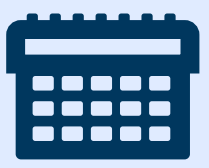




TÜRKİYE ULUSAL JEODEZİ KOMİSYONU XXII. TUJK SEMPOZYUMU 2023

"Afetler ve Afet Yönetiminde Jeodezinin Katkıları"



29 Kasım - 01 Aralık 2023



Prof. Dr. Osman TURAN
Kültür ve Kongre Merkezi



XXII. TÜRKİYE ULUSAL JEODEZİ KOMİSYONU SEMPOZYUMU 2023

**"Afetler ve Afet Yönetiminde Jeodezinin Katkıları"
29 Kasım - 01 Aralık 2023**

XXII. TURKISH NATIONAL GEODESY COMMISSION SYMPOSIUM 2023

***"Contributions of Geodesy in Disasters and Disaster Management"
29 November - 01 December 2023***

BİLDİRİ ÖZETLERİ KİTABI *ABSTRACT BOOK*

ONUR KURULU / *HONOR COUNCIL*

Prof. Dr. Hamdullah ÇUVALCI, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Rektörü*

Tuğgeneral Osman ALP, *TUJJB Başkanı, Harita Genel Müdürü*

Prof. Dr. Gençğa PÜRÇEK, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanı*

Dr. Müh. Alb. İbrahim NALCI, *TUJJB Başkan Yardımcısı*

Ali İPEK, *HKMO YK Başkanı*

Dr. Müh. Alb. Ali İhsan KURT, *TUJK Başkanı, Harita Genel Müdürlüğü*

Prof. Dr. Haluk ÖZENER, *TUJK Üniversite Temsilcisi, Boğaziçi Üniversitesi*

Prof. Dr. Rasim DENİZ, *TUJK Önceki Üniversite Temsilcisi, İTÜ*

Prof. Dr. Tefik AYAN, *TUJK Önceki Üniversite Temsilcisi, İTÜ*

Prof. Dr. Hüsniye Ebru ÇOLAK, *HKMO Trabzon Şubesi Başkanı, KTÜ*

DÜZENLEME KURULU / *ORGANIZING COMMITTEE*

Alper Tunga AKIN, Arş. Gör., Karadeniz Teknik Üniversitesi

Bura Adem ATASOY, Arş. Gör., Karadeniz Teknik Üniversitesi

Yunus Aytaç AKDOĞAN, Yük. Müh. Yzb, Harita Genel Müdürlüğü, Düzenleme Kurulu Sekreteri

Bahadır AKTUĞ, Prof. Dr., Ankara Üniversitesi

Orhan AKYILMAZ, Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi

Cansu BEŞEL, Arş. Gör. Dr., Sinop Üniversitesi

Leyla ÇAKIR, Dr. Öğr. Üyesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi

Ertan GÖKALP, Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi

Fatih Kadi, Dr. Öğr. Üyesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi

Ali İhsan KURT, Dr. Müh. Alb., Harita Genel Müdürlüğü

Merve OCAK, Arş. Gör., Karadeniz Teknik Üniversitesi

Tevfik ÖZLÜDEMİR, Doç. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi

Süheyla PİLTAN ALTAŞ, Arş. Gör., Karadeniz Teknik Üniversitesi

Emine TANIR KAYIKÇI, Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Düzenleme Kurulu Sekreteri

Kamil TEKE, Doç. Dr., Hacettepe Üniversitesi

Fatih TERZİ, Arş. Gör., Karadeniz Teknik Üniversitesi

İbrahim TİRYAKİOĞLU, Prof. Dr., Afyon Kocatepe Üniversitesi

Aydın ÜSTÜN, Prof. Dr., HKMO

Mualla YALÇINKAYA, Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Düzenleme Kurulu Başkanı

Hasan Hakan YAVAŞOĞLU, Doç. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi

Alanur YAVUZ, Arş. Gör., Karadeniz Teknik Üniversitesi

Faruk YILDIRIM, Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi

Nazan YILMAZ, Doç. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi

Murat BEKTAŞOĞLU, Arş. Gör., Karadeniz Teknik Üniversitesi

BİLİM KURULU / SCIENTIFIC COMMITTEE

(Bilim Kurulu bildiri değerlendirme sürecine katkıda bulunan akademisyenlerden oluşmaktadır)

