
YERBİLİMLERİ

Bulletin for Earth Sciences

Cilt / Volume 36 Sayı / No 1 Nisan / April 2015

Baş Editör (Editor-in-Chief)

ELİF VAROL MURATÇAY

Editör (Editor)

ERMAN ÖZSAYIN

Yardımcı Editör (Assistant Editor)

BURCU KAHRAMAN

Yayın Danışma Kurulu / Editorial Advisory Board (2013-2015)

Atilla Aydın (Stanford, USA)

Hasan Bayhan (Ankara, Turkey)

Osman Candan (İzmir, Turkey)

Attila Çiner (İstanbul, Turkey)

Klaus Gessner (Crawley, Australia)

Nilgün Güleç (Ankara, Turkey)

Cahit Helvacı (İzmir, Turkey)

Doğan Kalafat (İstanbul, Turkey)

Biltan Kürkçüoğlu (Ankara, Turkey)

Harun Sönmez (Ankara, Turkey)

Şevket Şen (Paris, France)

Şakir Şimşek (Ankara, Turkey)

Erhan Tercan (Ankara, Turkey)

Gültekin Topuz (İstanbul, Turkey)

Keith T. Weber (Idaho, USA)

M.Namık Yalçın (İstanbul, Turkey)

YERBİLİMLERİ Dergisi makale dizin ve özlery;

Bibliography of Economic Geology, Compendex, Elsevier BIOBASE, EMBASE, EMBiology, FLUIDEX, Geoarchive, GEOBASE, Geological Abstracts, Geoscience Documentation, GeoSEARCH, Geotitles, HydroROM, Hydrotitles, Marine - Oceanographic & Freshwater Resources, SCOPUS Water Resources Abstracts (Cambridge Scientific Abstracts), World Textiles, Zoological Record, ULAKBİM ve Directory of Open Access Journal veri tabanında yer almaktadır.

YERBİLİMLERİ is indexed or abstracted in

Bibliography of Economic Geology, Compendex, Elsevier BIOBASE, EMBASE, EMBiology, FLUIDEX, Geoarchive, GEOBASE, Geological Abstracts, Geoscience Documentation, GeoSEARCH, Geotitles, HydroROM, Hydrotitles, Marine - Oceanographic & Freshwater Resources, SCOPUS, Water Resources Abstracts (Cambridge Scientific Abstracts), World Textiles, Zoological Record, ULAKBİM and Directory of Open Access Journal databases.

ISSN 1301-2894

Kapak

Tasarım : Yağmur İNAL EMİROĞLU
Fotoğrafi Çeken : Erman ÖZSAYIN
Nallıhan (Ankara) TÜRKİYE

Cover

Design : Yağmur İNAL EMİROĞLU
Photographed by Erman ÖZSAYIN
Nallıhan (Ankara) TURKEY

Yayın Türü (Publication type): Yaygın Süreli Yayın

Baskı (Printed by): Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Basımevi, 06100, Sıhhiye-Ankara

Tel.: +90 312 310 97 90

Baskı Tarihi (Date of Print): 22.05.2015

YERBİLİMLERİ

Bulletin for Earth Sciences

Cilt / Volume 36 Sayı / No 1 Nisan / April 2015

İÇİNDEKİLER CONTENTS

Yüzey Dalgası Dispersiyon Verisinin Ardışık Ters Çözümü / Sequential Inversion of Surface Wave Dispersion Data Eren PAMUK, Fikret DOĞRU, Hilmi DİNDAR	1
Pliyosen Dorutay Havzası (Özalp-Van) Gölsel Çökellerinin Yapısal ve Sedimentolojik Özellikleri / Structural and Sedimentological Properties of Lacustrine Deposits in Pliocene Dorutay Basin (Özalp-Van) Serkan ÜNER, Cansu OKULDAŞ, Ahmet Vedat YILMAZ	19

Güncel Optimizasyon Yöntemleri Kullanılarak Rezidüel Gravite Anomalilerinden Parametre Kestirimi / Parameter Estimation from Residual Gravity Anomalies Using Actual Optimization Methods Fikret DOĞRU	31
---	----

EDİTÖRÜN NOTU

Değerli Yerbilimciler,

Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne bağlı olarak ilk kez 1976 yılında senede bir defa yayımlanmaya başlayan ve 2005 yılından itibaren Nisan-Ağustos-Aralık olmak üzere senede 3 sayı olarak düzenli bir şekilde basılmakta olan YERBİLİMLERİ Dergisi Aralık 2014'den itibaren yeni yüzü ve düzenlemeleriyle yayın hayatını sürdürmektedir. İlk sayısından itibaren Türkiye'de yerbilimleri alanında saygın ve tercih edilen süreli yayınlardan biri olan ve bugün 20 uluslararası indeks tarafından taranmakta olan YERBİLİMLERİ dergisi, 06.03.2015 tarihi itibarıyla, dergi kalitesini ve ulusal etkisini artırmak amacıyla, TÜBİTAK ULAKBİM tarafından Eylül 2013 tarihinden itibaren yürütülmeye başlanan DergiPark Projesi'nde yer alan dergiler arasına katılmıştır. Bu proje, ulusal akademik dergilerin elektronik ortamda dergi yönetim sistemi ile yayımlanan ve her derginin ayrı bir alan adı ve görünümünün bulunduğu dergi barındırma hizmeti vermektedir. Dergimiz bu projeye dahil olarak, ULAKBİM ve CrossRef arasında 2014'de yapılmış anlaşmaya istinaden sayılarımızda yayımlanan makalelere DOI numarası verebilme yetkisine sahip olmuştur. Ayrıca, dergi yayımlama sürecinin daha etkin ve hızlı gerçekleştirilebilmesine olanak sağlamak adına ULAKBİM'e gerekli başvurular yapılmış, Açık Dergi Sistemleri (ADS) üzerinden makalenin başvurusundan yayımlanmasına kadar geçen sürecin elektronik ortamda takibini sağlayacak düzenlemelerin denemelerine başlanmıştır.

Bu süreç içinde Dergi'nin daha iyi bir düzeye ulaşması için göstermeye çalıştığımız ilgi, çaba ve özveri siz değerli yerbilimcilerin esirgemeyeceğini umduğumuz destek ve katkılarla daha anlamlı hale gelecek, dergimizin daha iyi koşul ve şartlara kavuşmasını sağlayacaktır. Bugüne kadar gösterdiğiniz ve bundan sonra da göstereceğinizi düşündüğümüz ilgi ve desteğiniz için içten teşekkürlerimizi sunarız.

Doç. Dr. Elif VAROL MURATÇAY

Baş Editör

Yüzey Dalgası Dispersiyon Verisinin Ardışık Ters Çözümü

Sequential Inversion of Surface Wave Dispersion Data

EREN PAMUK^{1*}, FİKRET DOĞRU¹, HİLMİ DİNDAR²

¹Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 35160 İzmir

²Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı, 35160 İzmir

Geliş (received) : 21 Temmuz (July) 2014

Kabul (accepted) : 21 Nisan (April) 2015

ÖZ

Bu çalışmada Çok-kanallı Yüzey Dalga Analizi yönteminden elde edilen Rayleigh dalgası dispersiyon eğrisinin ters çözümü için ardışık yaklaşım önerilmiştir. Ardışık yaklaşım için türev tabanlı Levenberg-Marquardt ve sezgisel bir yöntem olan Komşuluk Algoritması birlikte kullanılmıştır. Öncelikle düşük hızlı jeolojik birimler içeren sentetik modellerin kuramsal dispersiyon eğrileri hesaplanmıştır. Bir sonraki aşamada bu kuramsal dispersiyon eğrisine yüzde beş normal dağılıma uyan gürültü eklenmiştir. Levenberg-Marquardt Algoritması ile Komşuluk Algoritması ayrı ayrı kullanılarak ters çözüm işlemi gerçekleştirilmiş ve sonra ardışık ters çözüm uygulanarak elde edilen sonuç diğer iki sonuç ile karşılaştırılmıştır. Arazi çalışmasında ise İzmir ilinde Çok-kanallı Yüzey Dalga Analizi yöntemi ile toplanan veriler kullanılmıştır. Gerçekleştirilen ters çözüm işlemleri sonucunda elde edilen modeller mevcut sondaj verileri ve standart penetrasyon deneyi değerleri ile karşılaştırılmış ve sonuçların uyumlu olduğu görülmüştür. Önerilen ardışık yaklaşımın sentetik model çalışmasında doğru modele göreli olarak daha iyi yakınsadığı, gerçek arazi verisinde ise daha düşük hata ile modeli bulduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Çok-Kanallı Yüzey Dalga Analizi, dispersiyon eğrisi, ardışık yaklaşım, Komşuluk Algoritması.

ABSTRACT

In this study, a sequential approach is suggested to invert Rayleigh wave dispersion curves obtained from Multi-channel Analysis of Surface Waves. The derivative based Levenberg-Marquardt algorithm and a stochastic method Neighbourhood Algorithm is used together for sequential approach. Firstly, the theoretical dispersion curve is created from forward solution of synthetic model that contains low-velocity layers and then five percent Gaussian type noise was added to the theoretical dispersion curve. The inversion of dispersion curve is carried out using Levenberg-Marquardt and Neighbourhood algorithms separately. Sequential approach is implemented for inversion on the same dispersion curves and the obtained results are compared. Root mean square error and relative error is calculated from the inversion results of the theoretical dispersion curves and the results show that sequential approach yielded better solution to the theoretical model with the lower root mean square error according to conventional and global method. In the field study, a data set collected using Multi-channel Analysis of Surface Waves in the city of İzmir was used. The results from suggested inversion methods compared with the available borehole data and Vs values obtained from standard penetration test values. It is shown that the inversion results were compatible with stratigraphy. Consequently, this work demonstrates that sequential approach was generated models with lowest root mean square error in both theoretical and field study and shows better convergence in theoretical study.

Keywords: Multi-channel Analysis of Surface Waves, dispersion curve, sequential approach, Neighborhood Algorithm.

* E. Pamuk

e-posta: eren.pamuk@deu.edu.tr

GİRİŞ

Kayma dalga hızı (V_s) bilgisi zeminin deprem sırasındaki davranışını belirlemede önemli rol oynar ve jeoteknik çalışmalarda önemli bir giriş parametresidir. Son yıllarda Rayleigh dalgalarının dispersiyon eğrileri V_s hızlarının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Park vd., 1999; Liu vd., 2000).

Yüzey dalgası analiz yöntemleri, yüzeye yakın yapıların zemin özelliklerinin araştırılmasında kullanılan geleneksel sismik kırılma yönteminin karşılaştığı zorluklar nedeniyle daha tercih edilir hale gelmiştir. Yüzey dalgalarının çok kanallı analizi (Multichannel Analysis of Surface Waves, MASW) yöntemiyle yeraltındaki jeolojik yapılara ait farklı parametreler etkin bir şekilde belirlenebilir (Park vd., 1999). Dikmen vd. (2010) yapmış oldukları çalışmada MASW yöntemi için uygun atış noktası ve dizilim geometrisini belirlemiştir. Kanbur vd. (2011) Isparta'da yapmış oldukları çalışmada sismik yansıma, MASW ve ReMi (Refraction Microtremor) yöntemlerini kullanarak 35 m derinliğe kadar yerçinin 1B kesme hızı dağılımı özellikleri ortaya koymuşlardır.

Rassal bir yöntem olan Komşuluk Algoritması (KA) dispersiyon eğrilerinin ters çözümünde son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Sambridge, 1999; Wathelet, 2005). Geleneksel bir yöntem olan LM algoritması da ters çözüm problemlerinin çözümünde oldukça sık kullanılmaktadır. Ancak Levenberg-Marquardt (LM) algoritmasından elde edilen sonuçların güvenilirliği ve algoritmanın doğru çözüme yakınsaması kullanılan başlangıç modeline bağlıdır (Chunduru vd., 1997; Fallat ve Dosso, 1999). KA ise LM algoritmasının aksine iyi bir başlangıç modeline ihtiyaç duymadan daha iyi sonuçlar üretebilir. Ancak, KA ters çözüm için daha fazla zamana gereksinim duyar.

Son yıllarda jeofizik verilerin ters çözümünde melez optimizasyon kullanımı ile ilgili araştırma sayısı artmaktadır (Chunduru vd., 1997; Başokur vd., 2007; Mendes, 2009; Çaylak vd., 2011). Global yöntem, parametre uzayı içerisinde global minimuma yakın iyi bir başlangıç modeli elde etmek ve yerel minimumlardan kaçınmak için tercih edilir. Yerel yöntemde ise global yöntemden elde edilen model parametreleri başlangıç

parametreleri olarak kabul edilerek global minimumdaki çözüme ulaşmak için kullanılır.

Bu çalışma kapsamındaki ters çözüm işlemlerinde Rayleigh dalgası temel kip dispersiyon eğrileri kullanılmıştır. Öncelikle sentetik veriler ve arazi verileri KA ve LM algoritmalarıyla değerlendirilmiştir. Çalışmanın bir sonraki aşamasında ise ardışık yaklaşım (AY) sentetik ve arazi verilerinin ters çözümünde uygulanmıştır. Arazi verilerinin değerlendirilmesi sonrasında elde edilen V_s modelleri mevcut sondaj verilerindeki jeolojik birimler ile ilişkilendirilmiştir.

YÖNTEM

Çok-kanallı Yüzey Dalgaları Analizi (MASW)

MASW çeşitli yapay kaynakların (balyoz, ağırlık düşürme vb.) kullanıldığı bir sismik yöntemdir. Bu yöntem, Yüzey Dalgalarının Spektral Analizi (Spectral Analysis of Surface Waves-SASW) yöntemindeki yetersizliğinin giderilmesi için geliştirilmiştir ve sığ mühendislik çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Park vd., 1999). Şekil 1'de bu yöntem için veri toplama düzeneği verilmiştir.

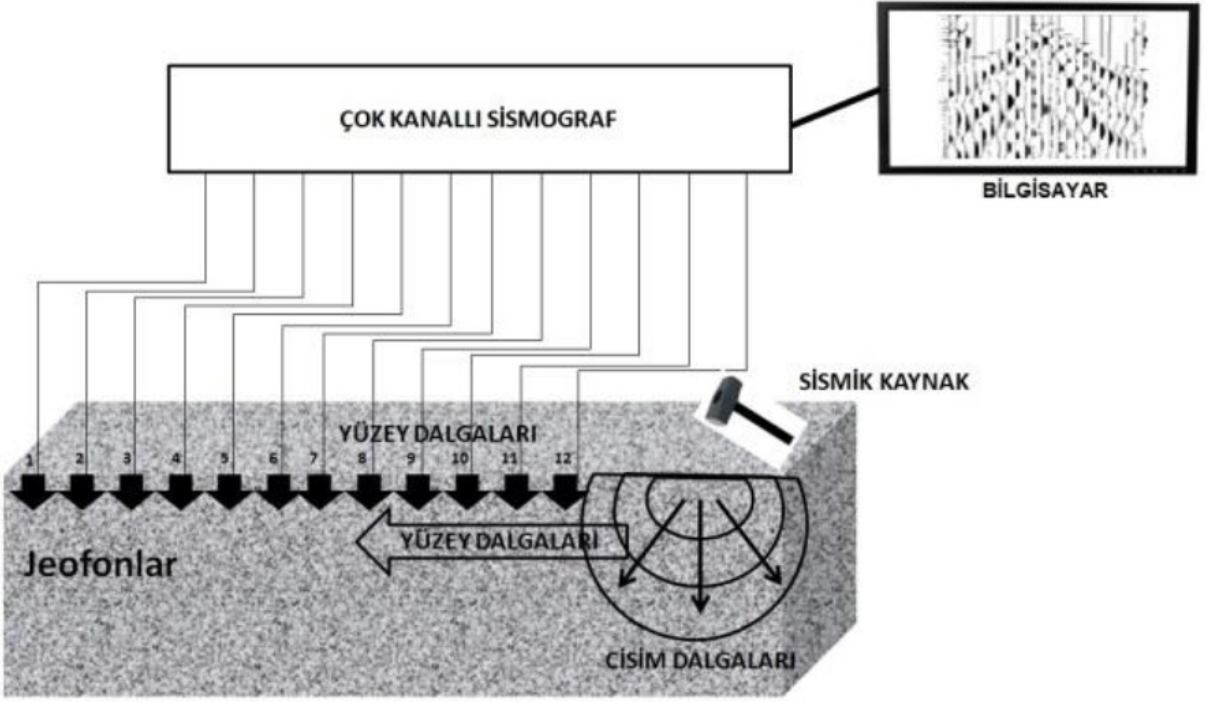
MASW yönteminde kayma dalgası hızlarının elde edilme aşamaları şu şekildedir (Şekil 2);

Adım 1- Yüzey dalgalarının kaydedildiği arazi aşaması,

Adım 2- Veri işlem ve dispersiyon eğrilerinin elde edilmesi,

Adım 3- Dispersiyon eğrisinin farklı yöntemlerle ters çözümünden elde edilen yer modeli (V_s -derinlik değişimi).

MASW yönteminde arazi (gerçek) dispersiyon eğrisinin elde edilmesi kritik bir adımdır. S dalga hızının derinliğe bağlı olarak yüksek ayrımlılık ve doğrulukta belirlenmesi, çoğunlukla dispersiyon eğrisinin doğru bir şekilde elde edilmesine bağlıdır (Kanlı vd., 2006). Dispersiyon eğrisini elde etmek için çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Bu teknikler içerisinde en basit olanı, farklı konumlarda kaydedilen iki sismik izin çapraz ilişkisini kullanmaktadır (Guo ve Liu, 1999). Bir diğer yöntem ise McMechan ve Yedlin'in (1981) önerdikleri kesişme zamanı-yavaşlık (τ - p) dönüşümüdür. Bu yöntem, frekans ortamında yapıldığında frekans ortamı τ - p dönüşümü,



Şekil 1. Çok-kanallı Yüze Dalgası (MASW) veri toplama düzenekleri (Park vd., 1999'dan düzenlenmiştir.)

Figure 1. Data acquisition systems for multi-channel surface waves (modified from Park et al., 1999).

zaman ortamında yapıldığında eğim-yığıma dönüşümü adını alır ve temelinde MASW kayıtlarına Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT-Fast Fourier Transform) ve kayma özelliği uygulanır. Bu yöntem ile, temel kíp, cisim dalgaları ve daha yüksek kípili dispersiyon eğrileri ayrılabilir.

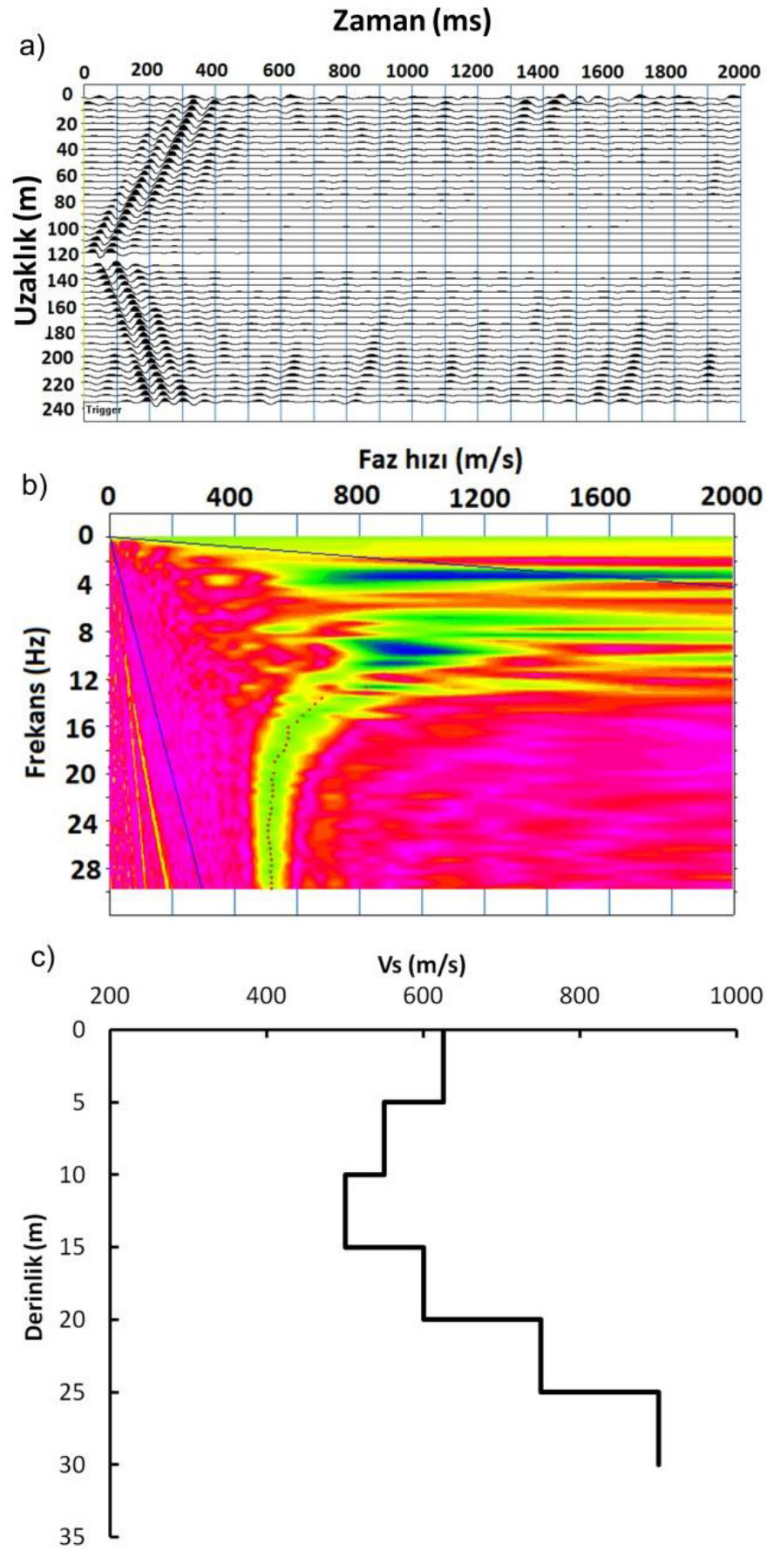
Komşuluk Algoritması

Dispersiyon eğrilerinin ters çözümünde yaygın olarak kullanılan Komşuluk Algoritması; Genetik Algoritma, Isıl İşlem Algoritması gibi çok boyutlu parametre uzayı içerisinde modelleri en düşük hata ile elde etmek için geliştirilen bir global optimizasyon yöntemidir (Sambridge, 1999). Komşuluk algoritması her bir adımda modelleri iyileştirmek için önceki modelleri kullanır. Bu yöntem Voronoi geometrisinden yararlanarak parametre uzayının en uygun kısmını araştırmak ve bulmak için noktaların düzensiz dağılımı arasında bir ara değer bulur. Parametre uzayının doğru bir şekilde araştırılması için hesaplanan dispersiyon eğrilerinin fazla sayıda olması

gerekir (birkaç bin ile birkaç on bin). Diğer sezgisel metotlarla (Genetik algoritma, Isıl İşlem algoritması vb.) karşılaştırıldığında, KA daha az sayıda kontrol parametresi içerir (Sambridge, 1999; Wathelet vd., 2004).

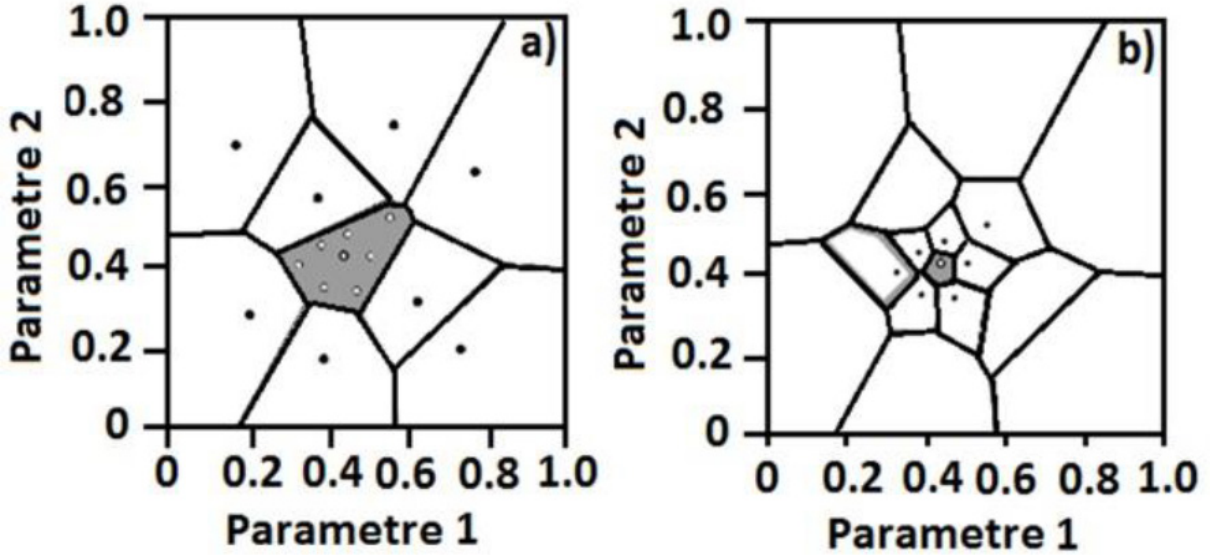
Yüze dalgası ters çözümünde en önemli parametreler; her bir tabakanın kayma dalgası hızı (V_s), basınç dalgası hızı (V_p), yoğunluğu ve kalınlığıdır. Benzer sezgisel metodlarda olduğu gibi KA da parametre uzayında rastgele modeller üretir ve dispersiyon eğrilerini bu modeller için hesaplar. Başlangıçta kullanılan yoğunluk değerleri, tüm parametre uzayında aynı kabul edilir, daha sonra bu değerler seçilen tüm parametrelerin değişim aralığı tarafından sınırlanır. Hesaplanan ile ölçülen dispersiyon eğrilerinin karşılaştırılması sonucundaki hata değeri elde edilen modelin istenilen modele ne kadar uzak olduğunu gösterir (Sambridge, 1999; Wathelet vd., 2004).

İki boyutlu parametre uzayı Şekil 3'te örnek olarak verilmiştir. Siyah noktalar, hesaplanan hata



Şekil 2. MASW yönteminde veri işlem aşamaları a) yüzey dalgalarının elde edilmesi b) dispersiyon analizi c) ters çözüm ile elde edilen Vs derinlik kesiti.

Figure 2. Data processing steps in the MASW method a) obtaining surface waves b) dispersion analysis c) Vs depth profile obtained from inversion.



Şekil 3. 2B'li parametre uzayı için Voronoi hücrelerinin sınırları ve modelleri, b) ilk yineleme sonrası Voronoi geometrisi (Wathelet, 2005).

Figure 3. Voronoi cells for 2D parameter space a) initial borders and models of Voronoi cells b) Voronoi geometry after first iteration (Wathelet, 2005).

için bazı model noktalarıdır (Wathelet, 2005). Şekil 3a iki boyutlu parametre uzayında Voronoi hücrelerinin sınırlarını ve modellerini (Siyah noktalar) gösteren bir örnektir. Başlangıçta n_{s0} (=9 olması durumunda) modelleri oluşturulur ve gri hücreler en düşük hata miktarına sahiptirler. Bu örnekte, bir hücrede 7 yeni model oluşturulmuştur ($n_r=1$ ve $n_s=7$). Şekil 3b ilk yineleme sonrası Voronoi geometrisini göstermektedir. Eğer gri ile gösterilen hücre en düşük hata miktarına sahipse, örnekleme yoğunluğu her bir yinelemeden sonra sistematik olarak azalmaz. Voronoi geometrisinin en önemli özelliği aynı anda iyi n_r bölgelerini örneklerken, örnekleme merkezinin bir yerden bir yere atlamasına izin vermesidir. Yeni n_s modelleri birçok hücre üzerinde dağılmışsa KA oluşturulan modellerin içerisinde en düşük hatalı modeli arayarak sonuca ulaşır. Ayrıca yeni model sayısı az sayıda hücre ile sınırlanmış ise KA daha hızlı çözüm yapar ve en düşük hatalı modeli bulmada daha başarılı olur. (Wathelet, 2005; Pamuk, 2014).

