETİK VE ELEKTRİK KAYITLARININ ANALİZİ

Asemaneh REZABAKHSH

Tahran Üniversitesi'nin Jeomanyetik gözlemünde kaydedilmiş manyetik ve telürik verilerden (1965), litosferin derin kısımlarına ilişkin öz direnç değerleri hesaplanmıştır. İncelenen Jeoelektromanyetik veriler 1965 kış mevsiminde güneş lekelerinin göreceli olarak sakin bir dönemini kapsar. Toplam olarak spektral bileşenler, 3 saatten sideral aya kadar oldukça uzun bir periyot aralığında yeralmaktadır.

Manyetotellürik ilkelerden hareketle bulunan kuzey-güney ve doğu-batı yönlü görünür öz direnç eğrilerinin kıyaslanması bu noktada kuvvetli bir yön bağımlılık bulunduğuna işaret etmektedir. Doğu-batı yönlü görünür öz direnç değerleri, bölgesel tektonik uzamına uygun olup genelde kuzey-güney yönlü görünür öz direnç değerlerinden daha küçüktür.

Doğu-batı yönlü görünür öz direnç değerleri (ohm.m) üzerinden saptanan bir boyutlu model sonuçlarına göre üst manto içinde 500-600 km derinde bir iletken katman vardır. Veriler yaklaşık 1500-1700 km derinlerde ikinci katmanın varlığına işaret etmektedir.

Yüksek Lisans Tezi (1991)

İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. O. Metin İlkışık

DEĞİŞKEN İNDİRGEME DÜZLEMLERİNDEN GÖÇ

Ferudun KILIÇ

Düzensiz topoğrafyalı sahalardan elde edilen verilere bilinen (conventional) statik düzeltmeler yapılması sismik veri işleminde bazı sorunlara neden olur. Sorunlardan biri, düz İD (floating datum)'nin üzerinde kalan verilerin kaybolmasıdır. Diğer bir sorun ise, düz bir düzleme indirgenen verilerdeki yansımaların zamanları ve uzaklıkları arasındaki hiperbolik ilişkinin bozulmasına neden olmasıdır. Statik değerler arttıkça normal kayma zamanı (NKZ) düzeltmesi daha kötü çalışır ve böylece hız analizinde doğru hız seçimi zorlaşacağı gibi yığılma (stacking) kalitesi de bozulur.

Sorunları en aza indirmek için NKZ düzeltmesi yapılmadan önce uygulanacak statik değerlerinin olabildiğince küçük olması gerekir. Bu amaçla değişken İD kullanılabilir. Bir sismik hat için değişken İD, o hat boyunca yuvarlatılmış yer yüzü yüksekliğini izler. Toplam statik düzeltmeleri, incelenen hattın en büyük yüksekliğinde veya daha da yüksek olan düz bir İD'ne göre, iki bileşene ayrılabilir. Bunlardan birincisi verileri yeryüzeyinden değişken İD'ne götürecek olan küçük bile-

şen, ikincisi ise değişken ID'nden düz ID'ne götürecektir olan büyük bileşendir. Veriye ilkönce yığma kalitesinde etkin olan küçük bileşen uygulanır. Hız seçimi, NKZ düzeltmesi ve yığma işlemleri tamamlandıktan sonra veriler göç işleminden önce ikinci bileşen uygulanarak düz ID'ne götürülürler.

Bilinen sonlu farklar göç hesap teknikleri (conventional finite difference algorithms), sayısal etkinlik gösterebilmeleri için, düz bir ID ile veri işleminden geçirilmiş yığma kesitlerine gereksinim gösterirler. Son ID ise, düz olmasına rağmen hız bilgisi bu düzlemden başlamaktadır. Diğer taraftan, göç işleminden önce verileri değişken ID'nden düz ID'ne götürmenin diğer bir yolu, Berryhill'in (1979) "dalga denklemi ile indirgeme" (wave equation datuming) yöntemini kullanmaktır. Bu yöntem, veriye dikey yönde kayma verme (shifting) işlemine göre fiziksel olarak daha gerçekçi olmasına rağmen, yoğun hesaplamalar gerektirdiğinden her zamanki (routine) veri işlemde uygulanabilir bir yöntem değildir.