Ramazan Alpay ABBAK, Prof. Dr., Konya Teknik Üniversitesi
Alper AKAR, Doç. Dr., Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Veli AKARSU, Dr. Öğr. Üyesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi
Hakan AKÇIN, Doç. Dr., Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi
Burak AKPINAR, Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi
Bahadır AKTUĞ, Prof. Dr., Ankara Üniversitesi
Orhan AKYILMAZ, Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi
Müge ALBAYRAK, Dr. Öğr. Üyesi, Harran Üniversitesi
Salih ALÇAY, Doç. Dr., Necmettin Erbakan Üniversitesi
Reha Metin ALKAN, Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi
Fırat ALTINTAŞ, Öğr. Gör. Dr., Muğla Sıtkı Kocaman Üniversitesi
Yusuf AŞIK, Dr. Öğr. Üyesi, Gümüşhane Üniversitesi
Ercenk ATA, Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi
Veysel ATASOY, Dr. Öğr. Üyesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi
Nevin Betül AVŞAR, Dr. Öğr. Üyesi, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi
Cüneyt AYDIN, Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi
Nedim Onur AYKUT, Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi
Berkay BAHADUR, Doç. Dr., Hacettepe Üniversitesi
Fuat BAŞÇİFTÇİ, Doç. Dr., Karamaoğlu Mehmetbey Üniversitesi
Tamer BAYBURA, Prof. Dr., Afyon Kocatepe Üniversitesi
Sebahattin BEKTAŞ, Prof. Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Sercan BÜLBÜL, Doç. Dr., Konya Teknik Üniversitesi
Ayhan CEYLAN, Prof. Dr., Konya Teknik Üniversitesi
Leyla ÇAKIR, Dr. Öğr. Üyesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi
Rahmi Nurhan ÇELİK, Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi
Cahit Tağı ÇELİK, Prof. Dr., Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi
İlke DENİZ, Dr. Öğr. Üyesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi
Uğur DOĞAN, Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi
Serkan DOĞANALP, Doç. Dr., Konya Teknik Üniversitesi
Utkan Mustafa DURDAĞ, Dr. Öğr. Üyesi, Artvin Çoruh Üniversitesi
Murat DURMAZ, Dr. Öğr. Üyesi, Hacettepe Üniversitesi
Bahattin ERDOĞAN, Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi
Hediye ERDOĞAN, Prof. Dr., Aksaray Üniversitesi
Ramazan Cüneyt ERENOĞLU, Prof. Dr., Çanakkale Onsekiz Mayıs Üniversitesi
Semih ERGİNTAV, Prof. Dr., Boğaziçi Üniversitesi
Halil ERKAYA, Prof. Dr., Okan Üniversitesi
Serdar EROL, Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi
Bihter EROL, Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi
Nihat ERSOY, Dr. Öğr. Üyesi, Yıldız Teknik Üniversitesi
Aşlı GARAGON, Prof. Dr., Boğaziçi Üniversitesi
Cemil GEZGİN, Dr. Öğr. Üyesi, Aksaray Üniversitesi
Ertan GÖKALP, Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi
Kurtuluş Sedar GÖRMÜŞ, Dr. Öğr. Üyesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi
Vahap Engin GÜLAL, Prof. Dr., Atlas Üniversitesi
Mevlüt GÜLLÜ, Prof. Dr., Afyon Kocatepe Üniversitesi