Komşuluk Algoritması ile Ters Çözüm

Komşuluk algoritması için aşağıda verilen dört parametre gerekmektedir:

it_{max} ; gerçekleştirilen yineleme sayısıdır

n_{s0} ; Ters çözüm başlangıcındaki parametre uzayından rastgele seçilen model sayısıdır.

n_s ; Her bir yinelemede oluşturulan model sayısı,

n_r ; n_s modellerinin olduğu en iyi hücrelerin sayısı (en düşük hata ile)

Ters çözüm işlemi izleyen aşamalardan oluşur;

Adım 1. n_{s0} modelleri dizisi parametre uzayında eşit olasılıklı rassal bir dağılım şeklinde oluşturulur,

Adım 2. Hata fonksiyonu en son oluşturulan modeller için hesaplanır,

Adım 3. Oluşturulan modeller içerisinde hata miktarı en düşük olan n_r modelleri seçilir,

Adım 4. Her seçilen hücrede eşit olasılıklı n_s/n_r yeni örneklerin ortalaması oluşturulur,

Adım 5. Önceki model topluluğuna yeni n_s örnekleri eklenir ve kabul edilebilir bir hataya ulaşıncaya kadar 2. aşama tekrarlanır,

Adım 6. Bu süreç kabul edilebilir bir hata değerine ulaşıldığında sonlandırılır.

Doğrusal Olmayan Problemlerin Sönümlü En Küçük Kareler Yöntemi ile Çözümü (Levenberg-Marquardt)

Eşitlik 1 doğrusallaştırılmış ters çözümde m model parametre sayısı ile n gözlemsel veri sayısı arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

$$A_{n \times m} \Delta p_{m \times 1} = \Delta d_{n \times 1} \quad (1)$$

Burada, A model parametrelerine göre kısmi türevlerden oluşan Jacobian dizeyi, d gözlemsel değerler ile hesaplanan değerler arasındaki farkı yansıtan “veri fark yöneyi”, p ise model parametrelerine uygulanacak düzeltme miktarlarını içeren “parametre fark yöneyi” dir.

Doğrusal olmayan denklem sistemleri için genelleştirilmiş en küçük kareler çözümü ise eşitlik 2’deki gibi verilir.

$$\Delta p = (A^T A)^{-1} A^T \Delta d \quad (2)$$

Veri bazı parametrelerin çözümü için tam bilgi içermiyorsa Jacobian dizeyinin bu parametrelere karşılık gelen sütunları sifıra yakın olur. Bu parametrelere ait özdeğerler de sifıra yakın olur. Yineleme sırasında küçük özdeğerlerin neden olduğu salınımların sönümlenmesi gerekir. Bu nedenle sönüm faktörü eşitlik 2’deki λ ’nın diyagonal elemanlarına eklenerek eşitlik 3 elde edilir (Başokur, 2002).

$$\Delta p = (A^T A + \epsilon^2 I)^{-1} A^T \Delta d \quad (3)$$

Bu çözüm “Levenberg-Marquardt” ters çözümü ya da “sönümlü en küçük kareler” adını alır (Lines ve Treitel, 1984). Eşitlik 3’te I birim dizey, ϵ^2 gerçel bir sayı ve sönüm *çarpmanı* olarak adlandırılır (Levenberg, 1944; Marquardt, 1963). Sönüm faktörünün alabileceği değerler, sıfır veya göreceli olarak özdeğerlerden büyük bir sayı olabilir (Başokur, 2002; Yanık, 2006).

Veri ayrımlılık dizeyi Tekil Değer Ayrışımı (SVD-Singular Value Decomposition) bileşenleri cinsinden eşitlik 4’de verilmektedir;

$$N = U U^T \quad (4)$$

Burada m boyutlu veri özvektörlerini içeren dizeydir.

Sönüm faktörünün sıfır olduğu durumda, parametre ayrımlılık dizeyi SVD bileşenleri cinsinden eşitlik 5’deki gibi bulunabilir;

$$R = V V^T \quad (5)$$

Buradaki ise parametre özvektörlerini içeren dizeydir (Menke, 2012).

Ters çözümdeki kısmi türevler dizeyinin sütunları, veri noktalarının parametrelerden etkileniş biçimini gösterir. j . sütun elemanları göreceli olarak yeterli sayıda yüksek değerler kapsıyorsa j . parametre duyarlı şekilde çözülebilir. Eğer değerler küçük ve eleman sayısı yetersiz ise, veri grubu j . parametreyi çözmek için kullanılmaz ve çözüm için ek bilgiye gerek vardır. Eğer, R birim dizeye yakınsa ters çözüm işleminden elde edilen parametrelerin modeli temsil ettiği kabul edilebilir ve bütün parametreler tam olarak çözülür. Bu dizeyin elemanlarının birim dizeye yakınlığı, parametrelerin gerçek değerlerine yakınlığının bir ölçüsüdür.

LM ile Ters Çözüm

Bu çalışmada ters çözümde gerekli olan parametre sönüm faktörü (ϵ) ’nın en küçük özdeğeri olarak belirlenmiştir. Sönüm faktörü sentetik çalışma için 0.003, arazi çalışması için 0.004 olarak hesaplanmıştır ve bu değer tüm yinelemelerde sabit tutulmuştur. Bu çalışmada, yineleme sayısı 50 alınarak ters çözüm yapılmıştır. Ters çözüm sonrasında matrisine SVD uygulanarak veri ve parametre ayrımlılık dizeyleri hesaplanmıştır. Böylece elde edilen parametrelerin gerçek modeli yansıtip yansıtmadığı ve gözlemsel verilerin çözüme katkısı gözlenmiştir.

Ardışık Yaklaşım ile Ters Çözüm

Bu çalışmada KA ve LM Algoritmaları kullanılarak ters çözüm için yeni bir ardışık yaklaşım sunulmuştur. Ardışık yaklaşım (AY), global yöntem KA ve türev tabanlı yerel yöntem LM algoritmasının kullanılmasıyla sentetik ve arazi verilerinin ters çözümünde uygulanmıştır. Bu

yaklaşım ile KA çözümünün yerel minimumlara düşmemesini sağlarken, sonrasında LM Algoritması global minimuma daha yakın bir çözüme ulaşmamızı sağlamaktadır. KA için çok fazla yineleme sayısı gerekirken bu yaklaşımda çok daha az yineleme sayısı yeterli olmaktadır. LM algoritmasının aksine bir başlangıç modeline ihtiyaç duymayan KA ters çözüm için daha fazla zamana gereksinim duyar. LM algoritmasında gerçek modele ne kadar yakın başlangıç parametreleri verilirse o kadar düşük hata ve gerçek modeli yansıtan parametrelere ulaşılmaktadır. Bu nedenle, KA'dan elde edilen hız ve derinlik değerleri LM algoritmasına başlangıç parametreleri olarak girilerek ters çözüm yapılmıştır.

KA'da yineleme sayısı AY için 500 olarak alınmıştır ve bu yineleme sayısının sonunca elde edilen model parametreleri LM Algoritmasında başlangıç parametreleri olarak kullanılmıştır. LM Algoritmasında ise yineleme sayısı sentetiklerde olduğu gibi 50 olarak belirlenmiştir ancak RMSE değerleri incelendiğinde yaklaşık 4 veya 5 yineleme sonrası hata değeri çok az oranda değişmektedir.

Sentetik Model Uygulaması

Çok tabakalı ve düşük hız tabakası içeren sentetik modelin özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Bu model, yarı sonsuz tabaka üzerinde üç tabakadan oluşmaktadır (Şekil 4). Ters çözüm sonucu elde edilen dispersiyon eğrileri Şekil 5a'da verilmiş olup, LM yöntemi ile ters çözümde RMSE 2.68 m/s, KA yöntemi ile ters çözümde RMSE 2.15 m/s ve AY ile ters çözümde RMSE 0.5 m/s değerlerine ulaşılmıştır. Şekil 5b'de

verilen tabaka kalınlıkları ve kayma hızlarından bağıl hatalar yüzde olarak hesaplanarak ters çözüm sonucu elde edilen modellerdeki her bir tabakanın hızları ve kalınlıklarının sentetik modele ait hızlar ve kalınlıklarla karşılaştırılması yapılmıştır (Çizelge 2).

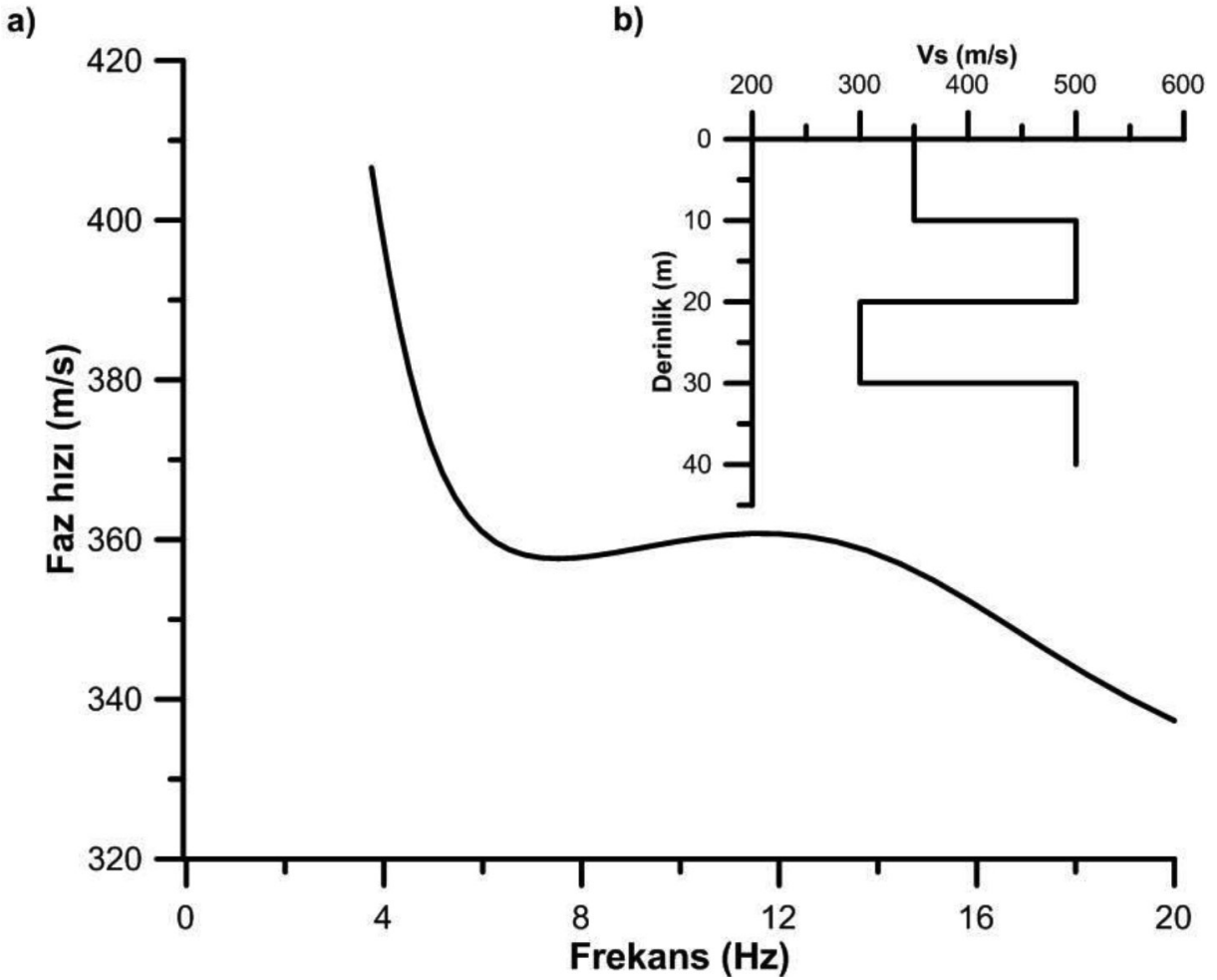
Çalışmanın bu aşamasında sentetik dispersiyon eğrisine %5 Gaussian gürültüsü eklenmiştir (Şekil 6). Öncelikle LM ve KA ile sonrasında AY ile ters çözüm işlemi gerçekleştirilmiştir ve gürültüsüz sentetik verinin ters çözümünde kullanılan parametreler kullanılmıştır. Ters çözüm sonucu hesaplanan dispersiyon eğrileri ile sentetik dispersiyon eğrisi arasındaki RMSE değerleri LM yönteminde 2.77 m/s, KA'da 1.40 m/s ve AY'de 1.04 m/s olarak elde edilmiştir (Şekil 7a). Elde edilen RMSE değerleri bulunan sonuçların kabul edilebilir olduğunu göstermiştir. Şekil 7b'de ise verilen tabaka kalınlıkları ve kayma hızlarından hesaplanan bağıl hata değerleri Çizelge 3'te gösterilmiştir.

Ayrıca LM algoritmasıyla gürültülü ve gürültüsüz dispersiyon eğrilerine ters çözüm uygulandıktan sonra veri ve parametre ayrımlılık düzeyleri SVD kullanılarak hesaplanmıştır. Parametre ayrımlılık düzeyinin her bir köşegen elemanının değeri yaklaşık 1, diğer matris elemanları ise 0'a yakın çıktığından çözümün gerçek modeli yansıttığı söylenebilir. Veri ayrımlılık düzeyi de, parametre ayrımlılık düzeyinde olduğu gibi köşegen elemanlar yaklaşık 1 ve diğer elemanlar yaklaşık 0 çıktığından, ölçülen verilerin parametrelerin çözümünde tam katkı sağladığı görülmüştür. Bunlara ek olarak sentetik çalışmalarda (gürültülü ve gürültüsüz) RMSE değerleriyle paralellik

Çizelge 1. Sentetik model parametreleri.

Table 1. Parameters of the synthetic model.

Kalınlık (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Yoğunluk (kg/m ³)
10	595	350	1340
10	850	500	1450
10	510	300	1290
-	850	500	1450



Şekil 4. a) Düz çözüm ile hesaplanan temel mod dispersiyon eğrisi ve b) Çizelge 1’de verilen tabaka hız modeli.
Figure 4. a) Fundamental-mode dispersion curve generated forwardly and b) layer velocity model listed in Table 1.

gösteren bağıl hata değerleri incelendiğinde, AY ile elde edilen modelden hesaplanan bağıl hataların diğer yöntemlere göre daha düşük elde edildiği görülmektedir.

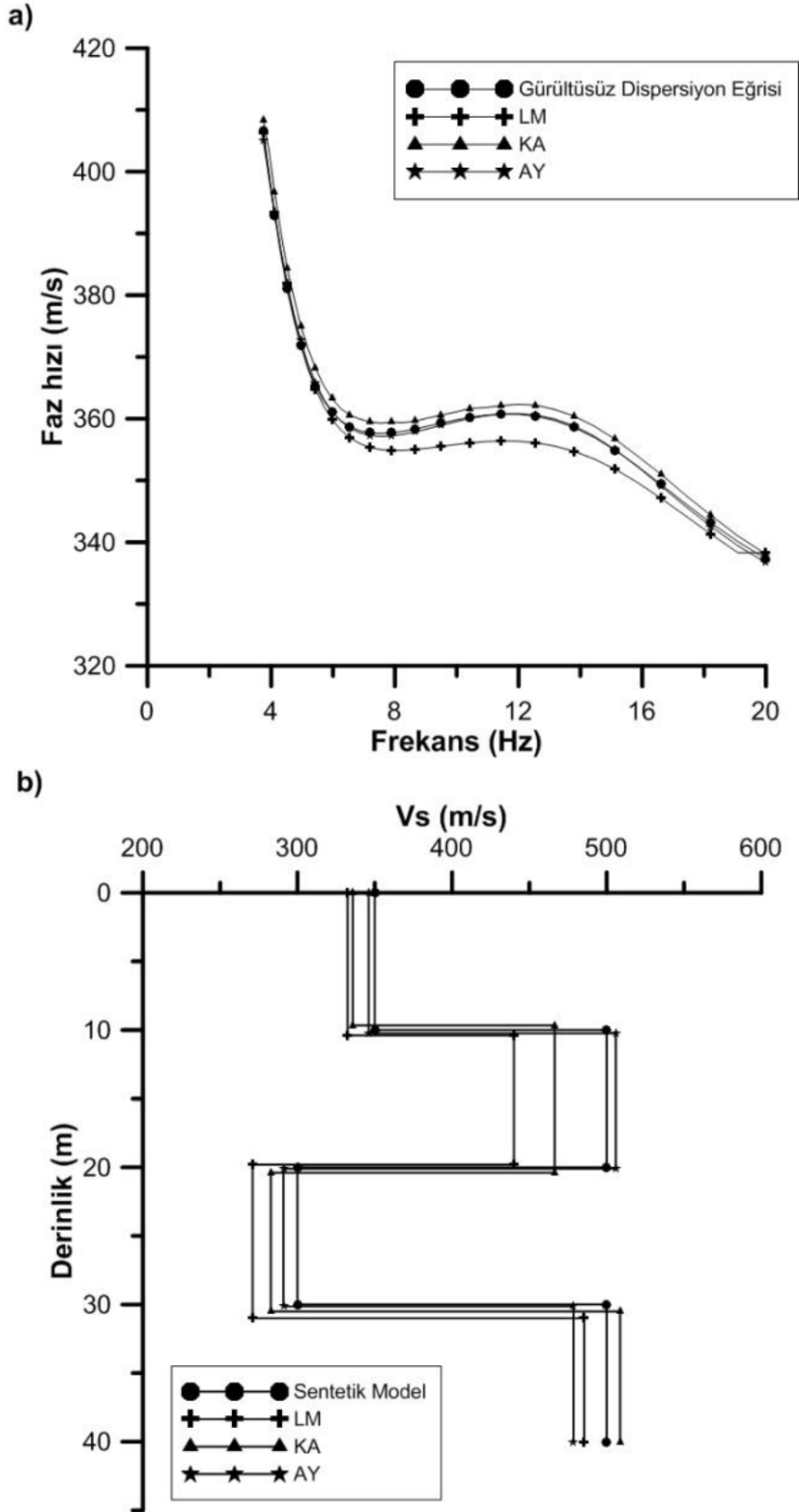
Arazi Çalışması

Bu çalışmada arazi MASW verisi İzmir Mavişehir bölgesinde toplanmıştır. Veri toplama işleminde 24 kanallı sismik kayıtçı ve 4,5 Hz’lik düşük frekanslı alıcılar (jeofon) kullanılmıştır. Jeofon aralığı 4 m olarak seçilmiştir. Kaynak olarak hidrolik balyoz (100 lb) kullanılmıştır. MASW yöntemi uygulamasında düz atış ile veri toplanmıştır. Kaynağın ilk jeofona olan uzaklığı

(ofset) 4 m olarak seçilmiştir (Şekil 8). Örnekleme aralığı 1 msn kayıt uzunluğu 2 sn’dir. Veri kalitesini artırmak için her noktada 3 adet ölçü alınarak yığıma (stack) işlemi yapılmıştır. Arazide elde edilen düz atış kaydı ve veri işlem teknikleri ile elde edilen dispersiyon eğrisi Şekil 9’da gösterilmiştir.

MASW çalışmasının gerçekleştirildiği alanda sondaj ve SPT-N verisi mevcut olup bu veriler Dindar (2010)’dan alınmıştır. Yapılan sondaj çalışmasına ait SPT-N verileri ve jeolojik istif Şekil 10’da verilmiştir.

Ters çözüm sonucu elde edilen Vs-derinlik kesitlerinin SPT-N – derinlik ve dolayısıyla stratigrafi



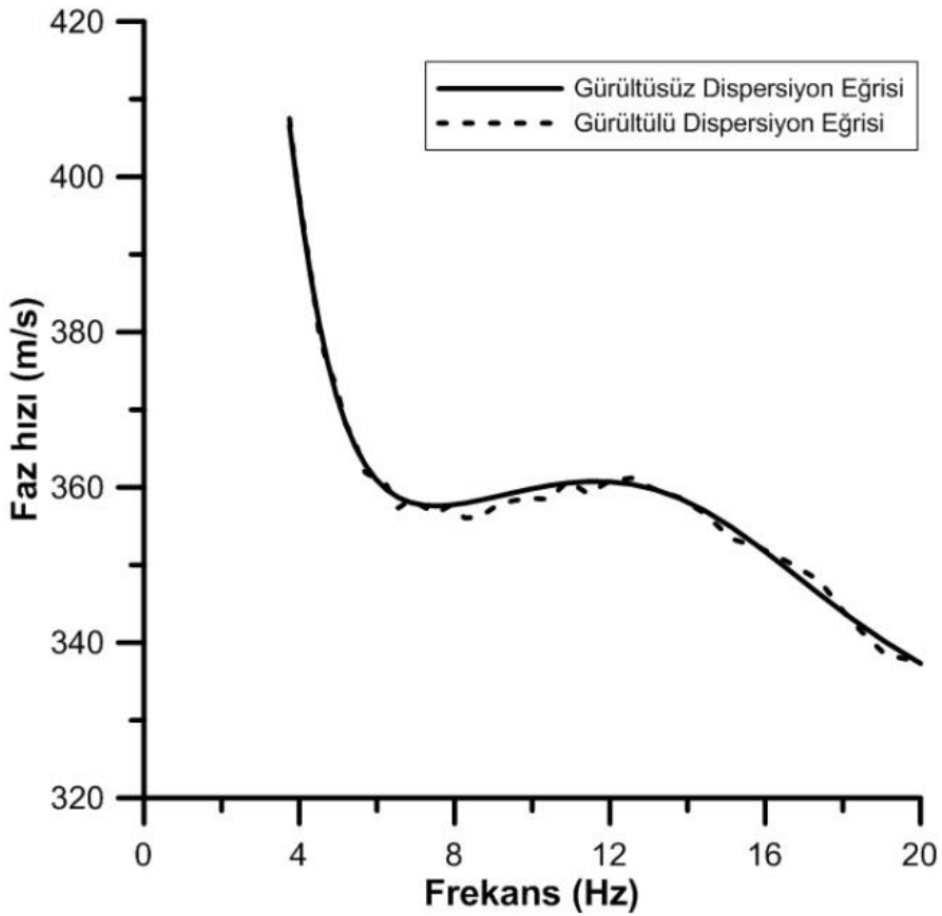
Şekil 5. Gürültü eklenmemiş veride LM Algoritması, KA ve AY ile ters çözüm sonuçları a) dispersiyon eğrileri, b) bu yöntemlerden elde edilen Vs derinlik kesitleri.

Figure 5. Inversion results of LM Algorithm, NA and SA on noise-free data a) dispersion curves and b) Vs depth profile obtained from these methods.

Çizelge 2. Gürültüsüz dispersiyon eğrisi için LM Algoritması, KA ve AY ile ters çözüm sonucu hesaplanan bağıl hatalar ve RMSE değerleri.

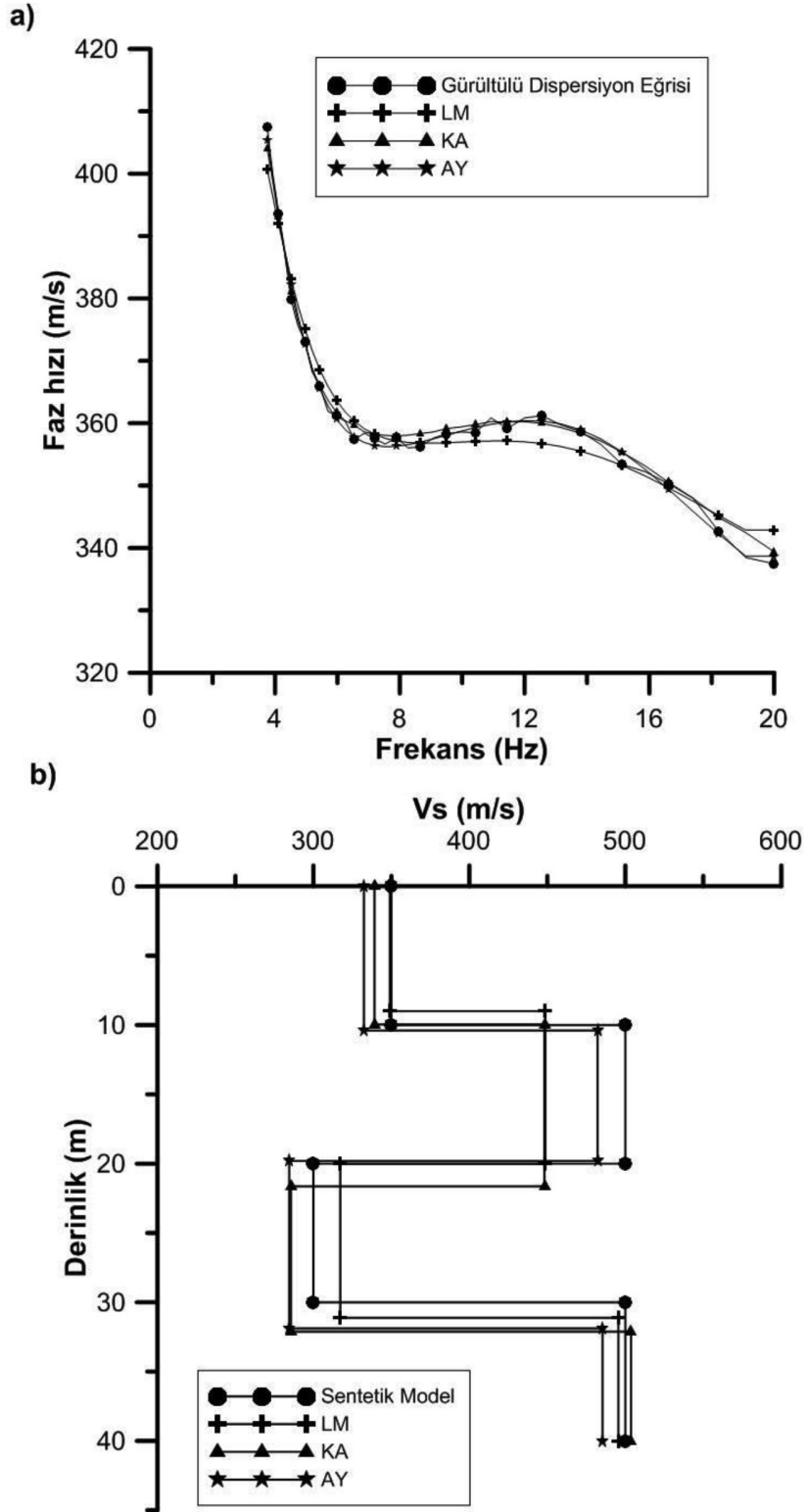
Table 2. Calculated relative errors and RMSE values from inversion results of LM Algorithm, NA and SA for noise-free dispersion curve.