Bu yüzden, Berryhill'in yöntemine iyi bir karşılık olan Beasley ve Lynn'in (1989) düzensiz yüzeylerden göç konusundaki "sıfır hız katmanı" (zero velocity layer) görüşü incelenmiştir. Bu teknik herhangi bir dalga alanı yaklaştırma (wave field extrapolation) işlemi gerektirmediğinden hesaplama bakımından ekonomiktir ve her zamanki (routine) veri işlemde kullanıma daha uygundur. Bu yöntemin diğer iyi yanı ise, yığma kesitine ikinci statik bileşeni de uyguladıktan sonra, bilinen göç hesap tekniklerinin eldeki hız alanına ufak bir değişiklik yaparak kullanılabilmesidir. Hızlardaki değişiklik ise düz bir ID ile yuvarlatılmış yeryüzeyi olan değişken ID arasındaki hızı sıfırlamaktan ibarettir. Bu kısım için, kırınma denklemi (diffraction equation) hız sıfırlanarak göç işlemine yanal yayılımı izin verilmemiş olur. Böylece, gerçek anlamda göç işlemi, yaklaştırma derinliği değişken ID'ne eriştiğinde başlar. Sıfır hız vermekle yüksekliğe bağlı statiklerin etkisi değişken ID'ne kadar giderilmiş olduğundan yöntem "sıfır hız katmanı ile indirgeme" (ZVL datuming) yöntemi olarak isimlendirilebilir.

"Sıfır hız katmanı ile indirgeme" ve "dalga denklemi ile indirgeme" yöntemlerinden sonra elde edilen göç kesitleri arasında oldukça iyi bir benzerlik sağlanmıştır. Değişken ID ile veri işleminden geçirilmiş kesitlerde bu indirgeme yöntemleri kullanılmadığı zaman ise oldukça kötü göç sonuçları elde edilmiştir. Hem yapay hem de gerçek saha verileri için sunulan kesitler, "sıfır hız katmanı" (ZVL) görüşünü kullanarak gerçekleştirilen "değişken ID'lerinden göç" yönteminin yeterince iyi çalıştığını ispatlamaktadır.

Yüksek Lisans Tezi (1992)

Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Danışman: Prof. Dr. Turan Kayıran

MÜHENDİSLİK JEOFİZİĞİ AÇISINDAN YERKAYAÇLARININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Mahmut BAŞ

Kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri jeolojik oluşum, yer ve derinliklerine bağlı olarak değişim gösterir. Bu büyüklüklerin bazıları arasındaki ayrıntılı ilişkilerin belirlenmesi laboratuvar ve arazi deneylerinin uygulanması ile mümkündür. Pilot bölge olarak seçilen Zonguldak Kömür Havzası'nda çeşitli derinliklerden seçilen kayaç örnekleri üzerinde bu tür incelemeler yapılmıştır. Bu durumda incelenen alandaki kayaçların fiziksel ve mühendislik özelliklerini değerlendirmek ve herhangi bir bölgede inşaat düşünülen köprü, yol, baraj, v.s. gibi önemli yapıların yapımına geçmeden önce, bu bölgeye ilişkin zeminlerin jeofizik ve jeoteknik arazi ve laboratuvar deneylerinin yapılmasının önemini göstermiş oluruz.

Zonguldak kömür havzasında, Gelik ve Amasra bölgelerinde yapılan, çeşitli sondajlardan seçilen karot örneklerinin V_p ve V_s hızları ölçülerek, bu hızlar yardımıyla Poisson oranı, dinamik shear (kayma) modülü, Young modülü, Bulk modülü gibi bazı jeoteknik büyüklükler bulunmuştur. Ayrıca karot örneklerinin kırma deneyleri (tek eksenli basınç dayanımı) yapılarak sonuçların doğruluk derecesi araştırılmıştır. Bunun yanında yapılan sondajların jeofizik ve litolojik log ve jeolojik kesitleri yardımıyla yapılan deneyler desteklenmiştir. Amasra'da P1 sondajı ile ilgili yapılan jeoteknik amaçlı çalışmanın (Bilgin, 1984) sonuçları ile bizim yaptığımız jeoteknik deney sonuçları iyi bir uyum göstermektedir. V_p hızlarının ve diğer elastik değişkenlerinin yüksek olması, inceleme alanında zeminin oldukça emniyetli bir yapıya sahip olduğunu gösterir. Yine araştırmamız sonucunda, zemin, mühendislik çalışmaları açısından yukarıda anlatılan özellikler gözönüne alındığında herhangi bir sorun oluşturmayacak ölçüde sağlam olarak yorumlanabilir.