Kutalmış GÜMÜŞ, Prof. Dr., Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi
Caner GÜNEY, Doç. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi
Kerem HALICIOĞLU, Dr., Freie Universität Berlin
Kemal Özgür HASTAOĞLU, Prof.Dr., Cumhuriyet Üniversitesi
Veli İLÇİ, Doç. Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Cevat İNAL, Prof. Dr., Konya Teknik Üniversitesi
Cankut Dağdal İNCE, Dr. Öğr. Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Samed İNYURT, Doç. Dr., Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Muzaffer KAHVECİ, Prof. Dr., Konya Teknik Üniversitesi
İbrahim KALAYCI, Prof. Dr., Necmettin Erbakan Üniversitesi
Celalettin KARAALİ, Prof. Dr. Avrasya Üniversitesi
Mahmut Onur KARSLIOĞLU, Prof. Dr., Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Hüseyin KEMALDERE, Dr. Öğr. Üyesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi
Mehmet Güven KOÇAK, Dr. Öğr. Üyesi, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi
Haluk KONAK, Prof. Dr., Kocaeli Üniversitesi
Berkant KONAKOĞLU, Doç.Dr, Amasya Üniversitesi
Eray KÖKSAL, Dr. Öğr. Üyesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi
Orhan KURT, Doç. Dr., Kocaeli Üniversitesi
Ali İhsan KURT, Dr. Müh. Alb., Harita Genel Müdürlüğü
Şenol Hakan KUTOĞLU, Prof. Dr., Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi
Pakize KÜREÇ NEHBİT, Dr. Öğr. Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Onur LENK, Doç. Dr., İstanbul Üniversitesi
Çetin MEKİK, Prof. Dr., Hacettepe Üniversitesi
Metin NOHUTCU, Doç. Dr., Hacettepe Üniversitesi
Gonca OKAY AHİ, Dr. Öğr. Üyesi, Hacettepe Üniversitesi
Taylan ÖCALAN, Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi
Salih Sermet ÖĞÜTÇÜ, Doç. Dr., Necmettin Erbakan Üniversitesi
Deniz ÖZ DEMİR, Dr. Öğr. Üyesi, Yıldız Teknik Üniversitesi
Haluk ÖZENER, Prof. Dr., Boğaziçi Üniversitesi
Ali ÖZKAN, Dr. Öğr. Üyesi, Osmaniye Ata Korkut Üniversitesi
Mustafa Tefrik ÖZLÜDEMİR, Doç. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi
Emel Zeray ÖZTÜRK, Dr. Öğr. Üyesi, Konya Teknik Üniversitesi
Hüseyin PEHLİVAN, Dr. Öğr. Üyesi, Gebze Teknik Üniversitesi
Atınç PIRTI, Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi
Fatih POYRAZ, Prof. Dr., Cumhuriyet Üniversitesi
Mehmet Halis SAKA, Prof. Dr., Gebze Teknik Üniversitesi
Mahmut Oğuz SELBESOĞLU, Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Teknik Üniversitesi
Erdinç SEZEN, Dr. Müh. Alb., Harita Genel Müdürlüğü
Mehmet SİMAV, Doç. Müh. Yb., Harita Genel Müdürlüğü
Halil İbrahim SOLAK, Dr. Öğr. Üyesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi
Arzu SOYCAN, Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi
Metin SOYCAN, Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi
Doğan Uğur ŞANLI, Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi
İsmail ŞANLIOĞLU, Prof. Dr., Mersin Üniversitesi
Serhat ŞENSES, Öğr. Gör. Dr., Amasya Üniversitesi
Yasemin ŞİŞMAN, Prof. Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Emine TANIR KAYIKÇI, Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi
Kamil TEKE, Doç. Dr., Hacettepe Üniversitesi
İbrahim TIRYAKIOĞLU, Prof. Dr., Afyon Kocatepe Üniversitesi

Nursu TUNALIOĞLU ÖCALAN, Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi
Ekrem TUŞAT, Prof. Dr., Konya Teknik Üniversitesi
Yener TÜREN, Dr. Öğr. Üyesi, Trakya Üniversitesi
Mustafa ULUKAVAK, Doç. Dr., Harran Üniversitesi
Sibel UZUN, Dr. Öğr. Üyesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Aydın ÜSTÜN, Prof. Dr., HKMO
Mualla YALÇINKAYA, Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi
Sefa YALVAÇ, Doç. Dr., Gümüşhane Üniversitesi
Mustafa YANALAK, Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi
Servet YAPRAK, Dr. Öğr. Üyesi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Hasan Hakan YAVAŞOĞLU, Doç. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi
Mevlüt YETKİN, Prof. Dr., İzmir Katip Çelebi Üniversitesi
Faruk YILDIRIM, Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi
Ömer YILDIRIM, Prof. Dr., Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Hasan YILDIZ, Doç. Müh. Alb., Harita Genel Müdürlüğü
Nazan YILMAZ, Doç. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi
Onur YILMAZ, Dr. Öğr. Üyesi, Boğaziçi Üniversitesi
Mustafa YILMAZ, Prof. Dr., Afyon Kocatepe Üniversitesi
Cemal Özer YİĞİT, Prof. Dr., Gebze Teknik Üniversitesi
Kemal YURT, Dr. Öğr. Üyesi, Aksaray Üniversitesi
Selma ZENGİN KAZANCI, Dr. Öğr. Üyesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
Fatih Kadı, Dr. Öğr. Üyesi., Karadeniz Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