Sentetik Model		LM		NA		AY		LM-Bağıl hata (%)		KA- Bağıl hata (%)		AY- Bağıl hata (%)	
h (m)	Vs (m/s)	h (m)	Vs (m/s)	h (m)	Vs (m/s)	h (m)	Vs (m/s)	h (% hata)	Vs (% hata)	h (% hata)	Vs (% hata)	h (% hata)	Vs (% hata)
10	350	10.39	312	9.66	336	10.24	346	3.9	10.9	3.4	4.0	2.4	1.1
10	500	9.41	438	10.73	473	9.86	505	5.9	12.4	7.3	5.4	1.4	1.0
10	300	11.19	354	10.10	286	10.04	290	11.9	18.0	1.0	4.7	0.4	3.3
	500		483		481		478		3.4		3.8		4.4
RMSE(m/s)								2.68		2.14		0.5	



Şekil 6. Gürültüsüz ve % 5 gürültülü teorik dispersiyon eğrileri.

Figure 6. Noise-free and noisy (with 5 %) theoretical dispersion curves.



Şekil 7. %5 Gaussian gürültüsü eklenmiş veride KA, LM algoritmasının ve AY ile ters çözüm sonuçları a) dispersiyon eğrileri, b) bu algoritmalarından elde edilen Vs derinlik kesitleri.

Figure 7. Inversion results of NA, LM and SA in 5 % Gaussian noise data a) dispersion curves, b) Vs depth profile obtained from these algorithms.

Çizelge 3. Gürültülü dispersiyon eğrisi için LM Algoritması, KA ve AY ile ters çözüm sonucu hesaplanan bağıl hatalar ve RMSE değerleri.

Table 3. Calculated relative errors and RMSE values from inversion results of LM Algorithm, NA and SA for noisy dispersion curve.

Sentetik Model		LM		NA		AY		LM-Bağıl hata (%)		KA- Bağıl hata (%)		AY- Bağıl hata (%)	
h (m)	Vs (m/s)	h (m)	Vs (m/s)	h (m)	Vs (m/s)	h (m)	Vs (m/s)	h (% hata)	Vs (% hata)	h (% hata)	Vs (% hata)	h (% hata)	Vs (% hata)
10	350	8.99	323	9.96	339	10.39	347	10.1	7.7	0.4	3.1	3.9	0.9
10	500	11.02	428	11.68	448	9.41	484	10.2	14.4	16.8	10.4	5.9	3.2
10	300	11.10	357	10.48	285	12.08	288	11.0	19.0	4.8	5.0	20.8	4.0
	500		482		503		508		3.6		0.6		1.6
RMSE(m/s)								2.77		1.40		1.04	



Şekil 8. Arazide uygulanan MASW ölçüm düzeneği.

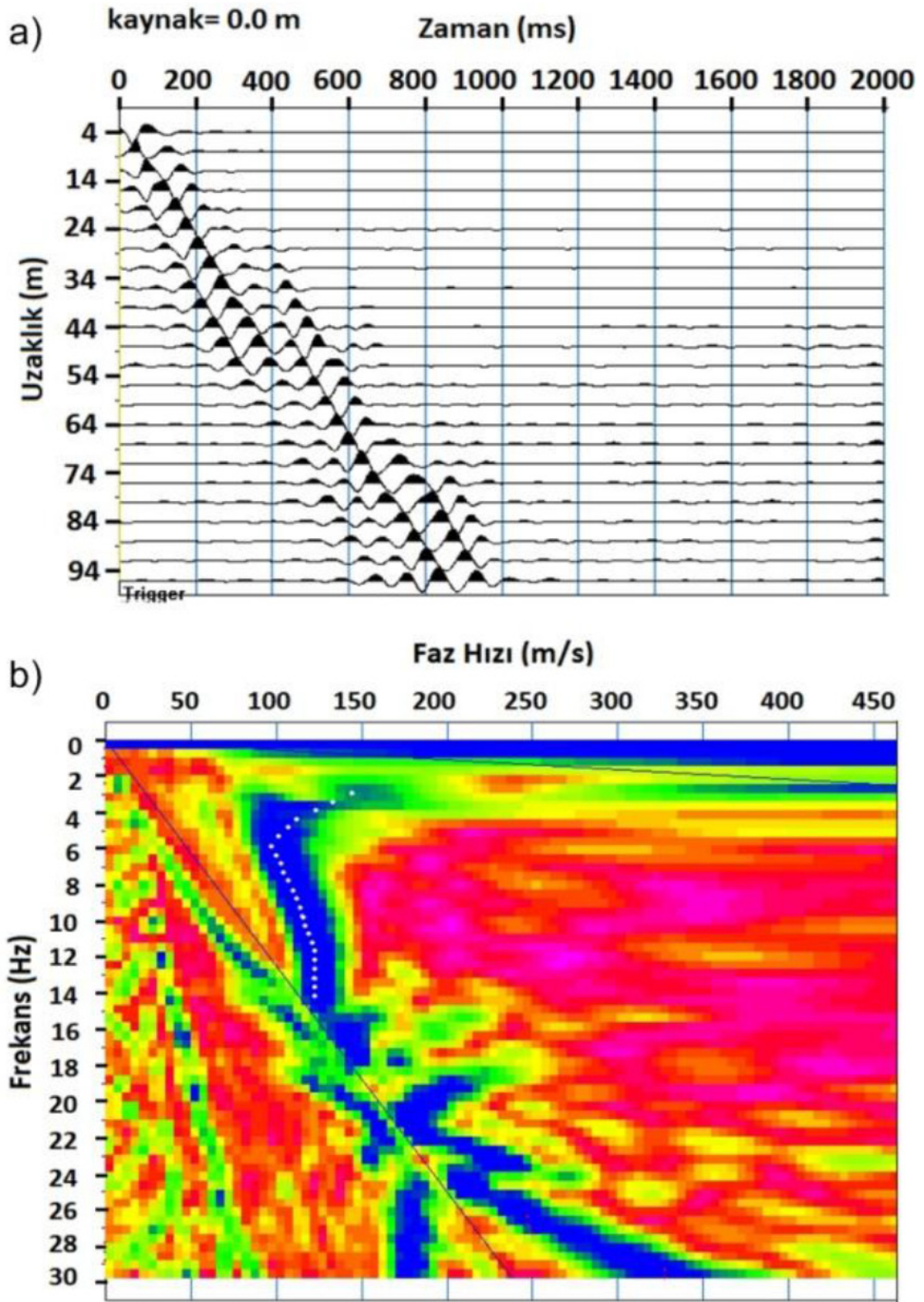
Figure 8. Applied MASW measuring setup in the field.

ile uyumlu oldukları görülmektedir (Şekil 11). Ters çözüm sonucunda hesaplanan RMSE değerleri, LM yönteminde 4.21 m/s, KA'da 3.40 m/s ve AY'de 2.35'dir. Sentetik çalışmada olduğu gibi arazi verilerinin ters çözümü sonrasında veri ayrımlılık ve parametre ayrımlılık düzeyleri incelenmiş ve sentetik çalışmalara benzer sonuçlar elde edilmiştir.

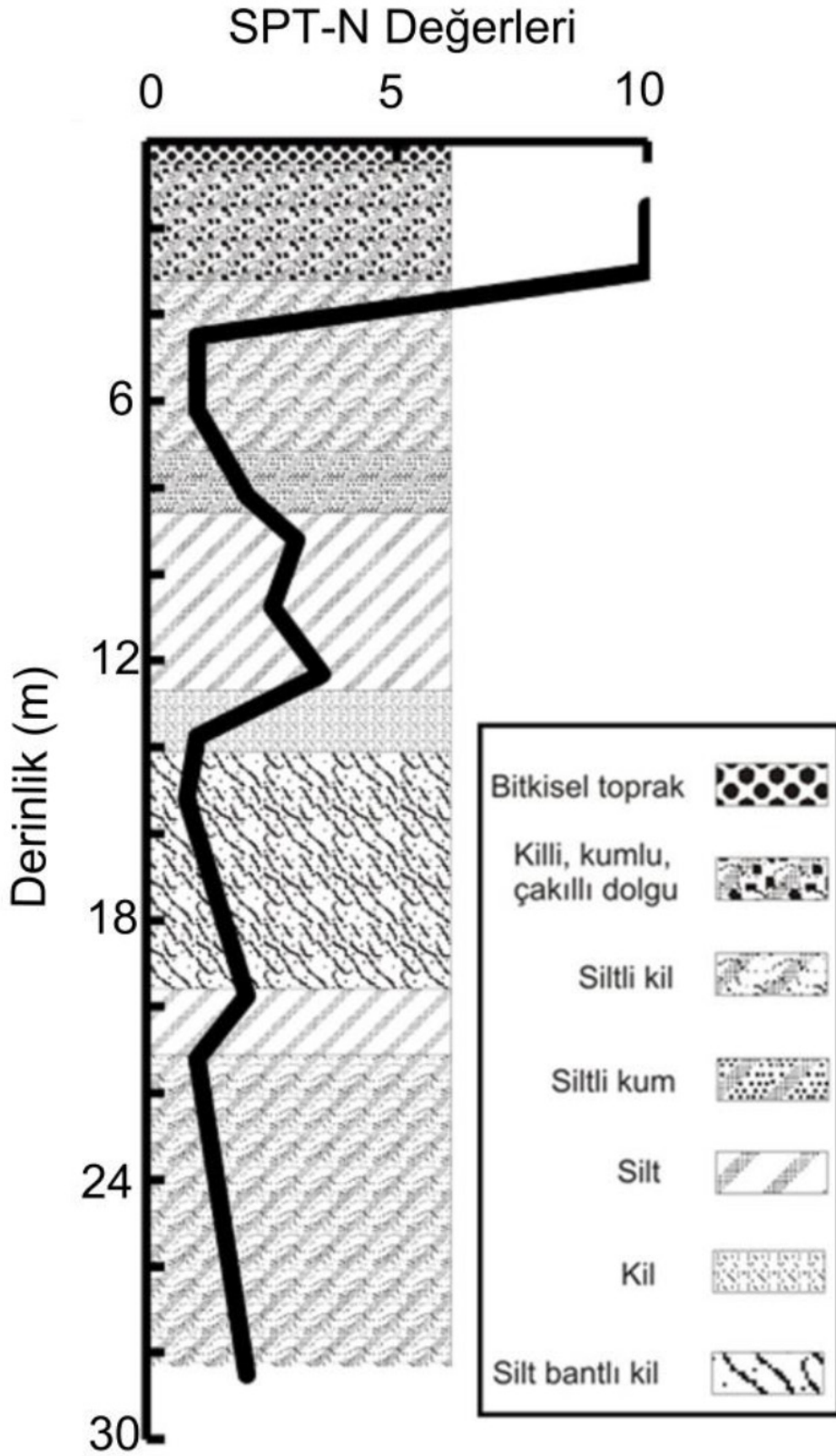
SONUÇLAR

Bu çalışmada MASW ile elde edilen dispersiyon eğrilerinin ters çözümü için bir sıralı melez yaklaşım önerilmiştir. Önerilen AY'de Levenberg-Marquardt ve Komşuluk Algoritmaları birlikte kullanılmıştır. Ters çözümde herhangi bir başlangıç modeline gereksinim duymayan KA yerel minimumlardan kaçınmak, global minimuma yakınsamak ve LM için gerekli olan başlangıç modelini elde etmek için kullanılmıştır. Bu şekilde

LM Algoritması kullanılarak global minimuma en yakın noktada ve en kısa sürede ulaşılması hedeflenmiştir. AY ile KA yöntemindeki çok fazla yineleme sayısı ve aşırı süre gereksinimi azaltılmıştır. Bu yöntemler hem sentetik (gürültülü ve gürültüsüz) hem de arazi verilerine uygulanmıştır. Ters çözüm sonucunda tabaka kalınlıkları ve kayma dalgası hızlarının karekök ortalama hataları karşılaştırılmış ve AY'den elde edilen sonuçların doğru modele daha iyi yakınsadığı görülmüştür. Sentetik çalışmalarda (gürültülü ve gürültüsüz) AY ile elde edilen modellerden hesaplanan bağıl hatalar daha düşük değerlidir. Sonuç olarak, jeoteknik çalışmalar için önemli bir parametre olan kayma dalga hızlarının daha doğru ve güvenilir bir şekilde elde edilebilmesi için geleneksel algoritmalar ve global yöntemlerin birlikte kolaylıkla uygulanabilirliği görülmüştür.

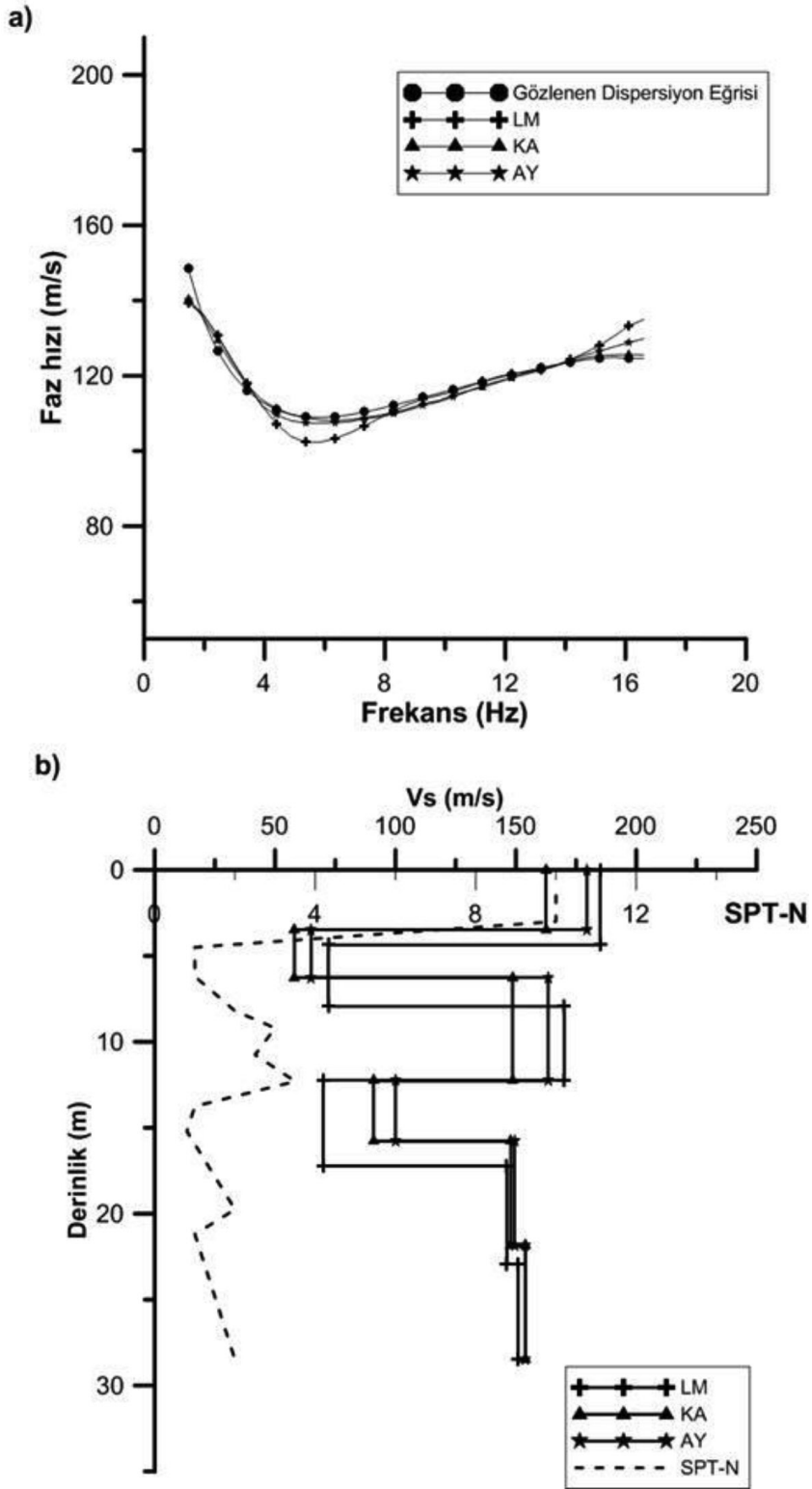


Şekil 9. Düz atış kaydı ve dispersiyon eğrisinin seçimi.
Figure 9. Forward shot record and selecting dispersion curve.



Şekil 10. Arazideki SPT-N ölçüm sonuçları ve sondaj stratigrafi verileri.

Figure 10. SPT-N results and borehole stratigraphic data.



Şekil 11. Arazi verisinin KA, LM ve AY algoritması ile ters çözüm sonuçları a) dispersiyon eğrileri, b) bu algoritmalarla elde edilen Vs derinlik kesitleri ve SPT-N değerleri.

Figure 11. Inversion results of NA, LM and SA on field data a) dispersion curves, and b) Vs depth profile obtained from these algorithms and SPT-N values.

KATKI BELİRTME

Yazarlar, makaleye yapıcı eleştirileri ile katkı sağlayan hakemler Prof. Dr. Emin CANDANSA-YAR ve Doç. Dr. Ünal DİKMEN'e, değerli yorum ve görüşlerinden yararlandıkları Doç. Dr. Gökhan GÖKTÜRKLER'e teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Başokur, A. T., Akça, I., ve Siyam, N. W. A., 2007. Hybrid genetic algorithms in view of the evolution theories with application for the electrical sounding method. *Geophysical Prospecting*, 55, 393-406.
- Başokur, A.T., 2002. Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Problemlerin Ters-Çözümü. *Jeofizik Mühendisleri Odası Eğitim Yayınları*, Ankara.
- Chunduru, R. K., Sen, M. K., ve Stoffa, P. L., 1997. Hybrid optimization methods for geophysical inversion. *Geophysics*, 62, 1196-207.
- Çaylak, Ç., Göktürkler, G., ve Sarı, C., 2011. Inversion of multi-channel surface wave data using a sequential hybrid approach. *Journal of Geophysics and Engineering*, 9, 19-28.
- Dikmen, Ü., Arisoy, M.Ö., ve Akkaya, İ., 2010. Offset and linear spread geometry in the MASW method. *Journal of Geophysics and Engineering*, (Special Issue: On near Surface Geophysics for the Study and the Management of Historical Resources), 7, 211-222.
- Dindar, H., 2010. İzmir Metropolitan Alanına Yerleştirilecek Olan Kuvvetli Yer İstasyonlarının Zemin Özelliklerini Tanımlamaya Yönelik Jeofizik Çalışmalar, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Fallat, M. R., ve Dosso, S. E., 1999. Geoacoustic inversion via local, global and hybrid algorithms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 105, 3219-3230.
- Guo, T., ve Liu, L., 1999. Non-intrusive evaluation of submarine tunnel foundation using dynamic high-frequency surface wave prospecting. *Environmental and Engineering Geophysics Society*, Oakland, 67-74.
- Kanbur, Z., Silahtar, A., ve Özsoy, C., 2011. Sığ Sismik Yansıma, MASW ve ReMi Yöntemleri ile Sığ Yapıların İncelenmesi: Isparta Yerleşim Merkezi Kuzeyi Pliyo-Kuvaterner Çököl Yapı Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15-3, 224-232.
- Kanlı, A. I., Tildy, P., Prónay, Z., Pınar, A., ve Hermann, L., 2006. V_{s30} mapping and soil classification for seismic site effect evaluation in Dinar region, SW Turkey. *Geophysical Journal International*, 165, 223-235.
- Levenberg, K., 1944. A Method for the Solution of Certain Non-Linear Problems in Least Squares. *The Quarterly of Applied Mathematics*, 2, 164-168.
- Lines, L.R., ve Treitel, S., 1984. A review of least squares inversion and its application to geophysical problems. *Geophysical Prospecting*, 32, 159-186.
- Liu, H. P., Boore, D. M., Joyner, W. B., Oppenheimer, D. H., Warrick, R. E., Zhang, W., Hamilton, J. C., ve Brown, L. T., 2000. Comparison of phase velocities from array measurements of Rayleigh waves associated with microtremor and results calculated from borehole shear-wave velocity profiles. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 90, 666-678.
- Marquardt, D.W., 1963. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, 11(2): 431-441.
- McMechan, G. A., ve Yedlin, M. J., 1981. Analysis of dispersive waves by wave field transformation. *Geophysics*, 46, 869-874.
- Mendes, M., 2009. A hybrid fast algorithm for first arrivals tomography. *Geophysical Prospecting*, 57 803-809.

- Menke, W., 2012. Geophysical data analysis: discrete inverse theory. Academic press.
- Pamuk, E., 2014. İzmir (Buca) bölgesinde yüzey dalgası yöntemleriyle elde edilen kayma dalgası hızlarının (vs) analizi ve mikrotremor uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Park, C. B., Miller, R. D., ve Xia, J., 1999. Multichannel analysis of surface waves (MASW). *Geophysics*, 64, 800-808.
- Sambridge, M., 1999. Geophysical inversion with a neighbourhood algorithm: I. Searching a parameter space. *Geophysical Journal International*, 138, 479-494.
- Wathelet, M., 2005. Array recordings of ambient vibrations: surface-wave inversion. Doktora tezi, Liege Üniversitesi, Belçika.
- Wathelet, M., Jongmans, D. ve Ohrnberger, M., 2004. Surface wave inversion using a direct search algorithm and its application to ambient vibration measurements. *Near Surface Geophysics*, 2, 211-221.
- Yanık, K., 2006. Yüzey Dalgası Dispersiyon Verilerinden Sönümlü En Küçük Kareler Ters-Çözüm Yöntemi ile S-Dalga Hızlarının Hesaplanması. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.

Pliosen Dorutay Havzası (Özalp-Van) Gölsel Çökellerinin Yapısal ve Sedimentolojik Özellikleri

Structural and Sedimentological Properties of Lacustrine Deposits in Pliocene Dorutay Basin (Özalp-Van)

SERKAN ÜNER^{1*}, CANSU OKULDAŞ¹, AHMET VEDAT YILMAZ¹

¹Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 65080, Zeve Kampüsü, VAN

Geliş (received) : 12 Ocak (January) 2015

Kabul (accepted) : 09 Mart (March) 2015

ÖZ

Arap ve Avrasya Plakaları arasında gelişen çarpışma, Miyosen ve sonrasında Van Gölü ve çevresinde birçok dağ arası havzanın oluşumuna sebep olmuştur. Bu havzalardan birisi de Van'ın Özalp ilçesinde bulunan Pliosen Dorutay Havzası'dır. Karbonifer yaşlı metamorfikler ve Kretase ofiyolitlerinden oluşan temel kayalar üzerinde uyumsuz olarak gözlenen Pliyo-Kuvaterner yaşlı gölsel çökeller, bu dönemde bölgede bulunan geniş yayımlı bir gölün varlığını işaret etmektedir. Deniz seviyesinden 2060 m yükseklikte ve 150 km² yayılıma sahip olan bu eski gölün sınırları, gölsel çökeller içerisindeki kıyı fasiyesleri yardımıyla belirlenmiştir. Gölsel çökellerin, çökeltme alt ortamlarının ve ortam koşullarının anlaşılması için sedimanter fasiyes özellikleri incelenmiş ve bölgede 8 adet sedimanter fasiyes ile sığ göl ve gölsel kıyı ortamını temsil eden 2 adet fasiyes birlikteliği ayırt edilmiştir.

Dorutay Havzası tektonizmanın oldukça aktif olduğu bir bölgede yer almaktadır. Gerek havza kenarlarında, gerekse çökel dolgusunda gözlenen faylar, havzanın jeolojik evriminde önemli rol oynamaktadır. Özellikle bu çalışmada isimlendirilen Çırakköy Fayı, bölgenin kapalı havzadan açık havza koşullarına geçişinin ana sebebidir. Deprem kayıtları ve jeomorfolojik veriler, havzanın tektonik açıdan günümüzde de aktif olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Dorutay Havzası, Doğu Anadolu, fasiyes analizi, gölsel çökeller, Özalp-Van, yapısal jeoloji

ABSTRACT

The collision between the Arabian and Eurasian plates caused to the formation of intramontane basins around Lake Van during and after Miocene. Pliocene Dorutay Basin (Özalp-Van) is one of these basins. Plio-Quaternary lacustrine deposits in the basin, unconformably overlie the basement rocks composing of Carboniferous aged metamorphic rocks and Cretaceous ophiolites, indicate the existence of a widespread lake in the region at that time. This paleolake was around 2060 meter above the sea level and occupied in 150 km² area. The boundaries of the paleolake can be determined using shore facies of lacustrine deposits. Sedimentary facies were investigated for understanding the depositional subenvironments and depositional processes of basin fill. Eight sedimentary facies and two facies associations representing to shallow lacustrine and shore subenvironment were recognized.

Dorutay Basin is located on a seismically active region. Faults on boundaries of the basin and the basin fill play an important role on geological evolution of the basin. Especially the activity of Çırakköy Fault named with this study is the main reason of the changing from closed basin condition to open basin. Earthquake records and geomorphological data are showing the recent tectonic activity of the basin.

Keywords: Dorutay Basin, Eastern Anatolia, facies analysis, lacustrine deposits, Özalp-Van, structural geology

* S. Üner

e-posta: suner@yyu.edu.tr

GİRİŞ

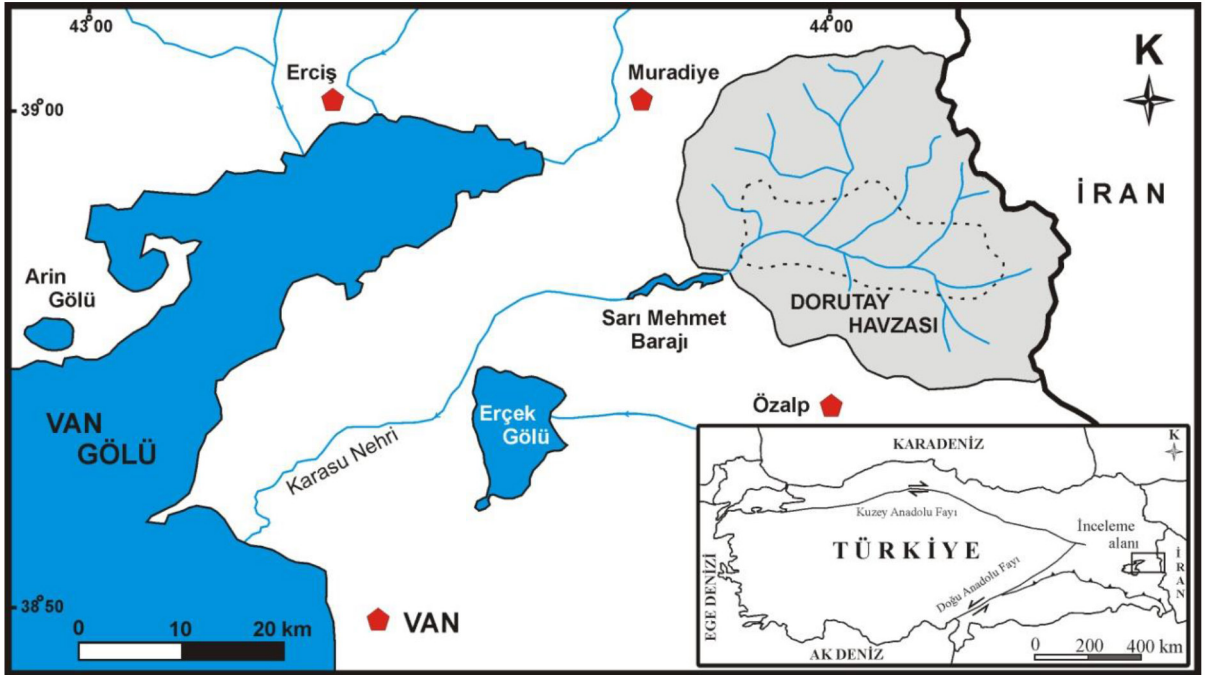
Arap Plakası'nın Avrasya Plakası'na doğru hareketi, iki plaka arasında bulunan Neotetis Okyanusu'nun kapanmasına ve Serravaliyen'de kıta-kıta çarpışmasına sebep olmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981; Dewey vd., 1986). Bu sıkışma rejimi Doğu Anadolu Platosu ile bölgede bulunan Pasinler, Muş ve Van Gölü havzalarını oluşturmuştur (Şaroğlu ve Güner, 1979). Doğu Anadolu Platosu'nun güneyinde yer alan Van Gölü Havzası, Geç Pliyosen'de oluşmuş ve bölgede etkili olan Kuvaterner volkanizması ile bugünkü şeklini almıştır (Degens vd., 1984). Günümüzden yaklaşık 600.000 yıl önce oluşan Van Gölü (Stockhecke vd., 2014), deniz seviyesinden 1650 metre yüksekte bulunmaktadır.