Yüksek Lisans Tezi (1992)

İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. O. Metin İlkışık

RAYLEIGH DALGASI DISPERSİYON VERİLERİYLE DOĞU ANADOLU VE CİVARINDA YERKABUĞU VE ÜST MANTO YAPISININ İNCELENMESİ

Nilgün SAYIL

Yerkabuğu ve üst-manto yapısının araştırılmasında kullanılan etkin yöntemlerden biri yüzey dalgası dispersiyon verilerinin çözümlemeleridir. Yüzey dalgalarının dispersiyon gösterme özelliğinden yararlanılarak gözlemsel değerlerden elde edilen faz ve grup hızı değerleri, ters çözümleme işlemiyle, belirlenen olası yapı modelleri için bulunan kuramsal değerlerle kıyaslanarak birbiriyle uyumlu sonuçlar aranır. Bu işlem sonucunda gözlemsel verilere en yakın kuramsal değerlerin hesaplandığı yapı modeli aranan kesit olarak belirlenir.

Bu çalışmada, Doğu Anadolu ve civarındaki kabuk ve üst manto yapısı ile ilgili sınırlı bilgilere katkı sağlamak amacıyla tek-istasyona ait uzun periyod düşey bileşen kayıtları üzerinden Rayleigh dalgası grup hızlarının hesaplanması ve ters çözümlemesi hedeflenmiştir. Belirlenen amaç doğrultusunda, Hazar Denizi'nin güneybatısında oluşmuş bir depremin Kudüs (JER) istasyonundaki kaydı ele alınarak, önce çeşitli yöntemlerle grup hızları hesaplanıp birlikte değerlendirildikten sonra bu hız değerlerinden yararlanarak ters çözümleme işlemiyle olay ve istasyon arasındaki profil için kabuk ve üst-manto yapısı belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar mevcut bilgilerle kıyaslanarak uyumlu ve uyumsuz noktalar ortaya koyulmuş ve bunların bir değerlendirmesi yapılmıştır.

İncelenen profil için üç tabakalı bir kabuk yapısı saptanmıştır. Bu tabakalar sırasıyla 2.5, 13, 23 km kalınlıklara, 4.25, 5.8, 6.82 km/sn lik P-dalgası hızlarına ve 2.48, 3.46, 3.89 km/sn lik S-dalgası hızlarına sahiptir. Pn ve Sn -dalgası hızları ise 8.12 ve 4.63 km/sn olarak belirlenmiştir.

Yüksek Lisans Tezi (1992)

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Danışman: Yrd. Doç. Dr. İlhan Osmanoğlu