"XXII. TUJK Sempozyumu 2023", Harita Genel Müdürlüğü iş birliği ile 29 Kasım-1 Aralık 2023 tarihleri arasında KTÜ Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği ev sahipliğinde KTÜ Prof. Dr. Osman TuranKültür ve Kongre Merkezi'nde düzenlenmiştir. Sempozyuma, Üniversiteler, kamu kurum/kuruluşları, meslek odaları ve özel sektörden yönetici, personel ve öğrenciler olmak üzere yaklaşık 400 kişi katılmıştır. Trabzon Valisi Aziz Yıldırım, KTÜ Rektörü Prof.Dr. Hamdullah Çuvalcı, Harita Genel Müdürü Tümgeneral Dr. Osman Alp, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Genel Başkanı Ali İpek, TUJK Üniversite Temsilcisi ve BÜ Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü Müdürü Prof. Dr. Haluk Özener, TUJK Başkanı Dr. Müh. Albay Ali İhsan Kurt, Sempozyum Düzenleme Kurulu Başkanı Prof. Dr. Mualla Yalçinkaya tarafından yapılan açılış konuşmalarının ardından "Afetler ve Afet Yönetiminde Jeodezinin Katkıları" konulu bir PANEL düzenlenmiştir. B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Müdürü Prof. Dr. Haluk Özener'in moderatör olduğu panele, Harita Genel Müdürü Tümgeneral Dr. Osman ALP; DSI Genel Müdürü Mehmet Akif BALTA, Tapu ve Kadastro Genel Müdür Yardımcısı Adil Hakan AYBER; AFAD Risk Belirleme ve Önlem Dairesi Başkanı Gökhan YILMAZ panelist olarak katılmışlardır. Sempozyuma 7 bilimsel oturum için sözlü sunumu uygun görülen 71 bildiriden sunumu yapılan 66'sı Bildiri Özeti kitabında yer almıştır. Sempozyumun üç oturumunda Amerika, Almanya, Fransa, Çin ve İran'dan 6 uluslararası katılımcı da çevrimiçi/yüz yüze sunumlar yapmışlardır. Ayrıca Sempozyumun son günü KTÜ Harita Mühendisliği Bölümü Bilgisayar Laboratuvarında Hacettepe Üniversitesinden Doç.Dr. Kamil TEKE ve Harran Üniversitesinden Doç.Dr. Mustafa ULUKAVAK tarafından "Afetlerin oluşturduğu anomalilerinin tespiti ve analizi" konusunda bir Eğitim düzenlenmiştir.

TÜBİTAK 2223-B Yurtiçi Bilimsel Etkinlik Destekleme Programı Kapsamında da desteklenen sempozyuma, Atay Mühendislik, GeoTEKNİK, Sistem Harita, DEHA Harita, Geomatik Hizmetler, GNSS Teknik, Bakız İnşaat, Paksoy, Sistem A.Ş. GeoEksper Harita Mühendislik, Kaya Harita, Ata Petrol ve İnşaat A.H.BAŞ olmak üzere toplam 12 özel sektör firması sponsor olmuştur. Sempozyum, HKMO Genel Merkez ve Trabzon Şubesi, Trabzon Büyükşehir Belediyesi ve Ortahisar Belediyesi, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, BÜ Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, DSI Genel Müdürlüğü ve 22. Bölge Müdürlüğü, Karayolları Genel Müdürlüğü ve 10. Bölge Müdürlüğü, AFAD Trabzon İl Müdürlüğü ve İlbank tarafından da desteklenmiştir. Sempozyuma destek sağlayan kurum/kuruluş yöneticileri ve katılım sağlayan personelleri meslektaşlarımıza, sponsor olan özel firmaların yönetici ve sempozyum stant alanında görev alan temsilcilerine teşekkürlerimizi sunarız.