Van Gölü Havzası'nın doğu kesiminde, Özalp'a bağlı Dorutay Köyü civarında deniz seviyesinden 2060 m yüksekte gölsel çökeller bulunmaktadır.

Şenel (1987) tarafından Saray Formasyonu olarak adlandırılan çökellerin yaşı Pliyo-Kuvaterner olarak kabul edilmektedir (Arni, 1939; Kıraner, 1959; Altınlı, 1966; Saydamer, 1976). Gölsel çökellerin konumu ve deniz seviyesinden yüksekliği incelendiğinde, Pliyosen'de bölgede yaklaşık 900 km²'lik drenaj alanına sahip bir kapalı havzanın bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 1). İlk defa bu çalışmada isimlendirilen, tektonik kontrollü Dorutay Havzası'nın, sedimentolojik ve yapısal özelliklerinin belirlenmesi ve jeolojik gelişiminin ortaya konulması bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

BÖLGESEL JEOLJİ

Van Gölü Havzası'nın doğusunda, Türkiye-İran sınırında yer alan Dorutay Havzası, Pliyosen'de oluşmaya başlayan bir sıkışma havzasıdır. Karbonifer yaşlı metamorfikler ve Kretase ofiyolitlerinden oluşan bir temel üzerinde bulunan havza,



Şekil 1. Dorutay Havzası'nın konumunu gösteren yer bulduru haritası (kesikli çizgi paleogöl alanını göstermektedir).
Figure 1. Location map of the Dorutay Basin (dashed line showing the paleolake area).

tektonizma ile birlikte Pliyo-Kuvaterner volkanizması tarafından şekillendirilmiştir. Havzanın çökelti dolgusu Saray Formasyonu'na ait gölsel çökeller, havza kenarlarında gelişmiş alüvyon yelpazeleri ve Karasu Nehri'nin taşıdığı güncel alüvyonlardan oluşmaktadır (Şekil 2).

Doğu Anadolu Platosu ve Van Gölü Havzası'nda, Arap Plakası ile Avrasya Plakası arasındaki çarpışma sonrası gelişen K-G doğrultulu sıkışma rejimi hakimdir (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Koçyiğit vd., 2001; Özkaymak vd., 2011; Koçyiğit, 2013). D-B doğrultulu ters faylar, KB-GD doğrultulu sağ yönlü ve KD-GB doğrultulu sol yönlü doğrultu atımlı faylarla ile K-G doğrultulu normal faylar ile temsil edilen bu rejim, Dorutay Havzası'nda da benzer yapısal unsurlar sunmaktadır (Şekil 2).

YÖNTEM

Dorutay Havzası'nın sınırlarının belirlenmesi ve bölgenin jeoloji haritasının hazırlanması çalışmanın ilk aşamasını oluşturmaktadır. Sonrasında Dorutay ve Dönerdere köyleri arasında gözlenen gölsel çökellerin deniz seviyesinden yükseklikleri ve konumları belirlenmiştir. Gölsel çökelti istifi, en alt kısımdan başlayarak yukarıya doğru litofasiyeslere ayrılmış, bunlar arasındaki yanal ve düşey geçişler belirlenmiştir. Tanımlamalar ilgili literatür ile karşılaştırılarak, birimlerin olduğu alt ortamlar ve ortam koşulları ortaya konulmuştur. Havza kenarlarında ya da gölsel istif içerisinde gözlenen fayların karakterleri ve güncel aktiviteleri belirlenmiştir. Ölçülen sedimanter fasiyesler yardımıyla belirlenen paleo-ortamların dizilimi ve havzadaki fayların yapısal özellikleri beraber değerlendirilerek, Dorutay Havzası'nın Pliyosen ve sonrasındaki jeolojik gelişimi yorumlanmıştır.

DORUTAY HAVZASI

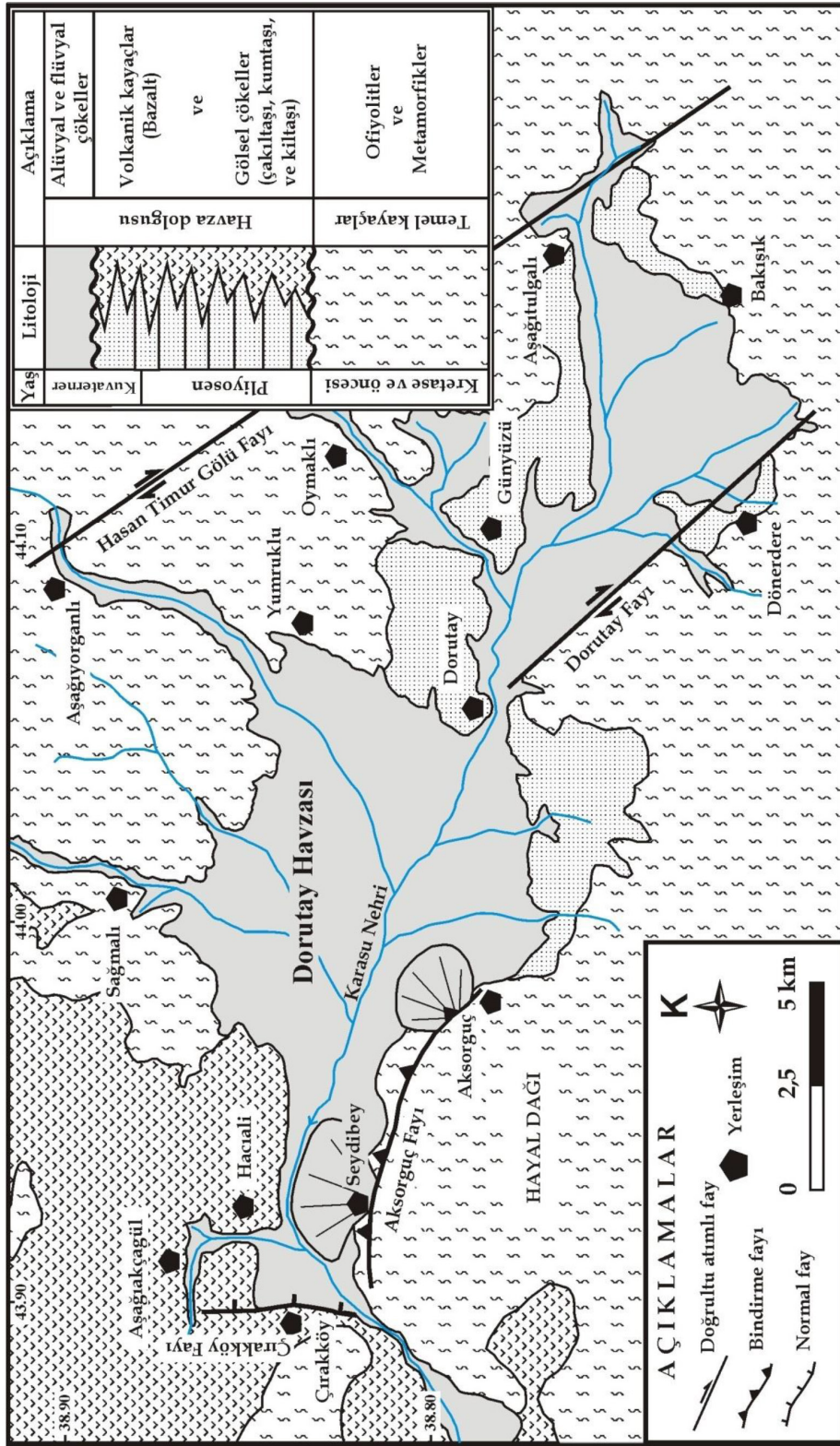
Dorutay Havzası, Van Gölü'nün KD'sunda, yaklaşık 900 km²'lik geniş bir drenaj alanına sahip bir dağ arası havzasıdır. Kuzeyde Yücelen, Caccur, Balçıklı, Çayır ve Oymaklı dereleri tarafından beslenen Karasu Nehri havzanın en önemli

akarsuyudur. Havza batısından dar bir kanal yardımıyla Van Gölü'ne doğru yol alan Karasu Nehri üzerinde, Dorutay Havzası'nın hemen batısında Sarı Mehmet Barajı bulunur. Havza güneyden sağ yanal doğrultu atımlı fay karakterindeki Dorutay Fayı, batıdan ise Çırakköy batısında bulunan normal fay ile sınırlandırılmaktadır (Şekil 2).

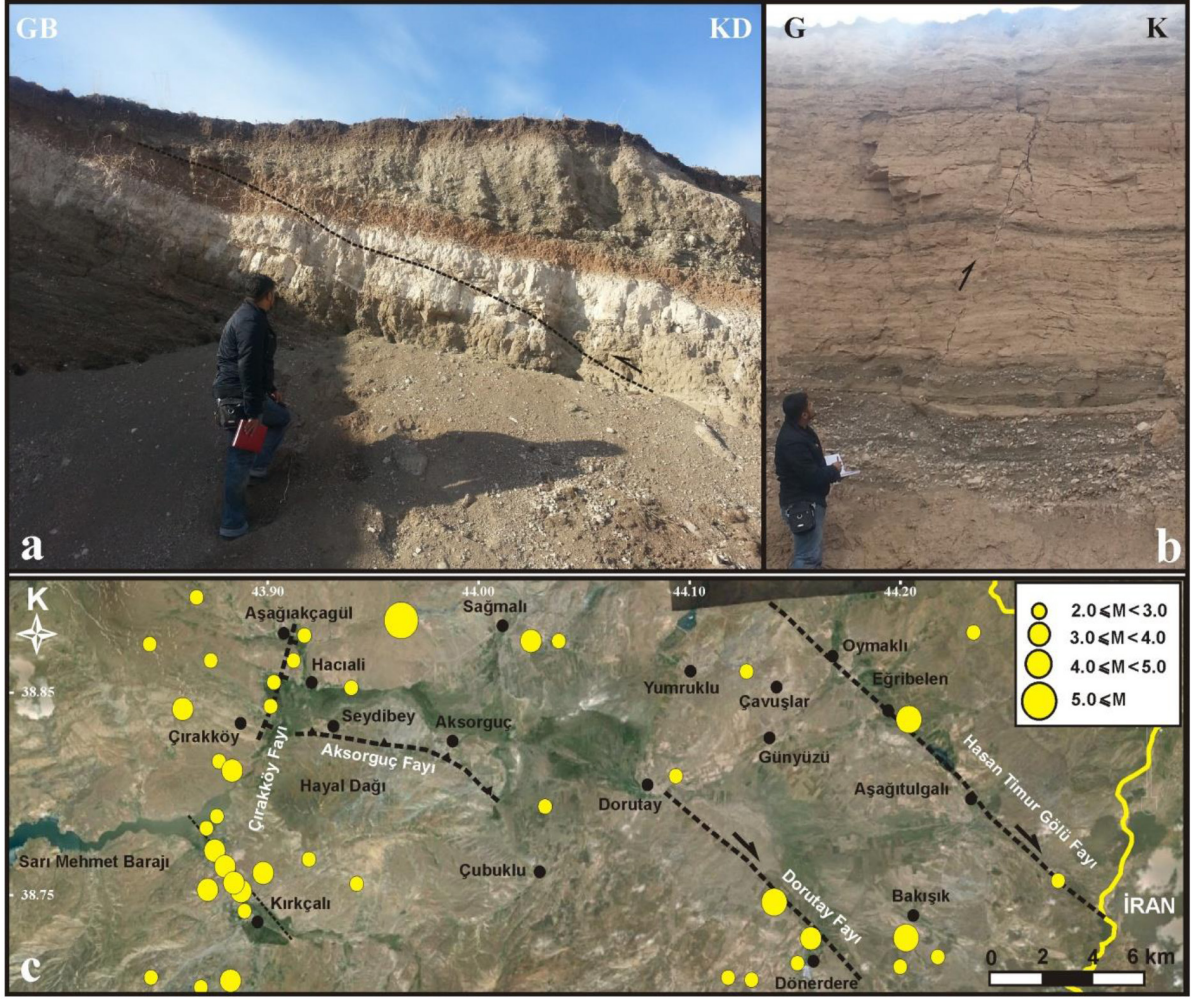
Dorutay Havzası Fayları

Dorutay Havzası'nın doğusunda sağ yanal doğrultu atımlı Hasan Timur Gölü Fayı ve Dorutay Fayı yer alır. Türkiye Diri Fay Haritası'nda (Emre vd., 2012) Holosen fayı olarak tanımlanan bu faylardan Hasan Timur Gölü Fayı, kuzeyde Yukarı Balçıklı Köyü civarından başlayıp KB-GD doğrultulu olarak İran sınırı içlerine kadar yaklaşık 20 km devam eder. Bu faya paralel konumdaki Dorutay Fayı ise Dönerdere ve Dorutay köyleri arasında yaklaşık 10 km takip edilebilmektedir. Havza kenarlarında bu faylar dışında, ilk kez bu çalışma ile adlandırılan ve tanımlanan Çırakköy ve Aksorguç fayları yer alır. K-G doğrultulu Çırakköy Fayı, kuzeyde Aşağıakçağül Köyü'nden başlayıp, havza dışında Kırkçalı Köyü'ne kadar 12 km boyunca uzanan, doğuya eğimli bir normal faydır. D-B uzanımlı Aksorguç Fayı ise, Seydibey ve Aksorguç köyleri boyunca yaklaşık 7 km takip edilebilen, kuzeye eğimli, bindirme karakterli bir faydır. Çırakköy ve Aksorguç fayları, arazi çalışmalarında fay sarplıkları önünde dizilen alüvyon yelpazeleri yardımıyla takip edilebilmektedir. Havza gölsel çökelleri içerisinde küçük ölçekli bindirme faylarına ve ters faylara rastlanmaktadır (Şekil 3a-b). Yaklaşık D-B gidişli bu faylar K-G yönlü sıkışma rejimini temsil etmektedir.

Dorutay Havzası ve yakın çevresinde aletsel dönemde meydana gelen depremlere ait kayıtlar (KOERI, 2014) uydu görüntüsü üzerine yerleştirildiğinde, son yıllarda özellikle Çırakköy Fayı'nın doğrultusuna paralel çizgisellik gösteren sismik etkinliğin varlığı gözlenmektedir (Şekil 3c). Havzanın diğer önemli yapısal unsurları olan Hasan Timur Gölü Fayı ve Dorutay Fayı üzerinde ise, nispeten düşük aktivite gözlenmektedir. Ak-



Şekil 2. Dorutay Havzası'nın basitleştirilmiş jeoloji haritası (Şenel, 1987; Sümengen, 2008'den değiştirilmiştir).
Figure 2. Simplified geological map of the Dorutay Basin (modified from Şenel, 1987; Sümengen, 2008).



Şekil 3. Dorutay Havzası gölsel çökellerinde belirlenen; bindirme fayı (a) ve ters fay (b). Dorutay Havzası ve yakın çevresinde aletsel dönemde meydana gelmiş olan $M=2$ ve üzeri büyüklüklerdeki depremlerin (KOERI, 2014) dış merkezlerini gösteren Google Earth uydu görüntüsü (c).

Figure 3. Faults were determined in lacustrine deposits of Dorutay Basin; thrust fault (a) and reverse fault (b). Earthquake epicenters with magnitude $M=2$ and higher on Google Earth satellite image from Dorutay Basin and surrounding area in instrumental period (KOERI, 2014) (c).

sorguç Fayı kuzeyinde, Karasu Nehri kanalında belirlenen yer değiştirmeler, bölgesel tektonik aktivitesinin bir başka göstergesidir.

Havza Gölsel Çökellerin Fasiyes Özellikleri

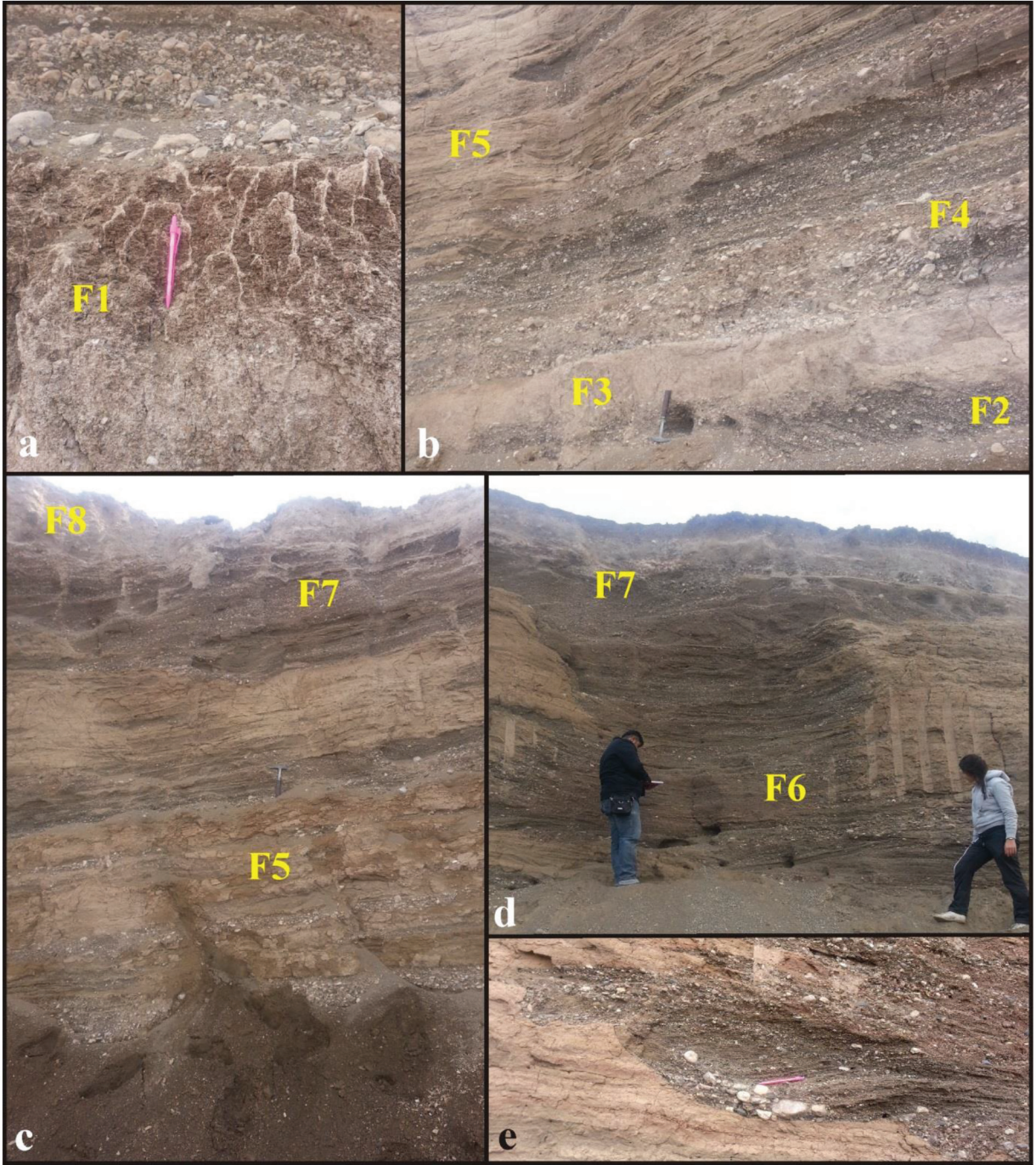
Gölsel çökeller Dorutay Havzası'nın güneyinde, Dorutay ve Dönerdere köyleri arasında mostra vermektedir. Havzanın jeolojik gelişiminin belirlenebilmesi için gölsel çökeller; litolojisi,

dokusal özellikleri, tane boyu, tane şekli, bağlayıcı malzemesi, sedimanter yapıları, geometrisi ve fosil içeriğine göre 8 adet litofasiyese ve 2 ayrı fasiyes topluluğuna ayrılmıştır (Çizelge 1).

Dönerdere KB'sındaki sedimanter istif, temel kayalar üzerinde bulunan paleotoprak katmanı (F1) ile başlamaktadır (Şekil 4a). Bu birim üzerinde bulunan delta düzlüğü-gölsel kıyı ortamı çökelleri (F2) bölgede genişlemekte olan

Çizelge 1. Dorutay Havzası görsel çökellerinde belirlenen litofasiyelere ait tanımlamalar ve ortamsal yorumlar
Table 1. *Lithofacies and depositional environments of lacustrine deposits in Dorutay Basin*

Fasiyeler	Açıklamalar	Yorum
Fasiyes 1 Paleotoprak (F1)	Fasiyesin ölçülebilir kalınlığı 140 cm'dir. Pekişmemiş malzemeden oluşan, kahverenkli birimin tabanı gözlenmemektedir. Üst seviyelerinde okside olmuş çakıllar bulunmaktadır. İçerisinde bitki kalıntıları mevcut olan birim % 5'lik HCl ile zengin köpürmektedir.	Bitki kök izlerinin ve kalış seviyelerinin bulunması sebebiyle birim paleotoprak olarak isimlendirilmiştir (Miall, 1978).
Fasiyes 2 Matriks destekli kaba çakıl fasiyesi (F2)	Fasiyesin ölçülebilir kalınlığı 50 cm'dir. Birim, yarı yuvarlak, disk şekilli ve orta-iyi boylanmış, maksimum 5 cm, minimum 0,5 cm ve ortalama 1 cm tane boyuna sahip çakıllardan oluşmaktadır. Çakıllar kaba kum-ince çakıl boyutlu bir matriks ile bağlanmıştır.	Disk şekilli, yarı yuvarlak çakıllar birimin dalga etkisinin fazla olduğu bir kıyı ortamında depolandığını göstermektedir (Massari ve Parea, 1988).
Fasiyes 3 Bitki kök izli çamur fasiyesi (F3)	Ölçülebilir kalınlığı 35 cm olan fasiyesin alt ve üst seviyeleri geçişli olarak gözlenmektedir. İnce kum-silt-kil ardalanmasından oluşan birim açık kahverenkli. İçerisinde bitki kök kalıntıları bulunan birimde yüzer biçimde çakıllar gözlenmektedir.	Bitki kök izleri bulunan, ince taneli birimin bataklık ortamında depolandığı düşünülmektedir (Galloway, 1976).
Fasiyes 4 Matriks destekli ince çakıl fasiyesi (F4)	Fasiyesin görünür kalınlığı 150 cm'dir. Genel olarak gri renge sahip olan birim köşeli-yarı yuvarlak ve kötü boylanmış çakıllardan oluşur. Çakılların tane boyutu maksimum 11 cm, minimum 0.5 cm'dir. Çakıllar kaba kum boyutu bir matriks ile bağlanmıştır. Çakıllı birim arasında bulunan kumlu seviyelerde küçük ölçekli çapraz tabakalar mevcuttur. Birim içerisinde ince organik kalıntı seviyeleri ve kırılmış pelesipoda kavkı parçaları bulunmaktadır.	Pelesipoda kavkı parçaları içeren köşeli-yarı yuvarlak ve kötü boylanmış çakıllar bu fasiyesin kıyıldığını ortamında gelişen moloz akması ile oluştuğunu göstermektedir (Postma, 1984).
Fasiyes 5 Dalga ripillı kum fasiyesi (F5)	Bej-kahverenge sahip birim ince-kaba kum boyutu, zayıf pekişmiş sedimanlardan oluşmaktadır. Orta-kalın tabakalı birim içerisinde dalga ripilları ve kırılmış gastropoda-pelesipoda kavkı parçaları bulunmaktadır. Tabanı keskin, tavanı aşındırılmalı olan birim içerisinde çakıl cepleri gözlenmektedir. Kumlu ve çakıllı seviyelerde paleoakıntı yönü veren düzlemsel çapraz tabakalar ve biniklik (imbrikasyon) göze çarpmaktadır.	Dalga ripilları, fosil kavkı parçaları ve az miktarda çakıl bulunması bu fasiyesin sığ su koşullarında depolandığını göstermektedir (Reineck ve Singh, 1973).
Fasiyes 6 Çapraz tabakalı ince çakıl fasiyesi (F6)	Fasiyes 3 metre görünür kalınlığa ve 2 metre yanal yayılıma sahiptir. Çapraz tabakalanma ve biniklik gösteren, iyi boylanmış, yuvarlak ve yassı çakıllardan oluşmaktadır. Ortalama 5-15 cm katmanlardan oluşan birim yanında bulunan kumlu birim ile girik halde bulunmaktadır. Sedimanter yapılara göre paleoakıntı yönü GD olarak belirlenmiştir. Yer yer okside seviyeler gözlenmektedir.	Çapraz tabakalanma, yandaki kumlu birimle giriklik ve çakıllarda gözlenen biniklik kıyıya paralel gelişen bir kıyıldili şeklinde yorumlanmıştır (Castelle vd., 2006).
Fasiyes 7 Çapraz tabakalı kaba kum-ince çakıl fasiyesi (F7)	Orta-kalın tabakalı kaba kum-ince çakıl ardalanmasından oluşan birimde pelesipoda kavkı parçaları bulunmaktadır. Orta-iyi boylanma gösteren çakıllarda yer yer normal derecelenme gözlenmektedir. Ortalama 2-3 cm'lik tane boyutuna sahip çakıllarda, tekne türü çapraz tabakalanma ve biniklik (imbrikasyon) gözlenmektedir. Birimin tabanı aşındırılmalı, tavanı geçişlidir.	Çakıllardaki biniklik, çapraz tabakalanma ve kırılmış pelesipoda kavkı parçaları birimin yüksek enerjili bir kıyı ortamında çöktüğünü göstermektedir (Postma, 1990).
Fasiyes 8 Karbonat fasiyesi (F8)	Kirli beyaz-gri renkli karbonat seviyesi. Karbonat seviyesinin kalınlığı yanal olarak değişim göstermektedir.	Gölün çekilmesi ile oluşan gölcüklerdeki suyun buharlaşması ile oluşan karbonat çökeli. Katman kalınlığı gölcüklerin taban morfolojisine bağlı olarak değişmektedir.



Şekil 4. a-d) Dorutay Havzası gölsel çökellerinde belirlenen 8 litofasiyesin arazi görüntüsü, e) Fasiyes 6'da gözlenen çapraz tabakalanma.

Figure 4. a-d) Field photographs of eight facies encountered within lacustrine deposits of Dorutay Basin, e) cross-bedding from Facies 6.

bir gölün varlığını göstermektedir. Yanal ve düşey olarak bu birimlerle beraber bulunan, kahve renkli, organik maddece zengin bataklık ortamı çökelleri (F3) ile sualtı koşullarında gelişen moloz akış çökelleri (F4), kıyı ortamına malzeme taşıyan bir delta gelişimi şeklinde yorumlanabilir. Bu çökeller üzerinde bulunan dalga ripolları ve kavkı kalıntıları içeren, yatay katmanlı birim (F5), dalga tabanı içerisinde, sığ göl ortam koşullarında meydana gelen sedimantasyonu işaret etmektedir (Şekil 4b).

İstifin üst kesimlerinde bulunan ve yaklaşık olarak paleo-göl kıyısına paralel gelişim gösteren çakıllı birim (F6), her iki taraftan da kumlu, sığ göl birimlerle (F5) girik halde bulunmaktadır (Şekil 4c). Çapraz tabakalar ve biniklenmeler yardımıyla, GD yönlü paleoakışı gösteren bu birim, kıyı boyunca gelişen bir kıyı dilinin varlığını göstermektedir (Şekil 4d-e). Gölsel istif, yüksek enerjili kıyı koşullarını gösteren çakıllı-kumlu çökeller (F7) ve bunların üzerine gelen karbonat katmanı ile (F8) son bulmaktadır.