ODA ÜYELERİ

SİCİL NUMARASI	ADI SOYADI	SİCİL NUMARASI	ADI SOYADI
1156	Mustafa ALP	1181	Numan AKTÜRK
1157	Mustafa KÜÇÜK	1182	Sefer ÖZKAN
1158	Ali YILDIZEL	1183	Osman UYANIK
1159	Uğur KAYNAK	1184	Müfit ALPMEN
1160	H. Serap ÖZYAYLA	1185	Cemalettin AYDIN
1161	Osman ÖZKE	1186	Behzat BAŞARDI
1162	Mithat ŞAHİN	1187	Fadlı AĞAOĞLU
1163	Yusuf GAYRETLİ	1188	Serkan ÇAKKALKURT
1164	Cem ERGUN	1189	Aysel UZUN
1165	R. Hakkı ERKAL	1190	Mustafa EROL
1166	Hüseyin TERZİOĞLU	1191	Münür BALABAN
1167	Ali Rıza TOYGAR	1192	Gülsün GÜNER
1168	Erdoğan TAŞDELEN	1193	Fikri ÖZTÜRK
1169	Ahmet ÇAKAR	1194	Dilek ÇAĞLAYAN
1170	Eşref İŞIKLI	1195	C. Ertan TOKER
1171	Deniz KAMBER	1196	Fikri ERTAN
1172	Özkan ÖZCAN	1197	Nurdan SAYIN
1173	Uluhan AYGÜN	1198	Hüseyin ÇAVUŞOĞLU
1174	Kevser REVAN	1199	A. Kaan GÜRTEKİN
1175	M. Gürcan SİRMA	1200	Recep BOZ
1176	Caner DAYI	1201	Ümit ŞEN
1177	Bekir ANAÇ	1202	Cengiz GÜMÜŞ
1178	Nermin ŞAHİN	1203	Mehmet AKGÜL
1179	Hasan KOÇ	1204	Orhan UYAR
1180	Abdullah ATEŞ	1205	Şükrü ARI

ARGEN

Mümessillik ve Müşavirlik Limited

Providing comprehensive support and services to
foreign companies operating in Turkey

SERVICES

- ★ Representation & Agency Services
- ★ Customs Clearance and trucking
- ★ Import/Export documentation
- ★ Provision of skilled and unskilled labour
 - ★ Local purchasing
 - ★ Resident and work permits