İncelenen istiften elde edilen veriler, sığ göl ve göl ortam koşullarının egemen olduğu bir çökeltme ortamını göstermektedir. Göl seviyesindeki küçük ölçekli oynamalar sebebiyle, göl ortamı çökelleri ile sığ göl ortamı çökellerinin ardalanmalı olarak depolandığı gözlenmektedir (Şekil 5).

DORUTAY HAVZASI'NIN JEOLJİK GELİŞİMİ

Dorutay Havzası, Pliyosen'de kapalı havza olarak oluşmuştur. Türkiye-İran sınırına kadar uzanan geniş drenaj alanı, havzada su depolanmasını sağlamıştır. Fasiyes analizi sonucunda, göl ortamı çökellerinin konumları ve deniz seviyesinden yükseklikleri temel alınarak, havza içerisinde yüzey alanı 150 km²'yi bulan bir gölün olduğu belirlenmiştir (Şekil 6a). Düşük hacime sahip tüm göllerde olduğu gibi, Dorutay Havzası'nda bulunan göl de iklimsel değişimlerden önemli şekilde etkilenmiştir. Jeolojik istifte, çökeltme ortamlarında gözlenen değişimler, göl su seviyesindeki küçük ölçekli mevsimsel

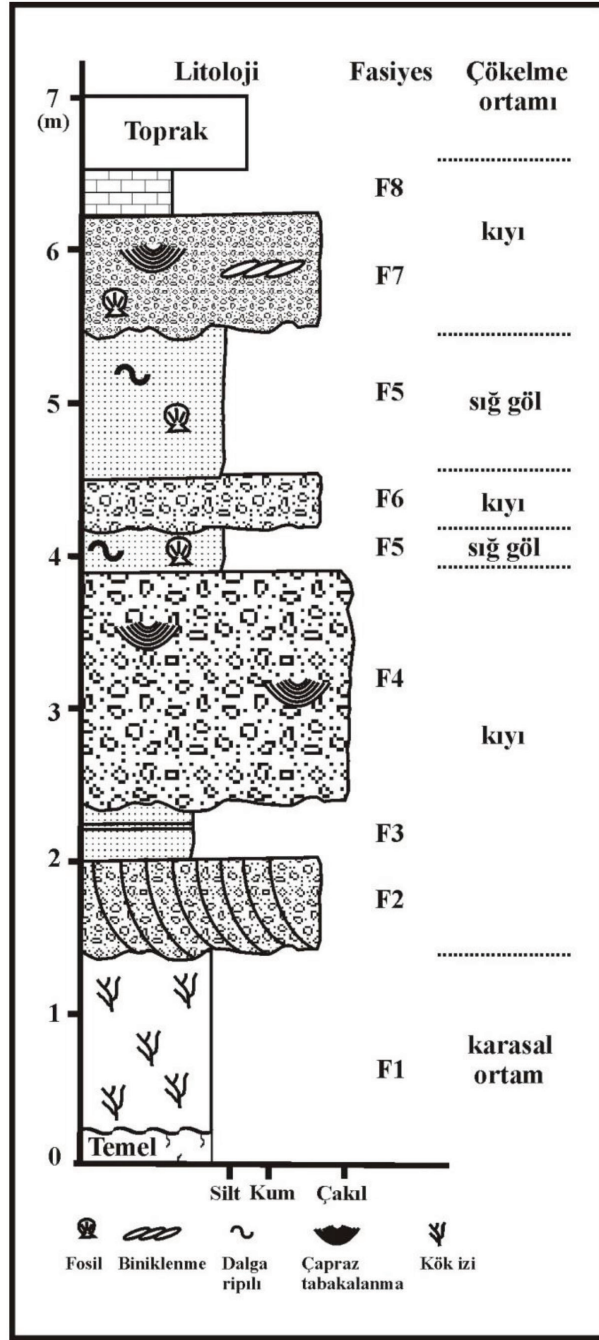
oynamaları ve sonuçlarını temsil etmektedir. Kuvaterner'de Dorutay Havzası'ndaki göl ortamı, su seviyesindeki azalma sonucunda yerini flüvyal ortama bırakmıştır.

Göl su seviyesindeki alçalma iklimsel faktörlerle açıklanabilirken, bölgenin kapalı havza konumunu kaybetmesi iklim ile bağlantılı değildir. Havza batısında, Çırakköy'de bulunan K-G doğrultulu ve doğuya eğimli normal fayın, havza dışına bir boşaltım kanalı açtığı ve gölün bu kanal sayesinde boşaltıldığı kanısındayız. Sonrasında Karasu Nehri tarafından kullanılan kanal ile Dorutay Havzası kapalı havza özelliğini kaybetmiş ve Van Gölü Havzası'nı besleyen drenaj ağının bir parçası olmuştur. Günümüzde havzaya Hayal Dağı'ndan aşınan sedimanların oluşturduğu alüvyon yelpazeleri ile Karasu Nehri'nin kanal ve taşkın ovası çökelleri depolanmaktadır (Şekil 6b).

SONUÇLAR

Miyosen sonrası Avrasya ile Arap plakalarının çarpışma zonunun yakın çevresinde, sıkışma ürünü havzalar oluşmuştur. Bunlardan birisi olan Dorutay Havzası, Pliyosen'de oluşmaya başlayan göl ortamına ait çökeller ve bu çökeller üzerine depolanan Kuvaterner yaşlı alüvyal ve flüvyal çökeller ile temsil edilir. Günümüzde deniz seviyesinden 2060 metre yüksekte bulunan göl çökellerinin sedimenter fasiyes özellikleri incelendiğinde, bir dönem havzada etkili olan göl ortam koşulları hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir. Elde edilen verilere göre, Dorutay Havzası'nda göl ortamının oluşmasında iklimsel faktörler baş rolü oynarken, bölgenin kapalı havza özelliğini kaybetmesinde ise bölgesel tektonizma etkindir.

Çırakköy doğusunda bulunan normal fayın aktivitesi sebebiyle açılan boşaltım kanalı, Dorutay Havzası'nda bulunan gölün yok olmasının sebebidir. Pliyosen'de bölgede Van Gölü'nün henüz bulunmadığı düşünülürse, suyun çok hızlı bir şekilde, bugünkü taban seviyesi (Van Gölü) olan 1650 metrenin de altındaki düşük kotlara doğru ilerlemesiyle yoğun bir aşınma gerçekleşmiştir.

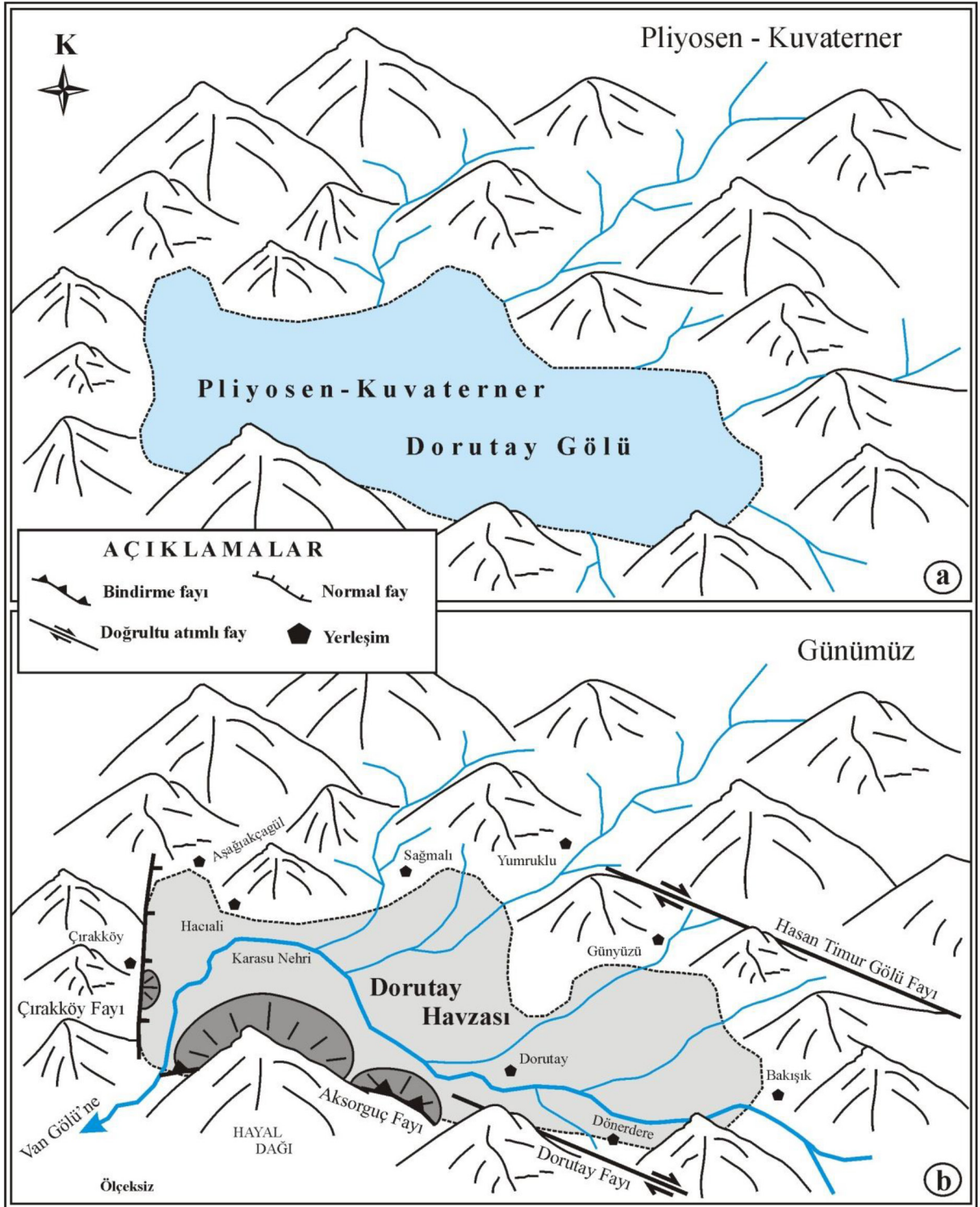


Şekil 5. Sedimanter fasiyelerin dizimlerini ve çökeltme alt ortamlarını gösteren ölçülü stratigrafik istif.

Figure 5. Measured stratigraphic section showing the sequence of lithofacies and depositional environments.

Kıtı-kıta çarpışma zonunun kuzeyinde bulunan bölgenin hızlı yükselimi (Şengör ve Kidd, 1979; Koçyiğit vd., 2001) aşınmanın bir diğer sebebi olarak kabul edilebilir. Dorutay Havzası'nda gölsel çökellere sıkça rastlanmamasının sebebi bu hızlı aşınma ile açıklanabilir.

Pliyo-Kuvaterner yaşlı havza dolgusu içerisinde gözlenen yapısal unsurlar K-G yönlü sıkışma rejiminin bölgede Pliyosen sonrasında da devam ettiğinin göstergesidir. Arazi verileri ve deprem kayıtları Dorutay Havzası'nı sınırlayan fayların güncel aktivitesinin açık kanıtıdır.



Şekil 6. Dorutay Havzası'nın a) Pliosen-Kuvaterner ve b) günümüzdeki paleocoğrafik gelişimini gösteren model
 Figure 6. Model showing the palaeogeographical development of Dorutay Basin, a) Pliocene-Quaternary and b) Recent.

KATKI BELİRTME

Yazarlar değerli görüş ve katkılarından dolayı hakemler ve dergi editörüne teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- Altınlı, İ.E., 1966. Doğu ve Güneydoğu Anadolu'nun jeolojisi. MTA Dergisi, 67, 1-24.
- Arni, P., 1939. Van vilayetinin jeolojisi hakkında rapor. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 883, Ankara (yayımlanmamış).
- Castelle, B., Bonneton, P., Sénéchal, N., Dupuis, H., Butel, R. ve Michel, D., 2006. Dynamics of wave-induced currents over an alongshore non-uniform multiple-barred sandy beach on the Aquitanian Coast, France. *Continental Shelf Research*, 26, 113–131.
- Degens, E. T., Wong, H. K., Kempe, S. ve Kurtman, F., 1984. A geological study of Lake Van, eastern Turkey. *Geologische Rundschau*, 73-2, 701–734.
- Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., Şaroğlu, F. ve Şengör, A.M.C., 1986. Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia – a young collision zone, *Geological Society of London, Special Publication*, 19, 3–36.
- Emre, O., Duman, T.Y., Olgun, Ş., Özalp, S. ve Elmacı, H., 2012. 1:250000 ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Başkale (NJ38-6) Paftası, Seri No:55, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Galloway, W. E., 1976. Sediments and stratigraphic framework of the Copper River fan delta. Alaska. *Journal of Sedimentary Petrology*, 46 (3): 721-737.
- Kıraner, F., 1959. Van Gölü bölgesinin jeolojik etüdü. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 7 (1), 30-57.
- Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S. ve Kuloshvili, S., 2001. Neotectonic of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: implication for transition from thrusting to strike-slip faulting. *Geodinamica Acta*, 14, 177-195.
- Koçyiğit, A., 2013. New field and seismic data about the intraplate strike-slip deformation in Van region, East Anatolian plateau, E. Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, 62, 586-605.
- KOERI (Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute), 2014. Ulusal Deprem İzleme Merkezi, <http://udim.koeri.boun.edu.tr>, 30 Aralık 2014.
- Massari, F. ve Parea, G.C., 1988. Progradational gravel beach sequences in a moderate to high energy, microtidal marine environment, *Sedimentology*, 35, 881-913.
- Miall, A.D., 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits, a summery. In: Miall, A.D. (ed) *Fluvial Sedimentology*. Canadian Society Petroleum Geologists Memoir 5, 597-604.
- Özkaymak, C., Sözbilir, H., Bozkurt, E., Dirik, K., Topal, T., Alan, H. ve Çağlan, D. 2011. 23 Ekim 2011 Tabanlı-Van Depreminin Sismik Jeomorfolojisi ve Doğu Anadolu'daki Aktif Tektonik Yapılarla İlişkisi. *Jeoloji Jeoloji Muhendisliği Dergisi* 35 (2), 175–199.
- Postma, G., 1984. Slumps and their deposits in fan delta front and slope, *Geology*, 12, 27-30.
- Postma, G., 1990. Depositional architecture and facies of river and fan deltas: a synthesis. In: Coarse-Grained Deltas. (Editors: Colella, A., Prior, D.B.) Special Publication of International Association of Sedimentology, 13-27.
- Reineck, H. E. ve Singh, I. B., 1973. Depositional sedimentary environments. Springer-Verlag, Berlin, 439.
- Saydamer, M., 1976. İran sınırı boyunca yapılan jeolojik çalışmanın nihai raporu. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 5622, Ankara, (yayımlanmamış).
- Stockhecke, M., Kwiecien, O., Vigliotti, L., Anselmetti, F.S., Beer, J., Çağatay, M.N.,

- Channell, J.E.T., Kipfer, R., Lachner, J., Litt, T., Pickarski, N. ve Sturm, M., 2014. Chronostratigraphy of the 600,000 year old continental record of Lake Van (Turkey). *Quaternary Science Reviews* 104, 8-17.
- Sümengen, M., 2008. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları serisi, No. 64, Başkale-K51 Paftası. MTA Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Şaroğlu F. ve Güner Y., 1979. The active Tutak fault, its characteristics and relations to the Çaldıran fault, Yeryuvarı ve İnsan 4, 11-14.
- Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y., 1986. Doğu Anadolu'da neotektonik dönemdeki jeolojik evrim ve havza modelleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 107, 73-94.
- Şenel, M., 1987. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları serisi, Başkale-H38 Paftası. MTA Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Şengör, A.M.C. ve Kidd, W.S.F., 1979. The post-collisional tectonics of the Turkish-Iranian Plateau and a comparison with Tibet, *Tectonophysics*, 55, 361- 376.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.

Güncel Optimizasyon Yöntemleri Kullanılarak Rezidüel Gravite Anomalilerinden Parametre Kestirimi

Parameter Estimation from Residual Gravity Anomalies Using Actual Optimization Methods

FİKRET DOĞRU^{1*}

¹Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 35160, İzmir

Geliş (received) : 17 Aralık (December) 2014

Kabul (accepted) : 24 Mart (March) 2015

ÖZ

Bu çalışmada, jeofizik modellemede yaygın olarak kullanılan global ve geleneksel yöntemlere ek olarak, yapay sinir ağları yöntemleri yeraltı boşluklarına ait rezidüel gravite anomalisinden parametre kestirimi amacıyla kullanılmıştır. İleri Beslemeli Geri Yayılımlı sinir ağı günümüzde ters çözüm problemlerinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem ek olarak bu çalışmada İleri Kademeli Geri Yayılımlı ve Doğrusal Olmayan Otoregresif sinir ağı, parametre kestirimi için denenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca global bir yöntem olan Genetik Algoritma ve geleneksel bir yöntem olan Levenberg-Marquardt algoritması ile rezidüel anomaliden derinlik ve yarıçap parametreleri hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Hem teorik hem arazi verisi üzerinde bu yöntemler denenmiştir. Kuramsal çalışmalarda, yeraltı boşluklarını temsil eden yatay silindir modeli kullanılmıştır. Yöntemlerin etkinliği yatay silindir gravite anomalisine gürültü eklenerek sınanmıştır. Hata değerleri incelendiğinde Levenberg-Marquardt algoritması ve doğrusal olmayan otoregresif sinir ağının gürültüden en az etkilenen yöntemler olduğu görülmektedir. Arazi verisi olarak Medford (ABD) alanındaki yeraltı boşluğuna ait rezidüel gravite anomalisi kullanılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde ileri beslemeli geri yayılımlı ve doğrusal olmayan otoregresif sinir ağının sondajdan bilinen derinlik değerine en yakın sonucu verdiği görülmektedir. Levenberg-Marquardt algoritması kullanılarak arazi verisinin ters çözümü ile en düşük ortalama karekök hata değeri hesaplanmasına rağmen, hesaplanan derinlik sondajdan bilinen derinlik değerine en uzaktır.

Anahtar Kelimeler: Yapay sinir ağları, genetik algoritma, doğrusal olmayan otoregresif sinir ağı, ileri kademeli geri yayılımlı sinir ağı.

ABSTRACT

In this study, in addition to the extensively used global and traditional methods in geophysical modeling, artificial neural network methods were used to estimate the parameters of residual gravity anomalies of the underground cavities. Feed Forward Backpropagation neural network is a frequently used method in inversion problems today. In this study, Cascade Forward Backpropagation and the Nonlinear Autoregressive neural network were tried to parameter estimation and the results were compared in addition to this method. Besides; by using the global method, Genetic Algorithm and the traditional method, Levenberg-Marquardt algorithm, the depth of residual anomalies and radius parameters were calculated and the results were compared. These methods were tested on both theoretical and field data. The horizontal cylinder model representing the underground spaces was used in the theoretical model studies. The effectiveness of the methods was tested by adding noise to the horizontal cylinder gravity anomaly. When the error values are analyzed, it is observed that the Levenberg-Marquardt algorithm and the nonlinear autoregressive neural network are the methods that are least affected by the noise. As a field data the residual gravity anomalies of the underground space is used in the Medford (USA) area. When the results are examined it is seen that the feed forward backpropagation and the nonlinear autoregressive neural network give

* F. Doğru

e-posta: fikret.dogru@deu.edu.tr

the closest results to the depth value that is known from drilling. Even though the lowest root mean square error value was calculated from the inversion of field data using by Levenberg-Marquardt algorithm, computed depth is much more distant comparing with present one which was obtained from drilling.

Keywords: Artificial neural network, genetic algorithm, the nonlinear autoregressive neural network, cascade forward backpropagation neural network.

GİRİŞ

Gravite verilerinin değerlendirilmesinde amaç, gömülü belirti kaynaklarının fiziksel özelliklerinin yatay ve düşey yönde değişimlerinin belirlenmesidir. Veri yorumlamada en önemli problemlerden biri sonucun tek ve kesin olmamasıdır. Başka bir deyişle aynı belirtiyi üretebilen sonsuz sayıda model tasarımı yapılabilmektedir (Roy, 1962). Bununla birlikte çok çözümlülük sorununun üstesinden gelmek için gömülü yapının fiziksel ve geometrik parametrelerine yönelik ön bilgilerin olması gerekir (Roy vd., 2000). Gravite belirtilerinin değerlendirilmesi için çeşitli sayısal yöntemler kullanılmaktadır. En küçük kareler yaklaşımları (Gupta, 1983; Lines ve Treitel, 1984; Abdelrahman vd., 1991; Salem vd., 2003), Euler dekonvolüsyonu (Thompson, 1982; Reid vd., 1990), sinir ağları (Elawadi vd., 2001; Osman vd., 2007; Hajian, 2004), 3B analitik sinyal genliği (Roest vd., 1992), sürekli dalgacık dönüşümü (Chamoli vd., 2006), gravite tensörünün özvektör analizi (Beiki ve Pedersen, 2010), gravite gradyan tensörünün değişmezleri (Oruç, 2010), çoklu uyarlamalı nöro-bulanık çıkarım sistemleri (Hajian vd., 2011) bu yöntemlere örnek olarak gösterilebilir.

Jeofizik yöntemlerde, çoğunlukla ters çözüm problemi doğrusal olmadığından model parametrelerinin kestirimi için doğrusallaştırılmış yinelemeli yöntemler kullanılır. Bu yöntemlerde gözlenen veri ile hesaplanan veri karşılaştırılır ve uyumun iyileştirilebilmesi için her yinelemede başlangıç parametreleri güncellenir. Bu iki veri kümesi arasında daha önce belirlenmiş bir uyum gerçekleşene kadar bu yineleme devam eder. Levenberg-Marquardt gibi türev tabanlı yöntemlerde parametrelerdeki iyileştirme işleminin başarısı başlangıç parametrelerine bağlıdır. Gerçek değerlere çok yakın başlangıç değeri verildiği halde bazı durumlarda global minimum yerine, lokal minimum veya iraksama

gözlenebilmektedir. Geleneksel yöntemlerdeki bu sorunun üstesinden gelebilmek için çözüm uzayının tamamını tarayan global optimizasyon yöntemleri geliştirilmiştir (Szu ve Hartley 1987; Landa vd., 1989; Basu ve Frazer 1990; Sen ve Stoffa 1991; Vestergaard ve Mosegaard 1991; Dosso ve Oldenburg 1991; Sen ve Stoffa 1992).

Global yöntemler, genel olarak doğadan esinlenilerek ortaya atılmış, mükemmel yakın biçimde gelişen süreç ve olayların matematiksel uyarlamalarıdır. Holland (1975) tarafından geliştirilen Genetik Algoritma doğada aynı türe ait canlı topluluğun içerisindeki bireylerin yaşam ortamına uyumluluklarına dayanır. Ortama uyum sağlayan bireyler hayatta kalıp karakterlerini sonraki nesle aktarabilirken, uyumlu olmayan bireyler ise ölür ve karakter bilgileri gen havuzundan silinir.

Bu çalışmada, rezidüel gravite anomalisinden derinlik ve yarıçap kestirimi için yapay sinir ağları (YSA) yöntemlerinden İleri Beslemeli Geri Yayılımlı (İBGY), İleri Kademeli Geri Yayılımlı (İKGY) ve Doğrusal Olmayan Otoregresif (DOO) sinir ağları kullanılmıştır. Ayrıca parametre kestiriminde Genetik Algoritma ve Levenberg-Marquardt Algoritması karşılaştırılmıştır. Yöntemlerin etkinliği gürültüsüz ve maksimum genliğin % 5 ile % 10'u kadar standart sapmalı rastsal gürültü eklenen veriler üzerinde test edilerek sınanmıştır. Arazi verisi olarak Hajian vd. (2012) tarafından verilen Medford (ABD) boşluk alanına ait rezidüel gravite verisi kullanılmıştır. Arazi verisi ile ilgili çalışmada yatay silindir modeli kullanılarak teorik veriler hesaplanmış, yarıçap ve derinlik kestirimi yapılmıştır. Elde edilen derinlik sonucu ile sondajdan bilinen derinlik sonucu karşılaştırılmıştır. YSA içerisindeki üç farklı yöntemin sonuçları öncelikle kendi aralarında ve daha sonra Levenberg-Marquardt ve Genetik Algoritma sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay sinir ağları (YSA)'nın tahmin, kestirim, sınıflandırma ve optimizasyon problemlerinde kullanımı giderek artmaktadır. YSA, elektromanyetik (Poulton vd., 1992; Zhang ve Paulson, 1997) ve sismik (Roth ve Tarantola, 1994; Langer vd., 1996; Calderón-Macías vd., 1998) verilerin ters çözümünde, kuyu logu veri analizinde (Huang vd., 1996), sismik dekonvolüsyonda (Wang ve Mendel, 1992; Calderón-Macías vd., 1997) kullanılmaktadır.

Sinir ağları insan beyninin çalışma prensibi benzetimi yapılarak geliştirilen bir algoritmadır. İnsan beyninde olduğu gibi sinir ağlarında da hücreler nöronlar içerir ve bu nöronlar kendi aralarında farklı şekillerde birbirlerine bağlanarak ağları oluştururlar. Bu ağlar öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasında ilişkiyi ortaya çıkarabilme kapasitesine sahiptir. Matematiksel algılayıcı, McCulloch ve Pitts (1943) tarafından biyolojik nöron davranışından esinlenerek tasarlanmıştır.

Literatürde, ileri beslemeli sinir ağları, radyal temelli sinir ağları, Hopfield sinir ağları, genel regresyon sinir ağları gibi birçok YSA çeşidi bulunmaktadır. YSA'ların her birinde amaç, mevcut veriyle en iyi çözümlenebilecek ağı tespit edebilmektir (Ho, 2009). Bu çalışma kapsamında doğrusal olmayan parametre kestirimi için öncelikle İBGY sinir ağı, ardından İKGY ve DOO sinir ağları kullanılmıştır.

YSA uygulamalarının çoğu; giriş, gizli ve çıkış olmak üzere en az üç katman gerektirir. Giriş katmanı bağımsız değişkenlerin sayısını, çıkış katmanı ise bağımlı değişkenlerin sayısını içerir. Gizli katman modelin özellik belirleyicisidir. Kullanıcı deneme-yanılma yöntemiyle en uygun gizli katman sayısını ve gizli katmandaki nöron sayısını seçmelidir. İBGY sinir ağının şematik gösterimi Şekil 1'de verilmiştir. Bu gösterimde rezidüel gravite değerleri giriş, yarıçap ve derinlik ise çıkış değerleri olmaktadır. Bu şematik gösterime ait formül eşitlik (1) ile verilmiştir. Problemin çözümünde tüm girişler düğümlerdeki ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra gizli nöronlarda toplanır. Sonrasında, eşik bu toplama eklenir ve transfer fonksiyonu aracılığıyla dönüştürülüp

bir sonraki katmana aktarılır. Aynı işlemler çıkış değerlerini elde etmek için gizli katman ile çıkış katmanı arasında tekrarlanır. İleri işlem çıkış katmanında sonlandırılırken istenilen çıkış değeri ile ağı çıkış değerleri arasındaki hata değeri hesaplanır. Çıkış katmanındaki hata beklenen çıktılar elde edilinceye kadar giriş katmanına geri yayılır (Günaydın ve Günaydın, 2008). Geri yayılım aşamasında tüm ağırlıklar hata düzeltme kuralına göre yeniden ayarlanır (Haykin, 1999).

İBGY sinir ağı,

$$y_k = \tilde{f} \left\{ \sum_{j=1}^m w_{jk} f \left[\sum_{i=1}^n (w_{ij} x_i + b_1) + b_2 \right] \right\}, \quad (1)$$

$$k = 1, 2, \dots \dots \dots l$$

eşitliği ile verilir. Burada n giriş katmanındaki nöron sayısı, m gizli katmandaki nöron sayısı ve çıkış katmanındaki nöron sayısıdır. b_1 ilk katmanın eşik değeri, b_2 ikinci katmanın eşik değeridir. giriş ve gizli katman arasındaki aktivasyon fonksiyonu, ise gizli katman ile çıkış katmanı arasındaki aktivasyon fonksiyonudur. Tanjant sigmoid, logaritmik sigmoid ve doğrusal aktivasyon fonksiyonları (Haykin, 1999) en iyi performans elde etmek amacıyla ve için en çok tercih edilen fonksiyonlardır. Şekil 1'deki gizli katman değerleri olmak üzere izleyen bağıntı ile verilebilir:

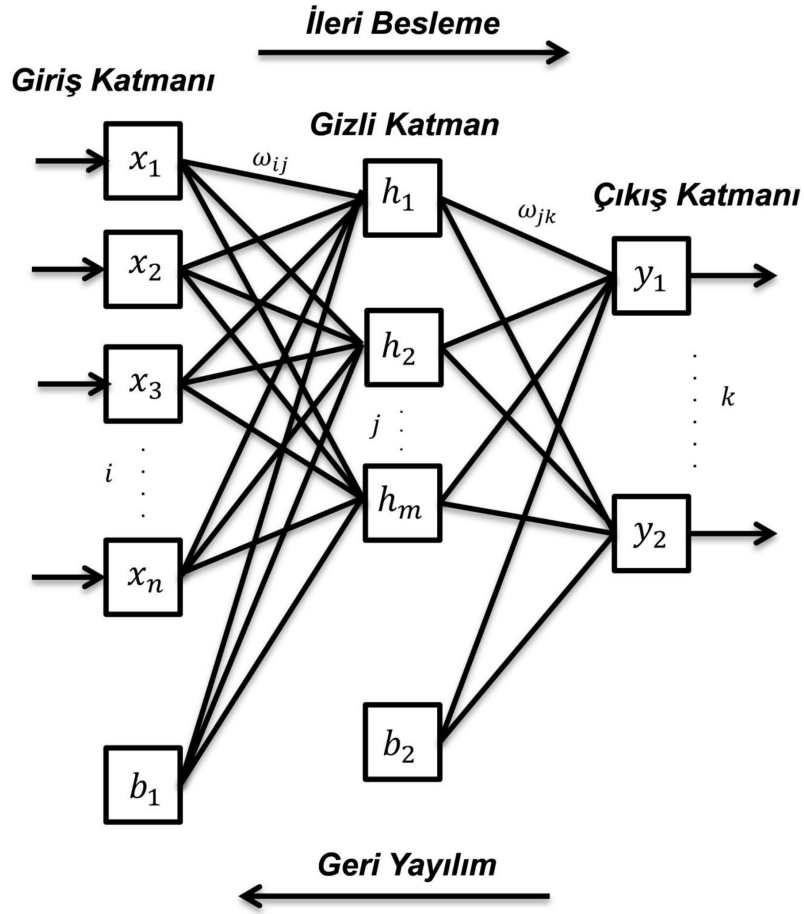
$$h_j = (w_{ij} x_i + b_1), \quad j = 1, \dots, m \quad (2)$$

Eşitlik (2)'yi eşitlik (1)'de yerine koyduğumuzda çıkış değerlerini veren denklem izleyen şekilde verilebilir:

$$y_k = \tilde{f} \left\{ \sum_{j=1}^m w_{jk} h_j + b_2 \right\}, \quad (3)$$

$$k = 1, 2, \dots \dots \dots l$$

Bu çalışmada sinir ağında çıkış olarak yarıçap ve yeraltı boşluğunun derinlik değeri olmak üzere iki parametre istendiğinden eşitlik (3)'teki çıkış katmanındaki nöron sayısı, ikidir. Bu durumda (1) numaralı eşitlik izleyen şekilde ifade edilebilir:



Şekil 1. İleri Beslemeli Geri Yayılımlı sinir ağının şematik gösterimi.

Figure 1. Schematic diagram of an Feed Forward Backpropagation neural network structure.

$$R = \tilde{f} \left\{ \sum_{j=1}^m w_{j1} f \left[\sum_{i=1}^n (w_{ij} g_i + b_1) + b_2 \right] \right\}, \quad (4)$$

$$z = \tilde{f} \left\{ \sum_{j=1}^m w_{j2} f \left[\sum_{i=1}^n (w_{ij} g_i + b_1) + b_2 \right] \right\}, \quad (5)$$

Eşitlik (4) ve (5)'te değerleri rezidüel gravite değerleri, R yarıçap ve z derinlik parametreleridir.

Geri yayılım ağı, Rumelhart vd. (1986) tarafından modelin eğitimi için önerilmiştir. Sinir ağında eğitimin anlamı, tüm katmanlarda bulunan nöron bağlantılarındaki ağırlıkların değiştirilerek çıkış değerlerinin gözlenen değerlere mümkün olduğunca yakın elde edilmesidir. Eğitici sinir

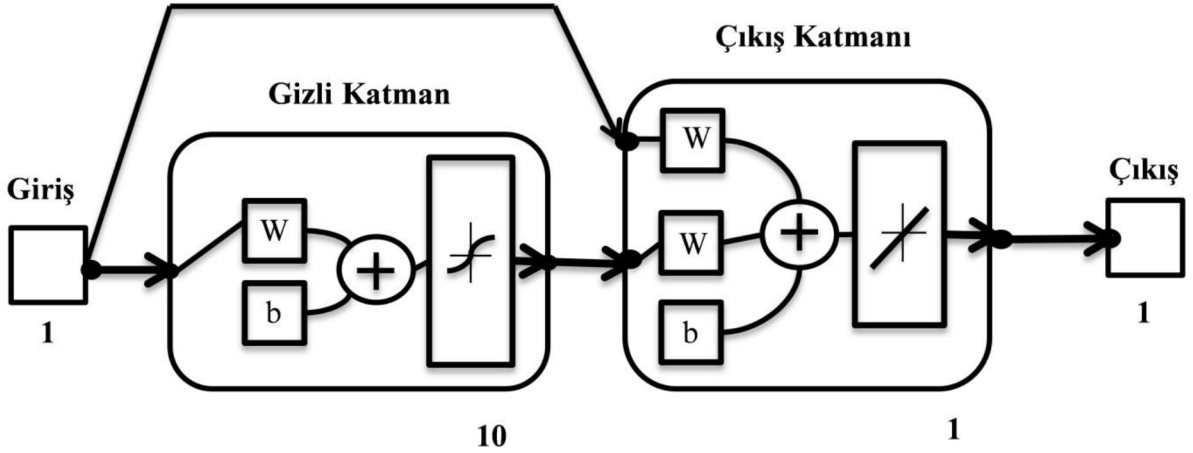
ağında çıkış değerleri gözlenen değerlere yakınlıklaştıkça karesel ortalama hata veya global hata yinelemeli olarak azalmaktadır. Global hata fonksiyonu aşağıdaki eşitlik ile verilir:

$$E = \frac{1}{2p} \sum_{p=1}^p \sum_{k=1}^1 (T_{pk} - y_{pk})^2, \quad (6)$$

$p = 1, 2, \dots, P$

Burada , modelin nöronunun hedef çıkış değerleridir. ise modelin nöronunun kestirilen çıkış değerleridir. Eşitlik (6)'da P toplam eğitilen model sayısıdır ve bu çalışmada 1409 teorik model kullanılarak ağ eğitilmiştir.

İKGY sinir ağı, İBGY sinir ağına benzer şekilde çalışmaktadır. Bu sinir ağındaki giriş değerleri



Şekil 2. İleri Kademeli Geri Yayılımlı sinir ağının gösterimi.

Figure 2. Schematic diagram of Cascade Forward Backpropagation neural network.

İBGY'den farklı olarak tüm katmanlarla bağlantılıdır. Aynı İBGY'de olduğu gibi İKGY de öğrenme özelliğine sahiptir. İki veya daha fazla katman kullanılarak ve yeterli nöron sayısı seçilmesiyle giriş ile çıkış arasındaki ilişki sağlanabilir (Şekil 2).

DOO ağında aynı zaman serisindeki geçmiş değerler ve geri beslemeli giriş kullanılarak ağın eğitimi gerçekleştirilir. Bu öğrenme kabiliyeti ile başka bir zaman serisi için kestirim yapabilmektedir. Bu sinir ağında diğer ağlardan farklı olarak giriş ve geri besleme için gecikme zamanları verilmektedir. Kendi içerisinde de bu ağ farklı türlerine ayrılmaktadır (Şekil 3).

GENETİK ALGORİTMA

Genetik algoritma ilk olarak Holland (1975) tarafından geliştirilmiştir. Genetik algoritma, sezgisel bir global optimizasyon metodudur. Yöntem, doğada geçerli olan en iyinin yaşaması kuralına dayanarak sürekli iyileşen çözümler üretir.

Genetik algoritmada yeni bireylerin seçilimi yeni ve eskisinden daha iyi toplumların üretilmesi amacıyla yapılmaktadır. Seçilen, yeni yavrular (çözümler) üretecek olan her birey uygunluklarına göre seçilmektedir. Uygunluk fonksiyonu, popülasyondaki her bir elemanın (olası bir çözümün) aranan elemana (doğru çözüme) yakınlığının ölçüsünü verecek şekilde seçilir ve

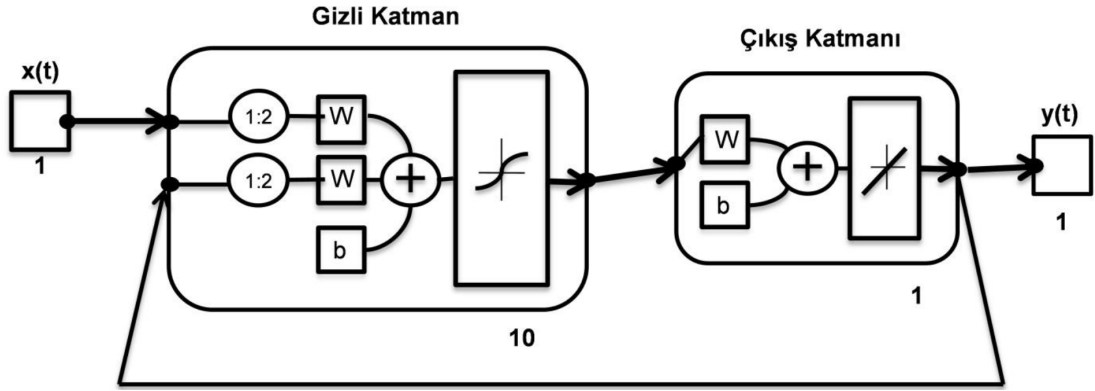
toplumdaki her bireyin ne kadar iyi olduğu gösteren fonksiyondur. Genetik algoritmada amaç, uygunluk fonksiyonunun maksimum yapılmasıdır. Uygunluk fonksiyonunun tersinin alınmasıyla amaç fonksiyonu veya hata fonksiyonu en küçüklenmektedir. Genetik algoritmada seçim, çaprazlama ve mutasyon operatörleri bulunmaktadır. Bu operatörler başlangıç popülasyonundan daha iyi uygunluk değerine sahip yeni popülasyonlar elde etmek için kullanılır. Algoritma defalarca popülasyondaki bireylerin çözümünü değiştirerek en iyi sonucu arar. Her adımda popülasyon içerisinde yeni bireyler seçer ve onları bir sonraki jenerasyon için yeni bireyler üretmek üzere çaprazlar. Algoritma jenerasyon sayısının sonlanmasıyla biter. Bu süreç içerisinde en iyi uygunluk değeri çözüm olarak kabul edilir (Luke, 2009; Lee ve Mohamed, 2002).

LEVENBERG-MARQUARDT ALGORİTMASI

Jeofizik problemlerde model parametreleri ile gözlemsel değerler arasındaki ilişki doğrusal olmadığından problem çoğu defa doğrusallaştırılarak çözülür. Doğrusal olmayan denklem sistemleri için genelleştirilmiş en küçük kareler çözümü,

$$\Delta p = (A^T A)^{-1} A^T \Delta d \quad (7)$$

olarak verilir.



Şekil 3. Doğrusal Olmayan Otoregresif sinir ağının gösterimi.

Figure 3. Schematic diagram of The Nonlinear Autoregressive neural network.

Veri bazı parametrelerin çözümü için tam bilgi içermiyorsa veri ayrımlılık düzeyinin bu parametrelere karşılık gelen sütunları sıfıra yakın olur. Bu parametrelere ait özdeğerler de sıfıra yakın olur. Yineleme sırasında küçük özdeğerlerin neden olduğu salınımların *sönümlenmesi gerekir*. Eşitlik (7)'de $A^T A$ düzeyinin köşegenlerine düzeyin özelliğine göre seçilen bir sayısal değer eklenerek:

$$\Delta p = (A^T A + \varepsilon^2 I)^{-1} A^T \Delta d \quad (8)$$

elde edilir (Lines ve Treitel, 1984). Bu çözüm Levenberg-Marquardt ters çözümü ya da *sönümlü en küçük kareler* olarak bilinir. Eşitlik (8)'de I birim düzey, ε^2 gerçel bir sayı ve *sönüm faktörü* olarak adlandırılır (Levenberg, 1944; Marquardt, 1963). *Sönüm faktörünün* alabileceği değerler, sıfır veya göreceli olarak özdeğerlerden büyük bir sayı olabilir. Eğer *sönüm faktörü* büyük ise, Endik İniş *yöntemine* benzer şekilde sonuca gidilir. $\varepsilon^2 = 0$ olursa Gauss-Newton yöntemi olarak sonuca ulaşılır (Başokur, 2002; Oruç, 2012).

LM yönteminde *sönüm faktörü* başlangıç olarak matrisinin en küçük (özdeğeri) alınmıştır. Sonrasında yinelemeli olarak *sönüm faktörü* bağıntısı ile güncellenmektedir. Burada ,

$$\Delta X = \frac{X_{goz} - X_{hes}}{X_{goz}} \quad (9)$$

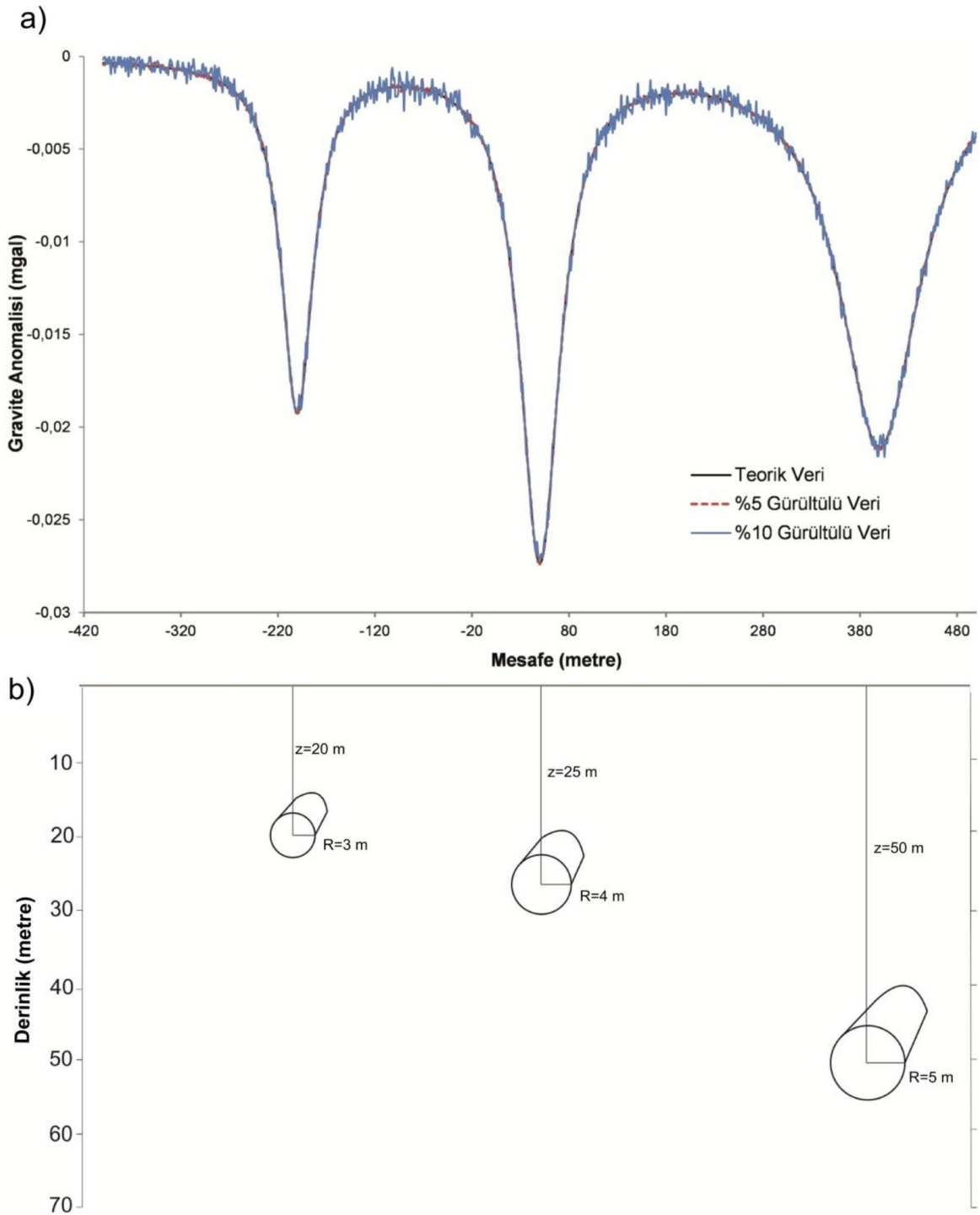
olarak verilir (Başokur, 2002). Eşitlik (9)'da her bir yinelemedeki hesaplanan ile gözlenen arasındaki çakışmazlık ölçütünün değeridir. Hata,

$$rmse = \left(\sqrt{\sum_{i=1}^n (b_i^{göz} - b_i^{kur})^2} \right) \quad (10)$$

olarak verilir. Eşitlik (10)'da *gözlenen değerler*, ise kuramsal rezidüel gravite değerleridir.

Kuramsal Model Çalışmaları

Teorik veri olarak, farklı yatay ve düşey konumlardaki 3 adet yatay silindir kullanılarak oluşturulan modele ait teorik gravite anomalisi kullanılmıştır. Modelde kullanılan silindirlerin yarıçap değerleri sırasıyla 3 m, 4 m, 5 m, derinlik değerleri 20 m, 25 m, 50 m ve yatay konumları ise sırasıyla -200., 50. ve 400. metrelere dir. Her bir silindir için yoğunluk farkı -1 gr/cm^3 olarak alınmıştır (Şekil 4a ve b). Ayrıca teorik veriye sırasıyla % 5 ve % 10 gürültü eklenmiştir. Her bir YSA metodunun eğitim aşaması tamamlandıktan sonra gürültüsüz, gürültülü teorik veriler ağa girilerek yarıçap ve derinlik değerleri elde edilmiştir. Ağın eğitimi için profil uzunluğu 900 m ve örnekleme aralığı 1'er metre olan 900 adet teorik veri üretilmiştir. YSA yöntemlerinin hepsinde momentum ve uyarlanabilir öğrenme oranı geri yayımlı gradyan iniş eğitim fonksiyonu kullanılmıştır. YSA eğitim aşamasında öğrenme oranı 0.01 ve momentum katsayısı 0.9 alınmıştır. Tek gizli katman kullanılmıştır ve nöron sayısı 10



Şekil 4. a) Gürültülü ve gürültüsüz teorik rezidüel gravite anomalileri ve b) Yatay silindir modellerin derinlik kesiti.
Figure 4. a) Noise-corrupted and noise-free theoretical residual gravity anomalies and b) Depth section of the horizontal cylinder models.

olarak alınmıştır. DOO ağında eğitim aşamasında gecikme zamanları [0,1] ve [1,2] olarak varsayılan değer kullanılmıştır. YSA yöntemleri için 10000 yineleme sayısı ağıın eğitiminde ortalama karakök hata değerinin sifıra yaklaşmasından dolayı yeterli görülmüştür.

GA'da populasyon ve çaprazlama sayısı 100 olarak belirlenmiştir. Populasyon dışındaki parametreler varsayılan olarak alınmıştır. Bu parametreler sırasıyla jenerasyon sayısı 100, çaprazlama fonksiyonu dağınık ve yeniden üretim için 0.8, seçim fonksiyonu stokastik uniform ve mutasyon fonksiyonu Gaussian fonksiyon alınmıştır. GA, 51 yinelemede yeterli hata değerine ulaştığından algoritma durdurulmuştur.

LM'de ise yineleme sayısı 100 olarak verilmiş ancak yineleme sayısı 6'dan sonra hata veya

parametrelerde bir değışim gözlenmemiştir. Başlangıç değerleri için yarıçap ve derinlik parametreleri her seferinde 10 metre alınmıştır ve ilk olarak 20 yineleme verilmiştir. Ancak sonuçlar gözlemlendiğinde gürültülü ve gürültüsüz teorik veriler için 6 yineleme sayısından sonra parametre ve hata sabit kalmaktadır.

Tüm yöntemler için gürültüsüz teorik verinin ters çözümünden doğru model parametrelerine çok yakın değerler hesaplanmıştır. Gürültülü teorik verilerin ters çözüm sonucu ortalama karakök hata değerlerine bakıldığında, İKGY ağıının gürültüye en duyarlı yöntem olduğu gözlenmiştir. GA, DOO sinir ağı ve özellikle LM algoritmasının gürültülü teorik verinin ters çözümü sonuçlarından doğru modele en yakın sonuçları verdiği görülmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Gürültülü ve gürültüsüz veri için uygulama sonuçları.

Table 1. The application results for noise-free and noise-corrupted data.

YÖNTEM	Yarıçap (m)	Derinlik (m)	Yarıçap (m)	Derinlik (m)	Yarıçap (m)	Derinlik (m)	Rmse (%)	Yineleme Sayısı
Parametreler	3	20	4	25	5	50	-	-
İBGY	3	19,99	4	24,99	4,99	50	0,073	10000
İBGY (%5)	3,16	20,01	3,83	24,97	4,92	49,97	1,88	10000
İBGY (%10)	2,66	20,04	4,32	24,96	5,56	49,54	5,77	10000
İKGY	2,99	20	3,99	24,99	4,99	49,99	0,13	10000
İKGY (%5)	2,9	19,81	3,78	24,77	4,99	50,06	1,87	10000
İKGY (%10)	3,4	20,36	4,73	24,85	5,93	50,35	10,7	10000
DOO	2,99	20	4	25	4,99	50	0,1	10000
DOO (%5)	2,94	19,94	3,95	24,93	4,92	49,94	0,83	10000
DOO (%10)	2,79	19,79	3,81	24,76	4,74	49,78	2,57	10000
GA	2,99	20	3,99	25	4,99	50,09	0,15	51
GA (%5)	2,9	19,94	3,8	24,9	4,92	50,07	1,89	51
GA (%10)	2,78	20,86	3,8	24,93	4,74	50,07	3,07	51
LM	3	20	4	25	4,99	49,99	0,12	100
LM (%5)	2,99	19,97	4	25	4,99	49,97	0,26	100
LM (%10)	2,99	20,02	4	25,17	4,99	49,83	1,06	100

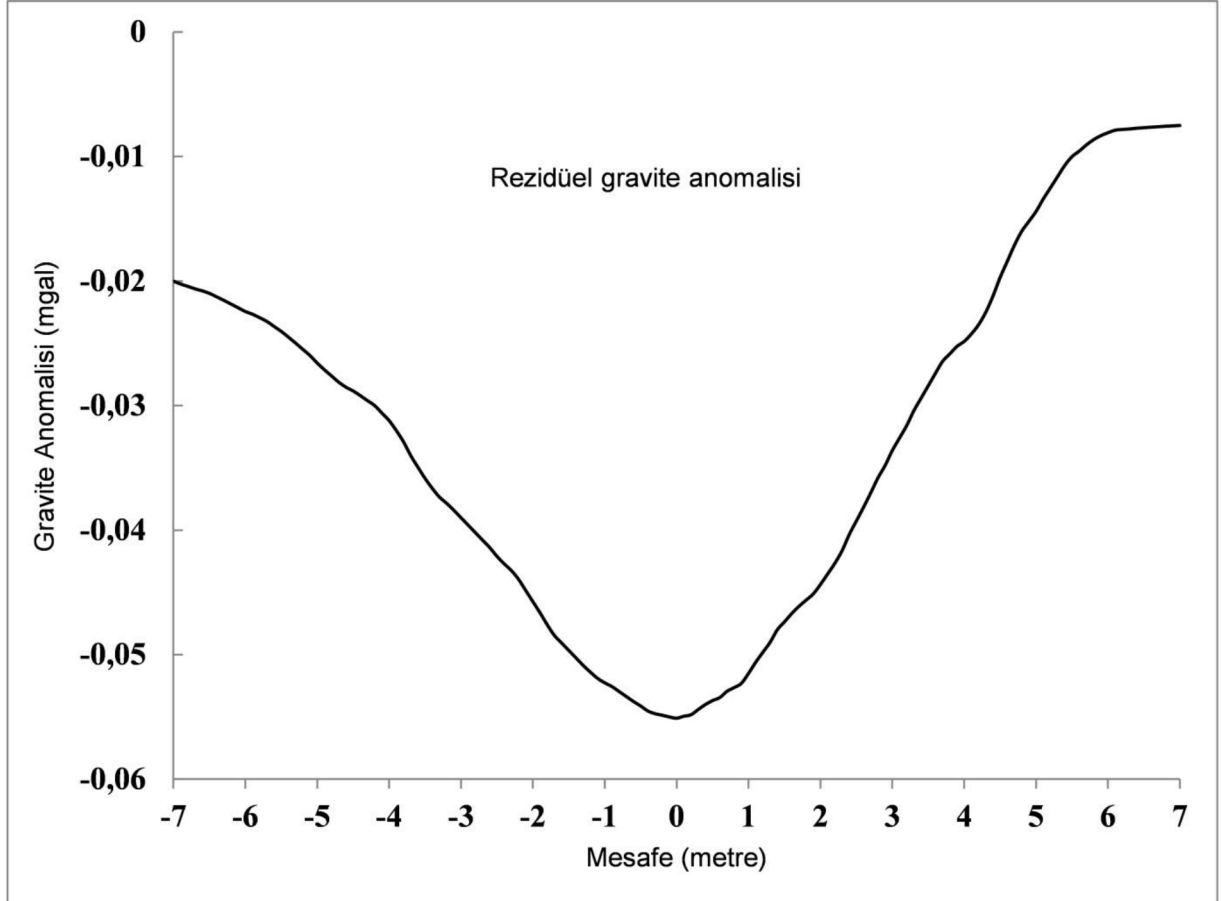
Arazi Verisi Uygulaması

Şekil 5'te Amerika'nın Florida eyaletindeki Medford bölgesindeki yeraltı boşluğunun rezidüel gravite anomali eğrisi (Butler, 1984) verilmiştir. Bu bölgedeki yeraltı boşluklarının önceki jeolojik çalışmalarından küre veya silindire (yatay veya düşey) yakın bir geometriye sahip olduğu bilinmektedir. Hajian vd., (2012) tarafından yapılan çalışma sonucunda Medford alanındaki yeraltı boşluğunun şekli yatay silindir olarak belirlenmiştir. Sondajdan elde edilen derinlik değeri ise 3.57 m'dir.