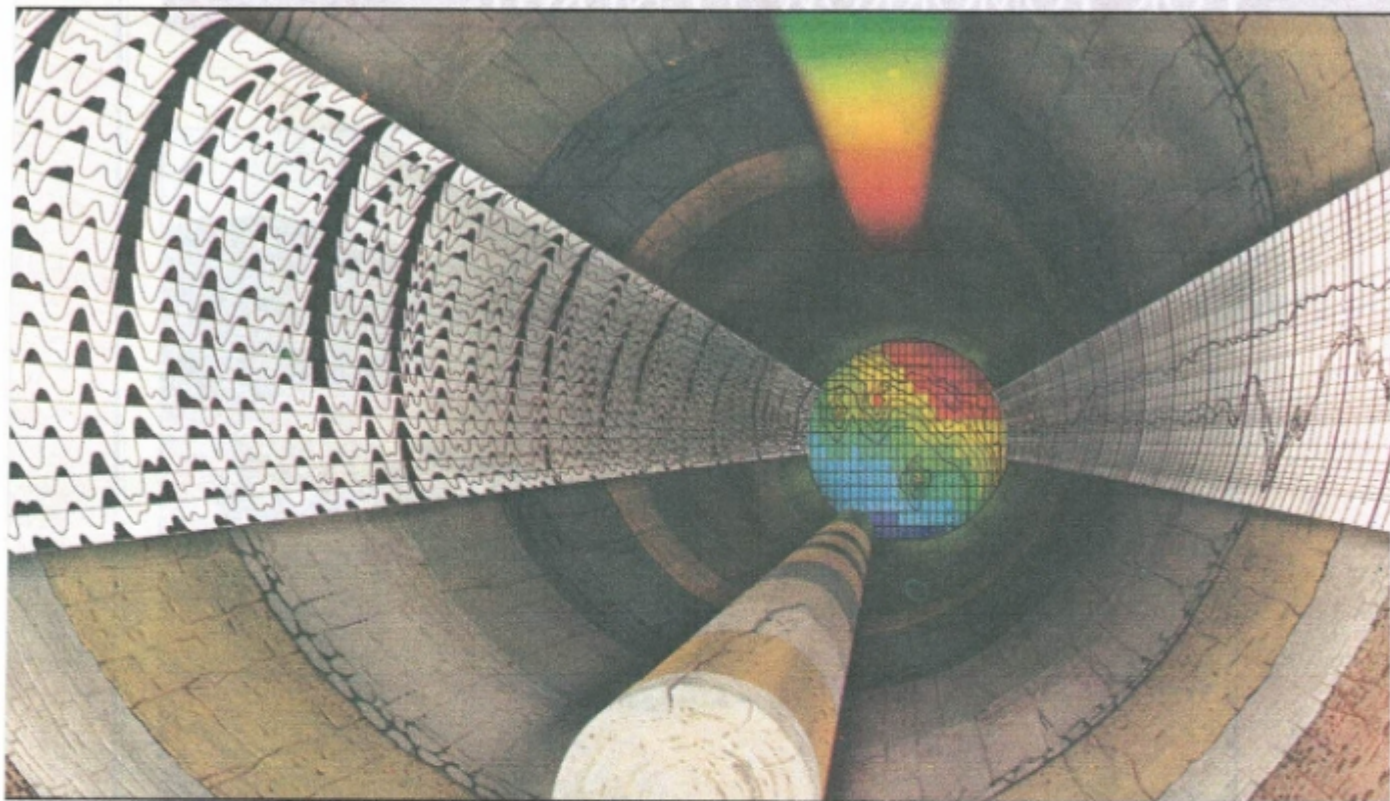
Başçavuş sokak No: 160/1

Küçükesat-Ankara/Turkey

Phone: 436 02 87 - 436 49 65 - 436 44 63

Fax: 436 97 03

This new combination will help you unlock more hydrocarbons



Now the oil and gas industry has its first single source for complete exploration, development, and production services. Western Atlas International (created by the combination of the Litton Resources Group and Dresser's Atlas Oilfield Services Group) links the technical resources you need.

Together, our eight companies represent a proven source for geophysical surveys, well logging, core and fluid analysis, and enhanced oil recovery—a service package unmatched by any other company in the world.

Whether you deal with one company or eight, you have a direct link to the technical resources and experience of all.

Western Geophysical

The world's largest geophysical contractor. A leader in seismic data acquisition, processing, interpretation, and reservoir geophysics.

Atlas Wireline Services

A leader in wireline services providing the latest technology in digital data acquisition and analysis for every stage in the life of a well.

McCullough

A pioneer in cased hole wireline services. Provides completion, pipe recovery, and production logging services that help maximize production.

Core Laboratories

The world's largest supplier of core and reservoir fluid analyses. Offers petrophysical services, interpretive software, petroleum-engineering, and mineral and environmental services.

LRS

Manufactures seismic sensors, energy sources, cables and connectors, data acquisition systems, logging equipment for Atlas Wireline and lab equipment for Core Laboratories.

Aero Service

Offers airborne geophysical surveys, remote sensing, photogrammetry, geodetic positioning and GPS systems, and digital data base development.

Downhole Seismic Services

Provides proprietary technology for 3-component VSPs, walkaway and salt proximity surveys, and frac monitoring.

J.S. Nolen & Associates

Provides a family of software to solve reservoir engineering and well performance problems throughout the world.



Western Atlas International
A Litton/Dresser Company
Wesgeco House, PO Box 18
455 London Road, Isleworth,
Middlesex, England TW7 5AB
(01) 560-3160

EXPLORATION INNOVATORS FOR TOMORROW'S ENERGY



Heavy weight drilling rig, type P 5001



Vibrators, type VVCA, during a 3D survey

GECO-PRAKLA is an international geophysical company within the Schlumberger Group and offers a wide range of seismic acquisition, data processing and interpretation services.

GECO-PRAKLA is one of the world's leading geophysical contractors with more than 25 survey vessels, 40 land crews, 15 processing centers, 3 petroleum laboratories and 8500 employees.

GECO-PRAKLA operates a major region office in Hannover, coordinating all land seismic activities for its Europe, CIS and Middle East Region (ECM).

Schlumberger

GECO-PRAKLA

For information contact the GECO-PRAKLA office in Ankara:

PRAKLA-PETROL ARAMA ŞİRKETİ

Uğur Mumcu Caddesi No: 87/12 Gaziosmanpaşa 06700 Ankara/TURKEY

P.O. Box 41, Kavaklıdere 06691 Ankara/TURKEY

Telephone: ++90 (312) 447 05 44 Telefax: ++90 (312) 446 77 36 Telex: 42906 Scha Tr