Ağın eğitimi için profil uzunluğu 14 m ve örneklem aralığı 0.1 m olan 1409 tane teorik veri kullanılmıştır. Teorik veriler, yatay silindir modeline uygun biçimde ve boşluklar yüzeye yakın olduğundan sığ derinlik değerleri ile üretilmiştir. YSA

yöntemlerinin hepsinde momentum ve uyarlanabilir öğrenme oranlı geri yayımlı gradyan iniş eğitim fonksiyonu kullanılmıştır. YSA eğitim aşamasında öğrenme oranı 0.01 ve momentum katsayısı 0.9 alınmıştır. Tek gizli katman kullanılmıştır ve nöron sayısı 10 alınmıştır. DOO ağında eğitim aşamasında gecikme zamanları [0,1] ve [1,2] olarak varsayılan değer kullanılmıştır.

Uygulanan YSA yöntemlerinden aynı yineleme sayısında çalışma mekanizmaları çok farklı olmasına rağmen İBGY ve DOO yaklaşık olarak aynı sonuçları vermiş olup, bu yöntemlerden sondajdan bilinen derinlik değerine çok yakın değerler elde edilmiştir. Sondajdan bilinen derinlik değeri 3.57 m, İBGY ve DOO sinir ağlarının ters çözüm sonuçları ise yaklaşık olarak 3.52 m'dir. Teorik çalışmada da olduğu gibi İKGY



Şekil 5. Medford test sahasındaki boşluğun rezidüel gravite profil eğrisi (Butler, 1984).

Figure 5. Residual gravity profile over a cavity at the Medford test site (Butler, 1984).

Çizelge 2. Arazi verisi için uygulama sonuçları.
Table 2. The application results for field data.

YÖNTEM	Yarıçap (m)	Derinlik (m)	Rmse (%)	Yineleme Sayısı
İBGY	1,8504	3,5241	5,9	10000
İKGY	1,979	3,8045	8,1	10000
DOO	1,8501	3,526	5,9	10000
GA	1,829	3,656	5,4	51
LM	1,851	3,8373	5,3	100

sinir ağında ters çözüm sonucundan % 8.1 ortalama karekök hata ile en yüksek hata değeri elde edilmiştir.

GA için popülasyon sayısı 100, çaprazlama parametresi ise 0.8 alınmıştır. GA sonucunda elde edilen parametre değerlerine ve % 5.4 ortalama karekök hata değerine bakıldığında sonucun kabul edilebilir ve derinlik değerinin sondajdan elde edilen derinlik değeri ile yakın olduğu görülmektedir. GA derinlik değerini, İBGY ve DOO sinir ağının sonucuna göre daha yüksek ancak yarıçap değerini ise daha düşük bulmuştur.

LM yönteminde en düşük ortalama karekök değerine ulaştığımız görülmektedir. Bu çalışmada ek bilgi olarak sondajdan elde edilen derinlik değeriyle daha sağlıklı yorumlama yapılmıştır. Başlangıç parametreleri yarıçap ve derinlik ters çözüm başlangıcında 10'ar metre alınmıştır. LM yönteminin en düşük hata vermesine rağmen sondajdan elde edilen derinlik bilgisiyle karşılaştığımızda tüm yöntemler arasında derinlik değeri bakımından bilinen sondaj değerine en uzak değeri vermiş olduğu görülmektedir. LM'de 4 yinelemeden sonra hata değerinde daha fazla azalma gözlenmemiştir. Tüm yöntemlerin sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada rezidüel gravite anomalisinden yarıçap ve derinlik parametre kestirimi için güncel sinir ağları yöntemleri (İKGY, DOO) denenmiştir. Bu yöntemlere ek olarak İBGY sinir ağı, GA ve LM algoritması kullanılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yöntemlerin etkinliği;

gürültülü, gürültüsüz teorik ve arazi verilerinde denenerek sınanmıştır. Gürültülü ve gürültüsüz teorik verilere yöntemlerin uygulanması sırasında hata değerleri kabul edilebilir ölçüde düşük elde edilmiştir. GA ve LM yöntemlerine göre eğitim aşamasından dolayı YSA yöntemlerinin çok daha fazla hesap zamanı gerektirdiği bu çalışmada gözlenmiştir. DOO sinir ağının çalışma prensibi İBGY sinir ağı yönteminden farklı olmasına rağmen ters çözüm sonucu birbirine çok yakın değerler elde edilmiştir. İKGY sinir ağı hem gürültülü teorik hem arazi uygulamasında en yüksek hata değerlerini veren yöntem olmuştur. LM algoritması ile arazi verisinin ters çözüm sonucu en düşük hata değeri elde edilmesine rağmen sondajdan bilinen derinlik değerine en uzak değer elde edilmiştir. Geleneksel yöntem olan LM veya artık jeofizikte sıkça kullanılan global yöntem olan GA gibi YSA yöntemlerinin de jeofizik problemlerinin ters çözümünde başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. YSA, GA ve LM yöntemlerinin çalışma prensipleri çok farklı olmasına rağmen aynı problemlere uygulanabilirliği ve jeofizik problemlerin çözümünde DOO ve İKGY ağlarının da, İBGY yöntemine ek olarak kullanılabileceği görülmüştür.

KATKI BELİRTME

Yazar makaleye değerli, gerekli ve yapıcı eleştirileri ile katkı sağlayan hakemler Doç. Dr. Bülent ORUÇ ve Dr. Muzaffer Özgü ARISOY'a teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- Abdelrahman, E.M., Bayoumi, A.I., ve El-Araby, H.M., 1991. A least-squares minimization approach to invert gravity data, *Geophysics*, 56, 1, 115-118.
- Basu, A., ve Frazer, L.N., 1990. Rapid determination of critical temperature in simulated annealing inversion, *Science*, 249, 1409-1412.
- Başokur, A.T., 2002. Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Problemlerin Ters-Çözümü. Jeofizik Mühendisleri Odası Eğitim Yayınları, Ankara.
- Beiki, M., ve Pedersen, L.B., 2010. Eigenvector analysis of gravity gradient tensor to locate geologic bodies, *Geophysics*, 75, 6, I37-I49.
- Butler, D.K., 1984. Microgravimetric and gravity gradient techniques for detection of subsurface cavities, *Geophysics*, 49, 7, 1084-1096.
- Calderón-Macías, C., Sen, M.K., ve Stoffa, P.L., 1997. Hopfield neural networks, and mean field annealing for seismic deconvolution and multiple attenuation, *Geophysics*, 62, 3, 992-1002.
- Calderón-Macías, C., Sen, M.K. ve Stoffa, P.L., 1998. Automatic NMO correction and velocity estimation by a feedforward neural network, *Geophysics*, 63, 5, 1696-1707.
- Chamoli, A., Srivastava, R.P. ve Dimri, V.P., 2006. Source depth characterization of potential field data of Bay of Bengal by continuous wavelet transform, *Indian Journal of Marine Sciences*, 35, 3, 195-204.
- Dosso, S.E., ve Oldenburg, D.W., 1991. Magnetotelluric appraisal using simulated annealing, *Geophysical Journal International*, 106, 370-85.
- Elawadi, E., Salem, A., ve Ushijima, K., 2001. Detection of cavities and tunnels from gravity data using a neural network, *Exploration Geophysics*, 32, 4, 204-208.
- Gupta, O.P., 1983. A least-squares approach to depth determination from gravity data, *Geophysics*, 48, 3, 357-360.
- Günaydın, K., ve Günaydın, A., 2008. Peak ground acceleration prediction by artificial neural networks for Northwestern Turkey, *Mathematical Problems in Engineering*, 2008.
- Hajian, A., 2004. Depth Estimation of Gravity Anomalies by Neural Network, M.Sc. Thesis, Tehran University, Iran (in Persian).
- Hajian, A., Styles, P. ve Zomorrodian, H., 2011. Depth estimation of cavities from microgravity data through multi adaptive neuro fuzzy interference system. In: "Near Surface" 2011, Proc. 17th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, 12-14 September 2011, Leicester, UK.
- Hajian, A., Zomorrodian, H., ve Styles, P., 2012. Simultaneous Estimation of Shape Factor and Depth of Subsurface Cavities from Residual Gravity Anomalies using Feed-Forward Back-Propagation Neural Networks, *Acta Geophysica*, 60, 1043-1075.
- Haykin, S., 1999. *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, 2nd ed., Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs.
- Ho, T. L., 2009. 3-D inversion of borehole-to-surface electrical data using a back-propagation neural network, *Journal of Applied Geophysics*, 68, 4, 489-499.
- Holland, J., 1975. *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, University of Michigan Press.
- Huang, Z., Shimeld, J., Williamson, M., ve Katsube, J., 1996. Permeability prediction with artificial neural network modeling in the Ventura gas field, offshore eastern Canada, *Geophysics*, 61, 2, 422-436.
- Landa, E., Beydoun, W., ve Tarantola, A., 1989. Reference velocity model estimation from prestack waveforms: coherency optimization by simulated annealing, *Geophysics*, 54, 984-990.
- Langer, H., Nunnari G., ve Occhipinti L., 1996. Estimation of seismic waveform governing parameters with neural networks,

- Journal of Geophysical Research, 101, B9, 20109-20118.
- Lee, K. Y., ve Mohamed, P. S., 2002. A real-coded genetic algorithm involving a hybrid crossover method for power plant control system design, in Proceedings of the 2002 Congress on Evolutionary Computation, pp. 1069-1074.
- Levenberg, K., 1944. A Method for the solution of certain nonlinear problems in least squares. The Quarterly of Applied Mathematics, 2, 164-168.
- Lines, L.R. ve Treitel, S., 1984. A review of least-squares inversion and its application to geophysical problems, Geophysical Prospecting, 32, 2, 159-186.
- Luke, S., 2009. Essentials of metaheuristics. Lulu, Retrieved January 20th, 2012, from <http://cs.gmu.edu/~sean/book/metaheuristics/>.
- Marquardt, D.W., 1963. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters, Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics, 11(2): 431-441.
- McCulloch, W.S., ve Pitts, W., 1943. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity, Bulletin of Mathematical Biology, 5, 4, 115-133.
- Oruç, B., 2010. Depth estimation of simple causative sources from gravity gradient tensor invariants and vertical component, Pure and Applied Geophysics, 167, 10, 1259-1272.
- Oruç, B., 2012. Teori ve Örneklerle Jeofizikte Modelleme. Umuttepe Yayınları, Kocaeli.
- Osman, O., Albora, A.M., ve Ucan O.N., 2007. Forward modeling with forced neural networks for gravity anomaly profile, Mathematical Geology, 39, 6, 593-605.
- Poulton, M.M., Sternberg, B.K., ve Glass, C.E., 1992. Location of subsurface targets in geophysical data using neural networks, Geophysics, 57, 12, 1534- 1544.
- Reid, A.B., Allsop, J.M., Granser, H., Millett, A.J., ve Somerton, I.W., 1990. Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution, Geophysics, 55, 1, 80-91.
- Roest, W. R., Verhoef, J., ve Pilkington, M., 1992. Magnetic interpretation using 3-D analytic signal: Geophysics, 57, 116-125.
- Roth, G., ve Tarantola, A., 1994. Neural networks and inversion of seismic data, Journal of Geophysical Research, 99, B4, 6753-6768.
- Roy, A., 1962. Ambiguity in geophysical interpretation, Geophysics, 27, 1, 90-99.
- Roy, L., Agarwal, N.P., ve Shaw, R.K., 2000. A new concept in Euler deconvolution of isolated gravity anomalies, Geophysical Prospecting, 48, 3, 559-575.
- Rumelhart, D.E., Hinton, G.E., ve Williams, R.J., 1986. Learning internal representation by error back propagation. In: D.E. Rumelhart and J.L. Mc Clelland (eds.), Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition. Vol. 1. Foundations, MIT Press, Cambridge, USA, 318-362.
- Salem, A., Elawadi, E., ve Ushijima, K., 2003. Short note: Depth determination from residual gravity anomaly data using a simple formula, Computer and Geoscience, 29, 6, 801-804.
- Sen, M. K., ve Stoffa, P. L., 1991. Nonlinear multiparameter optimization using genetic algorithms: Inversion of plane wave seismograms, Geophysics, 56, 1794-1810.
- Sen, M.K., ve Stoffa, P. L., 1992. Seismic waveform inversion using global optimization. Journal of Seismic Exploration, 1, 9-27.
- Szu, H., ve Hartley, R., 1987. Fast Simulated Annealing, Physical Letters A, 122, No. 3, 157-162.
- Thompson, D.T., 1982. EULDPH: A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data, Geophysics, 47, 1, 31-37.
- Vestergaard, P. D., ve Mosegaard, K. 1991. Inversion of post-stack seismic data

- using simulated annealing, *Geophysical Prospecting*, 39, 613-624.
- Wang, L.X., ve Mendel, J.M., 1992. Adaptive minimum prediction-error deconvolution and source wavelet estimation using Hopfield neural networks, *Geophysics*, 57, 5, 670-679.
- Zhang, Y., ve Paulson K.V., 1997. Magnetotelluric inversion using regularized Hopfield neural networks, *Geophysical Prospecting*, 45, 5, 725-743.

YAZIM KURALLARI

1. YAYIN İLKE VE KURALLARI

YERBİLİMLERİ Dergisi'ne gönderilecek yazılar, daha önce yayımlanmamış, ayrıca eş zamanlı olarak diğer bir dergiye veya sempozyum, kongre vb. gibi etkinliklerde sunulmak üzere gönderilmemiş olmalıdır. Ayrıca, dergiye sunulacak yazıyla ilişkili diğer makalelerin içeriklerindeki çakışma, en alt düzeyde olmalı ve giriş/tartışma bölümleriyle sınırlı kalmalıdır.

Yazarlar, yazılarını hazırlarken, derginin “**Yazım Kuralları**” başlıklı ayrıntılı kılavuzundan yararlanmalıdırlar. Editörler, bu kılavuza uygun şekilde hazırlanmamış yazıları yazar(lar)ına iade edebilirler. Çok yazarlı yazılarda yazarlardan biri “Başvurulacak Yazar” konumunda olmalıdır. Tüm yazarların; çalışmada yer aldığı, yazıyı onayladıkları ve yazının dergiye sunulmasını kabul ettikleri esas alınır.

Dergiye sunulan yazılar, önce Baş Editör ile bir Editör tarafından incelenir. Daha sonra makalenin değerlendirilmesi, düzeltilmesi ve yayıma kabulü veya kabul edilmemesi gibi işlemlerin yürütülmesi amacıyla bir Editör, Baş Editör tarafından görevlendirilir. Yazılar, Yayın Danışma Kurulu'ndan ve/veya bu kurulun dışından seçilmiş en az iki hakeme gönderilir. Yazıları değerlendirirken hakemlerden gizlilik ilkesine uymaları istenir ve adlarının açıklanıp açıklanmaması kendilerinin tercihine bırakılır. Yazılar, hakemlerin görüşleri alındıktan sonra, ayrıca Baş Editör ve ilgili Editör tarafından da değerlendirilir. Değerlendirmenin sonucuna göre yazının yayıma kabulü veya reddi ile ilgili son karar Baş Editör tarafından verilir.

2. GÖNDERİLECEK YAZILARIN NİTELİĞİ

Dergide yerbilimlerinin değişik alanlarında (jeoloji, jeofizik, madencilik ve jeomorfoloji) gerçekleştirilmiş özgün araştırmalar, yeni gelişmeler ve vaka sunumları ile ilgili yazılara yer verilmektedir. Kabul edilen başlıca yazı türleri, “Özgün Araştırma Makaleleri” ve “Teknik Notlar”dır. Fikirler, mevcut tekniklere ilişkin destekleyici çalışmalar veya ön sonuçlar Teknik Not olarak kabul edilir. Teknik Notlar, genel olarak, makalelerden daha kısa yazılar olup, bu yazılarda Öz bölümünün verilmesine gerek yoktur. Bunların yanı sıra, önceki çalışmaları veya bir konuyu eleştirel bir yaklaşımla derleyen ve o konuda bazı katkılar da sağlayan “Eleştirel Derlemeler” ile dergide yayımlanmış makalelere ilişkin “Tartışmalar” da sunulabilir. Ancak Teknik Notlarla ilgili Tartışma türü yazılara dergide yer verilmez.

3. YAZILARIN GÖNDERİLMESİ

Yazılar, elektronik ortamda (internet aracılığıyla) veya posta ile gönderilebilir. Editörlük makalelerin yıpranması veya kaybolmasıyla ilgili herhangi bir sorumluluk almayacağı için, yazarlar yazılarının bir kopyasını muhafaza etmelidirler.

Doç. Dr. Elif VAROL MURATÇAY

Yerbilimleri Dergisi

Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06800 Beytepe, Ankara

E-mail: yerbilimleri@hacettepe.edu.tr

Tel : +90 312 297 7744

Fax : +90 312 299 2034 veya +90 312 299 2075

Yazılar, elektronik ortamda (internet aracılığıyla) veya posta ile gönderilebilir. Editörlük makalelerin yıpranması veya kaybolmasıyla ilgili herhangi bir sorumluluk almayacağı için, yazarlar yazılarının bir kopyasını muhafaza etmelidirler.

4. YAZILARIN HAZIRLANMASI (YAZIM KURALLARI)

Derginin yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir. Yazarların ana dillerinin Türkçe olmaması durumunda, yazıların başlığı ve özeti ile çizelge ve şekillerin başlıkları Editörlükçe Türkçeye çevrilir. İngilizce sunulacak yazılarda hem İngiliz, hem de Amerikan İngilizcesi kullanılabilir. Ana dili İngilizce olmayan yazarlara, yazılarını Editörlüğe göndermeden önce, gramer ve üslup açısından, ana dili İngilizce olan bir kişiden katkı almaları özellikle önerilir.

Yazılar, genel olarak, aşağıda verilen düzen çerçevesinde hazırlanmalıdır.

- (a) Başlık (Türkçe ve İngilizce)
- (b) Yazar adları (koyu ve tamamı büyük harfle) ve adresleri (italik ve küçük harfle) ile başvurulacak yazarın E-posta (ilk sayfanın sol alt kısmında)
- (c) Öz (Türkçe ve İngilizce)
- (d) Anahtar Kelimeler (Türkçe ve İngilizce)
- (e) Giriş (amaç, kapsam ve yöntem)
- (f) Ana metin (kullanılan yöntemler, çalışılan malzeme(ler), tanımlamalar, analizler vd.)
- (g) "Sonuçlar ve Tartışma" veya "Tartışma ve Öneriler"
- (h) Katkı Belirtme (gerekiyorsa)
- (ı) Kaynaklar
- (j) Ekler (gerekiyorsa)
- (k) Çizelgeler
- (l) Şekiller Dizini
- (m) Şekiller
- (n) Levhalar (var ise)

Metinde kullanılan değişik türde başlıklar farklı şekillerde ve tüm başlıklar sayfanın sol kenarında verilmelidir. Ana başlıklar büyük harflerle ve koyu yazılmalıdır. İkinci derece başlıklar alt başlık olarak değerlendirilmeli ve birinci ve ikinci derece alt başlıklar küçük harfle (birinci derece alt başlıklarda her kelimenin ilk harfi büyük) ve koyu, üçüncü derece alt başlıklar ise italik olmalıdır. Başlıkların önüne numara veya harf konulmamalıdır. Yazılar (öz, metin, katkı belirtme, kaynaklar, ekler ve şekiller dizini) A4 (29.7 cm x 21 cm) boyutundaki sayfaların bir yüzüne, kenarlardan en az 2.5 cm boşluk bırakılarak, 1.5 cm aralıkla ve 12 puntoyla (Arial) yazılmalı, tüm sayfalarına ve ayrıca metindeki her satıra (başlıklar dahil) numara verilmelidir.

ÖZ

GİRİŞ

ANA BAŞLIK

Birinci Derece Alt Başlık

İkinci derece alt başlık

Üçüncü derece alt başlık

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

KATKI BELİRTME

KAYNAKLAR

Yazılarda SI birimleri (örneğin; kPa, MPa, kN/m³) kullanılmalıdır. Bununla birlikte, eğer istenirse, bu birimlerin diğer sistemlerdeki karşılıkları da parantez içinde verilebilir (örneğin; "İncelenen kumtaşının birim hacim ağırlığı ve tek eksenli sıkışma dayanımı sırasıyla 24 kN/m³ (2.4 kg/m³) ve 60 MPa (600 kgf/cm²)'dir").

Rakamların ondalık hanelerinin gösteriminde virgöl yerine nokta kullanılmalıdır. Yazılarda semboller (örneğin \sum _ \sqrt) kullanılmamalıdır. Bunların yerine, harflerin veya rakamların (örneğin; (a), (b),.....veya (i), (ii).....veya (1), (2).....) kullanılması önerilir. Dip notu verilmesinden kaçınılmalıdır. Özellikle reklam niteliği taşıyan yazılar kabul edilmez.

Yayıma kabul edilmesi koşuluyla, derginin yazım kurallarına uygun şekilde hazırlanmış yazılar, aşırı derecede düzeltmeye ihtiyaç gösteren yazılara göre daha kısa sürede basılır.

Kapak Sayfası

Yazıdan ayrı olarak sunulacak kapak sayfasında aşağıdaki bilgiler yer almalıdır.

- Yazının başlığı
- Yazar(lar)ın ad(lar)ı (ad ve soyadı kısaltılmadan)
- Tüm yazarların açık posta ve e-posta adresleri (Başvurulacak Yazar belirtilerek). Başvurulacak yazarın telefon numaraları da ayrıca belirtilmelidir.

Başlık ve Yazarlar

Yazının başlığı, çalışmanın içeriğini anlaşılır şekilde yansıtmalı ve makul uzunlukta olmalıdır. Eğer yazı Türkçe hazırlanmışsa, Türkçe başlığı (koyu ve küçük harfle) İngilizce başlık (italik ve küçük harfle) izlemelidir. İngilizce hazırlanmış yazılarda ise, İngilizce başlık Türkçe başlıktan önce ve yukarıda belirtilen yazım kuralına göre verilmelidir.

Öz

Öz, çalışma hakkında bilgi verici bir içerikle (çalışmanın amacı, elde edilen başlıca sonuçlar) ve 300 kelimeyi aşmayacak şekilde hazırlanmalıdır. Özde kaynaklara atıfta bulunulmamalıdır. Özler, hem Türkçe hem İngilizce olarak verilmelidir. Türkçe hazırlanmış yazılarda Öz'den sonra "Abstract" (italik) yer almalı, İngilizce yazılarda ise italik yazılmış Türkçe Öz Abstract'ı izlemelidir.

Anahtar Kelimeler

Öz ve Abstract'ın altında 7 kelimeyi aşmayacak şekilde ve yazının konusunu yansıtan anahtar kelimeler Türkçe ve İngilizce olarak verilmelidir. Anahtar kelimeler, alfabetik sırayla küçük harfle (ilk anahtar kelimenin ilk harfi büyük) yazılmalı ve aralarına virgül konmalıdır. Teknik Not ve Tartışma türü yazılarda anahtar kelimelerin verilmesine gerek yoktur.

Kaynaklar

Gerek metinde, gerekse şekil ve çizelge açıklamalarında atıfta bulunulan tüm kaynaklar, metnin sonunda "KAYNAKLAR" başlığı altında listelenmelidir. Tek veya iki yazarlı makalelerde yazarlara atıfta bulunulmalıdır (örneğin; Barka ve Cadinsky-Cade, 1988; Hudson, 1997). İki veya fazla yazarlı makalelerde ilk yazarın adının yanına "vd.". (makale Türkçe yazılmış ise) veya "et al." (makale İngilizce yazılmış ise) eki ve yazar adlarıyla yayım tarihi arasına da virgül konmalıdır (örneğin; Vendeville vd., 1995 veya Vendeville et al., 1995).

Metin içinde kaynaklara atıfta bulunurken, kaynaklar en eski tarihliden başlayarak en güncel doğru tarih sırasıyla verilmeli ve her kaynağın arasına noktalı virgül konmalıdır (örneğin; "Laboratuvar ve arazide çeşitli çalışmalar Komar ve Li (1986); Schmidt ve Gintz (1995) tarafından yapılmıştır"). Makalenin İngilizce yazılması halinde, yukarıda verilen örneklerdeki "ve" ile "vd."nin yerine "and" ve "et al." kullanılmalıdır.

Eğer bir kaynağa doğrudan ulaşamıyor, ancak diğer bir kaynaktan dolaylı olarak alınıyorsa, ulaşamayan bu kaynak alıntı yapılan diğer kaynaktan birlikte aşağıda belirtilen şekilde çapraz referans olarak verilmelidir: ".....Gamble (1971; Franklin ve Chandra, 1972). Sözlü ve yazılı görüşmelere de, yukarıda belirtilen örneklere benzer şekilde, metin içinde atıfta bulunulmalı ve ayrıca Kaynaklar dizininde de yer verilmelidir (örneğin; Gerçek (2001)).

Atıfta bulunulan kaynakların “KAYNAKLAR” bölümünde sunulmasına ilişkin örnekler

(a) Dergiler

Barka, A.A., and Kadinsky-Cade, K., 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics*, 7, 663-684.

Yazar(lar), Tarih. Makalenin başlığı. Derginin Açık Adı, Cilt (No.), sayfa no.

(b) Bildiri Tam Metinleri ve Bildiri Özleri

Bildiri tam metinleri:

Stephansson, O., 2003. Estimation of virgin state of stress and determination of final rock stress model. Proceedings of the 3rd International Symposium on Rock Stress-RS Kumamoto'03, K.Sugawara, Y.Obara and A.Sato (eds.), A.A.Balkama, Tokyo.

Bildiri özleri:

Bouchon, M., Toksöz, M.N., Karabulut, H., Boun, M.P., Dictrich, M., and Aktar, M., 2002. Space and times evaluation of rupture and faulting during the 1999 Gölcük, İzmit (Turkey) earthquake. 1st International Symposium of the Faculty of Mines (İTÜ) on Earth Sciences and Engineering, İTÜ, İstanbul, Abstracts, p.51.

Yazar(lar), Tarih. Bildirinin başlığı. Sempozyum veya Kongrenin Başlığı, Editör(ler)in Adı (eds.), Basımevinin Adı ve Yeri, (Cilt No, verilmişse), sayfa no.

CD'ye yüklenmiş bildiriler:

Aydan, Ö., Sezaki, M., and Yarar, R., 1996. The seismic characteristics of Turkish earthquakes. 11th World Conference on Earthquake Engineering, Acapulco, Mexico, CD Paper No. 1025.

(c) Kitaplar

Turcotte, D.L., 1975. *Fractals and Chaos in Geology and Geophysics*. Cambridge University Press, Cambridge.

Yazar(lar), Tarih. Kitabın Adı. Basımevinin Adı ve Yeri.

(d) Yayımlanmış Raporlar ve Tezler

Fairhurst, C., Brown, E.T., Marsly, G., Detounay, E., Nikolaevskiy, V., Pearson, J.R.A., and Townley, L., 1998. Underground nuclear testing in French Polynesia : Stability and hydrogeology issues. Report of International Geomechanical Commission to the French Government, Vol. I and II.

Yazar(lar), Tarih. Raporun Başlığı. Kuruluşun Adı, Rapor No., Yer adı (yayımlanmamış, raporun dili).

(e) Yayımlanmamış Raporlar ve Tezler

Deere, D.U., and Miller, R.P., 1966. Engineering classification and index properties for intact rock. Air Force Weapons Laboratory, Technical Report No. AFWL-TR-65-116, Kirtland Air Force Base, New Mexico (unpublished).

Yazar(lar), Tarih. Raporun başlığı. Kuruluşun Adı, Rapor No., Kent Adı (yayımlanmamış).

Meyer, W.H., 1977. Computer modeling of electro-magnetic prospecting methods. PhD Thesis, University of California, Berkeley, USA (yayımlanmamış).

Yazar, Tarih. Tezin başlığı. Tezin türü (Y. Lisans veya Doktora), Üniversite veya Enstitü Adı, Kent Adı (yayımlanmamış).

(f) Kişisel Görüşme:

Gerçek, H., 2001. Kişisel görüşme. Karaelmas Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak.

(g) İnternette İndirilen Bilgiler

ERD (Earthquake Research Department of Turkey), 2005. <http://www.gov.tr>, 3 April 2005.

Kuruluş Adı, Tarih. Web adresi, web sitesine giriş tarihi.

Türkçe kaynaklar doğrudan Türkçe olarak verilmeli ve Türkçe karakterlerle yazılmalıdır. Türkçe kaynaklarla ilgili bazı örnekler aşağıda verilmiştir. Bu kaynakların başlıklarının İngilizce verilmesi veya makalenin İngilizce yazılması halinde kaynağın en sonuna parantez içinde “in Turkish” ibaresi eklenmelidir.

Gülsoy, Ö.Y., Orhan, C.E., Can, N.M. ve Bayraktar, İ., 2004. Manyetik ayırma ve flotasyonla magmatik ve metamorfik kayalardan feldispat üretimi. *Yerbilimleri*, 30, 49-61.

Doğan, R., 2003. Kırşehir Masifi kuzeyinin tektonik ve magmatik evrimi konusunda bazı düşünceler. 55. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri, 66-67.

Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji. İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, İstanbul.

Sönmez, H., 1999. Soma linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütlesi içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

“Hazırlanmakta” veya “incelemeye sunulmuş” olan makalelere veya bildiriye atıfta bulunulmamalı ve Kaynaklar dizininde yer verilmemelidir. Çapraz referans verilmesi halinde, kaynaklar dizininde sadece orijinal kaynağın alındığı diğer kaynağın dolaylı olarak verilmesi gerekir. Aynı yazarın veya çok yazarlı yayınlarda ilk yazarın adının bulunduğu ve aynı tarihte yayımlanmış birden fazla sayıda kaynak için, kaynakların ayırt edilebilmesi açısından yayın tarihlerinin yanına “a”, “b” gibi harfler eklenmelidir (örneğin; Goodman 1988a ve 1988b).

Katkı Belirtine

Katkı belirtme, kısa olmalı ve teşekkür edilecek olanlar çalışmaya en önemli katkıyı sağlayan kişilerin ve/veya kuruluşların adlarıyla sınırlandırılmalıdır. Teşekkür edilecek kişilerin açık adları unvanları belirtilmeksizin verilmeli, ayrıca bu kişilerin görevli oldukları kurum ve kuruluşların adları da eklenmelidir.

Eşitlikler ve Formüller

Matematiksel semboller ve formüller el yazısıyla yazılmamalıdır. Eşitlik numaraları eşitliğin hizasında ve sağ kenarına dayandırılarak birbirini izleyen bir sırayla parantez içinde, ayrıca eşitliklerdeki sembollerin anlamı makalede ilk kez kullanıldıkları eşitliğin altında verilmelidir.

“ $t = c + stanf$ (1)

Burada; t makaslama dayanımı, c kohezyon, s normal gerilme ve f içsel sürtünme açısıdır”.

Eşitliklerde kullanılan alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterle yazılmalıdır (örneğin; x_2). Karekök işareti yerine parantezle birlikte üst indis olarak 0.5 kullanılmalıdır (örneğin; $scmass = scs^{0.5}$). Çarpım işlemini göstermek için herhangi bir işaret kullanılmamalı, ancak gerekli durumlarda “*” işareti tercih edilmelidir (örneğin; $y = 5 * 10^{-3}$). Bölme işareti olarak yatay çizgi yerine “/” işareti kullanılmalıdır. Kimyasal formüllerde iyonların gösterilmesi amacıyla Ca^{++} ve CO_3^{--} yerine Ca^{2+} ve CO_3^{2-} tercih edilmelidir. Metinde eşitliklere “eşitlik (1)” şeklinde atıfta bulunulmalıdır. Gerekiyorsa, bilgisayar programı listeleri de net ve okunur şekilde ekte verilmelidir.

Çizelgeler

Çizelgeler, başlıklarıyla birlikte (çizelge başlıkları ayrı bir sayfada liste halinde verilmemelidir), derginin sayfalarındaki baskı alanını (15.8 cm x 22.5 cm) aşmayacak şekilde hazırlanmalı, metnin sonunda her bir çizelge ayrı birer sayfada bulunacak şekilde ve birbirini izleyen sıra numaralarıyla verilmelidir. Çizelgelerin üst kısmında hem Türkçe, hem de İngilizce başlıkları bulunmalıdır. Makalenin Türkçe yazılması halinde İngilizce başlık italik harflerle Türkçe başlığın altında yer almalı, İngilizce makalelerde ise, italik yazılmış Türkçe başlık İngilizce başlıktan sonra verilmelidir. Çizelgeler, “Çizelge 1” vb. şeklinde sunulmalıdır. Metinde çizelgelere

Çizelge 1 veya Çizelge 1 ve 2 (eğer birden fazla sayıda çizelgeye atıfta bulunulacaksa) şeklinde değinilmelidir. Çizelgeler, metinde kullanılan karakterlerden daha küçük (10 veya 11 punto) karakterle yazılmalı ve derginin tek (7.3 cm-genişlik) veya çift (15.8 cm-genişlik) kolonuna sığacak şekilde düzenlenmelidir.

Çizelgelerde düşey çizgiler kullanılmamalı, yatay çizgiler ise sadece çizelgenin alt ve üstünde, ayrıca çizelgedeki başlıklar ile bunların altında listelenen rakamları ayırmak için kullanılmalıdır (Bunun için derginin önceki sayılarına bakılması önerilir). Çizelgelerde makalenin diğer kısımlarında verilen bilgi veya sonuçların (örneğin grafikler vb.) tekrar verilmemesine özen gösterilmelidir. Her çizelge ayrı sayfalarda olacak şekilde metnin sonunda (Kaynaklar dizininden sonra) sunulmalıdır. Çizelgelerdeki kısaltma ve simgeler daha küçük karakterlerle çizelgelerin altında verilmelidir (örneğin; sc: tek eksenli sıkışma dayanımı; Il: illit vd.).

Şekiller

Çizim, grafik ve fotoğraf gibi tüm şekiller “Şekil” başlığı altında ve metin içinde anıldıkları sırayla numaralandırılarak verilmelidir. Şekillerin her biri JPG olarak hazırlanmalı, ayrı bir dosya içine, her bir şekil ayrı olarak kaydedilmeli ve şekil numarası yazılmalıdır. Dosya içine konulan şekillerde Şekil numaraları sayfanın sağ üst köşesine yazılmalıdır. Dergi siyah-beyaz basılacağı için, yazarlar hazırlanan şekillerde bu hususu dikkate almalıdırlar. Şekil açıklamaları; Şekillerin altına yazılmamalı ve ayrı bir sayfaya konularak “Şekiller Dizini” başlığıyla verilmeli, ayrıca “Şekil 1.” olarak başlamalıdır. Çizelgeler için yukarıda belirtilen yazım kurallarına benzer şekilde, şekil başlıkları hem Türkçe, hem de İngilizce hazırlanmalıdır. Şekiller için en büyük boyut, şekil başlığını da içerecek biçimde 15.8 cm (genişlik) x 22.5 cm (uzunluk) olmalıdır. Tüm şekillerin derginin tek veya çift kolonuna sığacak boyutlarda hazırlanması ve mümkünse daha çok tek kolona göre tasarlanması önerilir.

Özellikle haritalar, araziyle ilgili çizimler ve fotoğraflar, sayısal ölçek (1:25,000 vb.) yerine, metrik sisteme uygun çizgi ölçekle verilmelidir. Tüm haritalarda kuzey yönü gösterilmelidir. Bölgesel haritalarda, uygun olduğu takdirde, ulusal grid veya enlem/boylam değerleri verilmelidir. Harita açıklamaları, şekil başlığıyla birlikte değil, şeklin üzerinde yerelmalıdır. Fotoğraflar, çizimler veya bunların birlikteliğinden oluşan şekiller (a), (b) vb. gibi gruplar halinde verilebilir. Bu tür sunumlarda (örneğin; Şekil 5a ve 5b) a, b, c vb. gibi tek bir şekle ait çizimler veya fotoğraflar ayrı sayfalarda olması yerine, gruplandırılarak aynı sayfada sunulmalıdır. Şekillerde açık gölge ve tonlarından kaçınılmalı, özellikle bilgisayar programlarından elde edilen grafiklerde bu hususa dikkat edilmelidir. Gölgeleme belirgin, fotoğraflar siyah-beyaz ve iyi bir kontrasta sahip olmalıdır. Tüm şekiller, Şekil 1 veya Şekil 1 ve 2 (birden fazla şekle değiniyorsa) gibi ve metinde anıldıkları sırayla numaralandırılmalıdır. Bir dizi fosil fotoğraflarını içeren şekiller Levha olarak değerlendirilmelidir. Levhalara ilişkin açıklamalar, hem Türkçe hem İngilizce olarak aynı sayfada verilmelidir.

Ekler

Yöntemlere (bilinen yöntemler hariç) ilişkin özel ayrıntılar veya matematiksel işlemler için makalelerde eklere yer verilebilir. Bilgisayar programı listeleri de ek olarak kabul edilir.

5. YAYIMA KABUL EDİLEN MAKALELERİN SUNUMU

Yazarlar, makalelerinin yayıma kabulü halinde, makalenin düzeltilmiş son kopyasını elektronik ortamda Baş Editör’e göndermelidir. Makaleler WORD ile hazırlanmalıdır. Tüm şekiller ayrı bir dosya içinde her bir şekil 300 dpi’den az olmamak koşuluyla JPG olarak ayrı sayfalarda yer almalıdır.

6. PROVA BASKILAR

Makalenin prova baskıları dizgi ve yazım hatalarının olup olmadığının kontrolü için Başvurulacak Yazar'a gönderilir. Prova baskılarda yapılacak düzeltmeler yazım hataları ile sınırlı olup, yazarların makaleyi kabul edilmiş son halinden farklı bir duruma getirebilecek değişiklikler ve düzeltmeler yapması kabul edilmez. Prova baskılar, yazarlar tarafından alındıktan sonra en geç üç gün içinde Baş Editör'e gönderilmelidir. Gecikmeli olarak yapılacak düzeltmelerin baskıya verilmesi garanti edilmeyeceği için, yazarların prova baskıları göndermeden çok dikkatli şekilde kontrol etmeleri önerilir.

7. TELİF HAKLARI

Yazar veya Başvurulacak Yazar (birden fazla yazarlı makalelerde), kendisi ve diğer yazarlar adına "Telif Hakkı Devir Formu"nu makalenin baskıya verilmesinden önce imzalamalıdır. Bu sözleşme, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne yazarlar adına telif hakkı alınmış yayınlarını koruma olanağı sağlamakla birlikte, yazar(lar)ın makalenin sahibi olma haklarından vazgeçtiği anlamına gelmemektedir. Telif Hakkı Devir Formu, en kısa sürede Baş Editör'e gönderilmelidir. Bu form Baş Editör'e ulaştırılıncaya değin, makale yayına kabul edilmiş olsa bile, baskıya gönderilmez.

INSTRUCTIONS FOR CONTRIBUTORS

1. STATEMENT OF EDITORIAL AND PUBLICATION POLICIES

Manuscripts submitted to YERBİLİMLERİ (EARTH SCIENCES) should have not been published or simultaneously submitted elsewhere. The overlap of contents between related papers should be at minimum, and normally confined to the introductory/discussion sections.

Authors should consult the Journal's "Instructions for Contributors" for detailed stylistic guidelines during preparation of their manuscript. Editors may return manuscripts that are grossly inconsistent with these guidelines. One individual will need to be the Corresponding Author where the submitted manuscript is multi-authored. It will be assumed that all the authors have been involved in the work, have approved the manuscript, and have agreed to its submission.

Manuscripts submitted to the Journal are initially evaluated by the Editor-in-Chief and one of the Associate Editors. The Editor-in-Chief then allocates the manuscript to an Associate Editor, to handle the reviewing, revision and acceptance or rejection procedures. Manuscripts are sent to at least two reviewers selected from the Editorial Advisory Board and/or external specialists. Reviewers are requested to treat the manuscript confidentially. They may choose to identify themselves or to remain anonymous. After the reviewers' comments have been received, the Editor-in-Chief and an Editor also review the papers. The Editor-in-Chief's judgment is final with regard to the review process and suitability for publication.

2. TYPES OF CONTRIBUTIONS

The Journal is concerned with original research, new developments, and case studies in earth sciences (geology, geophysics, mining, and geomorphology). The two main types of contributions are "Original Research Papers" and "Technical Notes". Ideas, preliminary results and confirmations on existing techniques are suitable as Technical Notes. In general, Technical Notes are shorter than papers and do not require Abstracts. In addition, "Comprehensive Reviews" and "Discussion" of papers that have already appeared in the Journal may also be submitted. Discussions should not exceed three pages. There is no provision for the publication of Discussion of Technical Notes.

3. SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

Submissions could be send electronically, via the internet or by post. Authors should remain a copy of their manuscript, since the editors cannot accept responsibility for damage or loss of papers.

Assoc. Prof. Dr. Elif VAROL MURATÇAY

Yerbilimleri Dergisi

Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06800 Beytepe, Ankara, Turkey

E-mail: yerbilimleri@hacettepe.edu.tr

Tel : +90 312 297 7744

Fax : +90 312 299 2034 veya +90 312 299 2075

4. PREPARATION OF MANUSCRIPTS

The language of the Journal is both Turkish and English. If the author(s) are residents of a non-Turkish speaking country, titles, abstracts, and captions of figures and tables are translated into Turkish by the Journal. For manuscripts submitted in English, either British or American spelling is acceptable. It is strongly recommended that authors whose native language is not English, should ask a person whose native language is English to check the grammar

and style of manuscript before submission. Manuscripts should generally be structured as follows:

- (a) Title
- (b) Names of authors (bold and in capital) and their affiliations (italic and lower-case). The name and E-mail address of the corresponding author must appear at the bottom of the first page (in the left margin).
- (c) Abstract
- (d) Key words
- (e) Introduction (aim, content and methodology)
- (f) Main text (methods, material studied, descriptions, analyses etc.)
- (g) “Results and Discussion” or “Conclusions and Recommendations”
- (h) Acknowledgements (if necessary)
- (i) References
- (j) Appendices (if necessary)
- (k) Tables
- (l) List of figure captions
- (m) Figures
- (n) Plates (if any)

The various levels of headings used in the manuscript should be clearly differentiated. All headings should be in left-aligned. Major headings should be bold capitals. Secondary headings should be considered as sub-headings. Primary- and secondary-subheadings should be given in lower-case and tertiary headings in italics. Headings should not be preceded by numerals or letters. Manuscripts (abstract, main text, acknowledgments, references, appendices and figure captions) should be typed on one side of the paper (A4 size: 29.7 cm x 21 cm) with wide margins (at least 2.5 cm) and 1.5 line-spaced throughout, at a font size of 12 point (Arial) and with all pages numbered. All pages and all lines in the text (including headings) should be numbered.

ÖZ

ABSTRACT

INTRODUCTION

PRIMARY HEADING

Primary Sub-Heading

Secondary sub-heading

Tertiary sub-heading.

CONCLUSIONS

ACKNOWLEDGEMENTS

REFERENCES

SI units (e.g. kPa, MPa, kN/m³) should be used, although corresponding metric units can be added in parentheses if desired (e.g. “The unit weight and compressive strength of the investigated sandstone are 24 kN/m³ (2.4kg/m³) and 60 MPa (600 kgf/cm²), respectively).

A dot should be used instead of a comma to show decimal fractions (e.g. 23.1). Symbols (such as \sum , $\sqrt{\quad}$) should not be used in the manuscript. Instead of these, please use letters or numbers (i.e. (a), (b),or (i), (ii) ..., or (1), (2)). Foot notes should be avoided especially if they contain information which could equally well be included in the text. The use of proprietary names should be avoided. Papers essentially of an advertising nature will not be accepted. In the case of acceptance for publication, concise well-prepared papers in the Journal style are likely to be published sooner than those in need of extensive editing and revision.

Cover Page

A cover page, separate from the main manuscript, must include the followings:

- a. Title of the paper
- b. Name(s) of author(s) (full forenames should be given)
- c. Full postal and e-mail addresses of all authors (the corresponding author should be indicated). Phone numbers for the corresponding author should also be provided.

Title and Authors

The title of the paper should unambiguously reflect its content with reasonable length. If the paper is written in Turkish, the Turkish title (in bold-face type and lower-case) should be followed by the English title (italic and lower-case). If the paper is in English, the English title should appear before the Turkish title in the style mentioned above.

Abstract

The abstract not exceeding 300 words should be informative (aim of the study and main conclusive remarks). It should not contain references. The Abstract should be given in both Turkish and English. If the paper is written in Turkish, an English abstract (in italics) should follow the Turkish abstract, while a Turkish abstract (in italics) should appear after the English abstract in papers written in English.

Key Words

The Abstract should include not more than 7 key words which reflect the entries the authors would like to see in an index. Key words should be given in both Turkish and English. Key words should be written in lower-case letters, separated by commas, and given in alphabetical order. For Technical Notes and Discussions, key words should not be provided.

References

All references cited in the text, and in captions of figures and tables should be presented in a list of references under a heading of "REFERENCES" following the text of the manuscript. For single or dual-author papers, refer to the author(s) name(s) (without initials) and the year of publication in parentheses (e.g. Barka and Kadiansky-Cade (1988); Hudson (1990)). For publications written by more than two authors, the name of the first author should be used, followed by "et al." and a comma should be put between the authors' names and the year of publication (e.g. Vendeville et al., 1995). The list of references in citations should be arranged chronologically from the earliest to the most recent, and separated by semi-colons (e.g. "Several studies, including both field and laboratory experiments (Komar and Li, 1986; Schmidt and Ergenziger, 1992; Carling et al., 1992; Schmidt and Gints, 1995) were carried out."). If reference is not directly obtained but can be found in another reference, cross-reference should be given as follows: ".....Gamble (1971; Franklin and Chandra, 1972)". For verbal or written personal communications, the reference should be given in the text as above (e.g. Gerçek (2001)) and also be cited in the reference list.

Examples of layout of references

(a) Journals

Barka, A.A., and Kadinsky-Cade, K., 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics*, 7(1), 663-684.

Author(s), Date. Title of paper. Full Name of Journal, Vol. (No), pages.

(b) Proceedings and Abstracts

Proceedings:

Stephansson, O., 2003. Estimation of virgin state of stress and determination of final rock stress model. Proceedings of the 3rd International Symposium on Rock Stress-RS Kumamoto'03, K. Sugawara, Y. Obara and A. Sato (eds.), A.A. Balkama, Tokyo.

Abstracts:

Bouchon, M., Toksöz, M.N., Karabulut, H., Boun, M.P., Dietrich, M., and Aktar, M., 2002. Space and times evaluation of rupture and faulting during the 1999 Gölcük, İzmit (Turkey) earthquake. 1st International Symposium of the Faculty of Mines (İTÜ) on Earth Sciences and Engineering, İTÜ, İstanbul, Abstracts, p.51.

Author(s), Date. Title of paper. Title of Symposium or Congress, Name of Editor(s), Name and Location of Publisher, Vol. (if any), pages

Proceedings on CD:

Aydan, Ö., Sezaki, M., and Yarar, R., 1996. The seismic characteristics of Turkish earthquakes. 11th World Conference on Earthquake Engineering, Acapulco, Mexico, CD Paper No. 1025..

(c) Books

Turcotte, D.L., 1975. Fractals and Chaos in Geology and Geophysics. Cambridge University Press, Cambridge.

Author(s), Date. Name of Book. Name and Location of Publisher.

(d) Published Reports

Fairhurst, C., Brown, E.T., Marsly, G., Detounay, E., Nikolaevskiy, V., Pearson, J.R.A., and Townley, L., 1998. Underground nuclear testing in French Polynesia: Stability and hydrogeology issues. Report of International Geomechanical Commission to the French Government, Vol. I and II.

Author(s), Date. Title of report. Name of Organization, Vol. (if any).

(e) Unpublished Reports and Thesis

Deere, D.U., and Miller, R.P., 1966. Engineering classification and index properties for intact rock. Air Force Weapons Laboratory, Technical Report No. AFWL-TR-65-116, Kirtland Air Force Base, New Mexico (unpublished).

Author(s), Date. Title of report. Name of Organization, Report No., Name of City (unpublished).

Meyer, W.H., 1977. Computer modeling of electro-magnetic prospecting methods. PhD Thesis, University of California, Berkeley, USA (unpublished).

Author, Date. Title of thesis. Type of Thesis (MSc or PhD), Name of University or Institution, City, Country (unpublished).

(f) Personal Communications

Gerçek, H., 2001. Personal communication. Mining Engineering Department of Karaelmas University, Zonguldak, Turkey.

(g) Information Downloaded from the Internet

ERD (Earthquake Research Department of Turkey), 2005. <http://www.gov.tr>, 3 April 2005.

Name of the Organization, Date. Web address, date of access to website.

Turkish references can also be given directly in Turkish. For such references please use Turkish characters. Some examples are given below.

Gülsoy, Ö.Y., Orhan, C.E., Can, N.M. ve Bayraktar, İ., 2004. Manyetik ayırma ve flotasyonla magmatik ve metamorfik kayalardan feldispat üretimi. *Yerbilimleri*, 30, 49-61.

- Doğan, R., 2003. Kırşehir Masifi kuzeyinin tektonik ve magmatik evrimi konusunda bazı düşünceler. 55. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri, 66-67.
- Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji. İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, İstanbul.
- Nazik, L., Törk, K., Özel, E., Mengi, H., Aksoy, B. ve Acar, C., 1998. Kuzey ve kuzeydoğu Trakya (Kırklareli- Tekirdağ)'daki doğal mağaralar. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No. 4384, Ankara (yayımlanmamış).
- Sönmez, H., 1999. Soma linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütleleri içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara (yayımlanmamış).

Papers "in preparation" or "submitted" are not valid references. In the case of cross-referencing, only the reference in which the otherwise inaccessible reference is found should appear in the list of references. For references, whose authors and dates of publication are the same, the letters "a, b," etc. should follow the date of each reference (e.g. Goodman, 1988a and 1988b).

Acknowledgements

Acknowledgements should be brief and confined to persons and organizations that have made significant contributions. Please use full names without titles and indicate name(s) of the organization(s) of the person(s) acknowledged.

Mathematical Expressions

Mathematical symbols and formulae should be typed. Equation numbers should appear in parentheses at the right-hand side of the equations and be numbered consecutively. For Greek or other non-Roman letters, identify the symbol in words in the left-hand margin just below the equation the first time it is used. In addition, the meaning of symbols used in equations should be given below the equations.

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (1)$$

Where τ is the shear strength, c is cohesion, σ is normal stress and, ϕ is internal friction angle." Subscripts and superscripts should be given clearly and written in smaller character (e.g. I_d , x_2). Instead of square-root symbol, an indice of 0.5 should be used (e.g. $y = 5x^{0.5}$). For the of multiplication sign do not use any symbol, however if necessary, the symbol "*" can be preferred (e.g. $y=5*10^{-3}$). Please use "/" for division instead of a horizontal line between numerator and denominator. In the expression of chemical reactions, ions should be given as Ca^{2+} and CO_3^{2-} (not Ca^{++} and CO_3^{--}). In the text, equations should be referred to as equation (1). Computer program listings, if appropriate, must be very clear in an Appendix.

Tables

Tables with their titles should not exceed the printed area of the page (15.8 cm (wide) x 22.5 cm (deep)), be represented in separate pages and be numbered consecutively. Both Turkish and English titles should appear at the top of a table. If the manuscript is written in Turkish, English title in italics should follow the Turkish title. For manuscripts in English, a Turkish title should appear below the English title in italics. They should begin "Table 1." etc. Tables should be referred to as Table 1 or Tables 1 and 2 (if more than one table is referred to). Tables can be written in a font size smaller than that of the text (10 or 11 point). Tables should be arranged to fit single column (7.3 cm wide) or double column (15.8 cm wide). No vertical rules should be used. Horizontal rules should only be used at the top and bottom of the tables, and to separate

headings and numbers listed in the tables (Please check the previous issues of the Journal). Tables should not duplicate results presented elsewhere in manuscript (e.g. in graphs). Each table should be represented on an separate page and appear after the text (after references). All abbreviations and symbols must be identified with smaller character underneath the tables (e.g. σ_c : uniaxial compressive strength; Il: Illite; etc).

Illustrations

All illustrations, whether diagrams, charts and photographs, should be of high quality JPG format, referred to as “Figures” and be numbered consecutively as they appear in the text. The number of the figure should be given at top on the right-hand side of the paper. Illustrations should be provided in camera-ready form (grayscale), suitable for reproduction (which may include reduction) without retouching. Figure captions should be supplied on a separate sheet and should begin “Figure 1.” etc. As with the rules given for tables, figure captions should also be given both in Turkish and English. All illustrations should be given offer tables together with a list of figure captions. The maximum size of illustrations is 15.8 cm (wide) x 22.5 cm (deep) together with figure captions. It is recommended that all illustrations should be designed with the Journal’s single-column or two-column layout in mind, and where possible, illustrations should be designed for a single column. Foldout and colored illustrations are not accepted.

Illustrations, particularly maps, field sketches and photographs should have a metric bar scale rather than magnification factors. All maps should have a north mark. Regional maps may include National Grid or latitude/longitude number where appropriate. Map keys should be given on the figure, not in the figure caption.

Photographs, line drawings, or combinations may be grouped as figure parts (a), (b), etc. It is preferred that these are mounted. Letters or numerals should not be less than 1 mm after reduction. Avoid fine shading and tones, particularly from computer graphics packages. Shading should be distinct. Photographs must be black and white and sharp, and exhibit good contrast.

All illustrations must be numbered in the order in which they are referred to and discussed in the text as Figure 1 or Figures 1 and 2 (if more than one figures is referred to). Illustrations consisting of a set of fossil photographs should be given as “Plates”. The number of plates should be kept to a minimum. Explanations of plates should be given in both Turkish and English on the same page.

Appendices

Appendices are encouraged for specific details of methods (except known methods) or mathematics. Computer program listings are also accepted as appendices.

5. FINAL SUBMISSION OF MANUSCRIPTS ACCEPTED FOR PUBLICATION

On acceptance of a manuscript, authors should send the digital copy of the revised final draft to the Editor-in-Chief via e-mail. Manuscripts should be processed in WORD format. All illustrations should be sent as JPG files (not less than 300 dpi resolution) individually.

6. PROOFS

One set of page proofs are sent to the corresponding author to be checked for typesetting/editing errors. Corrections should be restricted to typesetting errors, change or corrections that constitute departures from the article are not accepted. Proofs should be returned to the Editor-in-Chief within 3 days of receipt. Please note that the authors are urged to check their proofs carefully before return, since the inclusion of late corrections cannot be guaranteed.

7. COPYRIGHT

The author or corresponding author on behalf of all authors (for papers with multiple authors) must sign the “Copyright Transfer” agreement before the article can be published. This transfer agreement enables the Earth Science Application and Research Center of Hacettepe University to protect the copyrighted material for the authors, but does not relinquish the authors’ proprietary rights. The Copyright Transfer form should be sent to the Editor-in-Chief as soon as possible. Manuscripts accepted for publication will not be sent to print until this form is received by the Editor-in-Chief.