Düzenleme Kurulu Adına

Prof. Dr. Mualla Yalçinkaya

"XXII. TUJK Sempozyumu 2023" Düzenleme Kurulu Başkanı

29 Kasım 2023, Çarşamba

08:30 – 09:30

Kayıt

09:30 – 11:00

Açılış Konuşmaları

Prof. Dr. Mualla YALÇINKAYA, XXII. TUJK SEMPOZYUMU 2023 Düzenleme Kurulu Başkanı

Prof. Dr. Haluk ÖZENER, TUJK Üniversite Temsilcisi, B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Müdürü

Dr. Müh. Alb. Ali İhsan KURT, Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu (TUJK) Başkanı

Ali İPEK, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası (HKMO) YK Başkanı

Tümgeneral Osman ALP, Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği (TUJJB) Başkanı, Harita Genel Müdürü

Prof. Dr. Hamdullah ÇUVALCI, Karadeniz Teknik Üniversitesi Rektörü

Aziz YILDIRIM, Trabzon Valisi

11:00 – 11:10

TUJK 2023 Yılı Ödül Töreni ve Plaket Takdimi

11:10 – 12:40

PANEL: AFETLER VE AFET YÖNETİMİNE JEODEZİNİN KATKILARI

Moderatör: Prof. Dr. Haluk ÖZENER (B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araş. Ens. Müd.)

Panelist 1: **Tümgeneral Osman ALP**, Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği (TUJJB) Başkanı, Harita Genel Müdürü

Panelist 2: **Adil Hakan AYBER**, Tapu ve Kadastro Genel Müdür Yardımcısı

Panelist 3: **Mehmet Akif BALTA**, DSİ Genel Müdürü

Panelist 4: **Gökhan YILMAZ**, AFAD Risk Belirleme ve Önlem Dairesi Başkanı

12:40 – 12:55

Stant Alanı Açılışı ve Fotoğraf Çekimi

12:55 – 14:20

ÖĞLE YEMEĞİ ARASI

14:20 – 16:20

1. Oturum: AFETLER VE AFET YÖNETİMİNE JEODEZİNİN KATKILARI

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Uğur DOĞAN, YTÜ Harita Müh. Böl.; YTÜ Rektör Yardımcısı

A1

14:20-14:35

Doğu Karadeniz Özelinde Taşkınlar ve Taşkın Yönetimi
Cengiz Han Kılıçaslan (DSİ 22. Bölge Müdürü), Davetli Konuşmacı

A2

14:35 – 14:50

Şubat 2023 Depremlerinin Bölgede Oluşturduğu Etkiler ve Yapay Zeka ile Afet Yönetim Planlaması
Uğur Doğan, Nabi Yüzer, vd. Davetli Konuşmacı

A3

14:50 – 15:05

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünce Kahramanmaraş Depremleri Kapsamında Yürütülen Jeodezik Çalışmalar
Ömer Salgın, Fatih Balcıoğlu, İbrahim Cankurt

A4

15:05 – 15:20

Sabit İstasyon Verilerinin Afet Yönetiminde Kullanımı,
Meryem Aydın, Metin Soylu, İbrahim Cankurt

A5

15:20 – 15:35

Afetlerde Tapu ve Kadastro İdaresinin Rolü: Depremlerin Mülkiyete Etkisinin Değerlendirilmesi
Sümeyye Ebrahimi, Mustafa Arslan, İsmail Dursun
SUNUM YAPILMAMIŞTIR

A6

15:35 – 15:50

Kadastro Parsellerinin Parsel Fabric Programı Kullanılarak Veri Kalitesinin Artırılması ve Dinamik Değerleme Yaklaşımının Değerlendirilmesi: Rubber Sheeting ve En küçük Kareler Dengeleme Yöntemleri Örnek Çalışma: UQ Kampüsü
Sümeyye Ebrahimi, Mustafa Arslan

A7

15:50 – 16:05

Afet Alanlarına Yönelik Müdahale Çalışmalarına Ölçme Teknolojilerinin Katkıları
Özgür Avcı

A8

16:05 – 16:20

Application of GNSS Tropospheric Corrections to InSAR Data Analysis
Nihal Tekin Ünlütürk, Uğur Doğan

16:20 – 16:30

ARA

16:30 – 18:30

2. Oturum: AFETLER VE AFET YÖNETİMİNE JEODEZİNİN KATKILARI

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Haluk KONAK, KOÜ, Harita Müh. Böl.

A9 16:30 – 16:45	Graben Kenarlarında Kurulu Yerleşim Alanlarını Tehdit Eden Sessiz Tehlike: Asismik Yüzey Deformasyonları <i>İbrahim Tiryakioğlu, Çağlar Özkaymak, Veli Başaran</i>
A10 16:45 – 17:00	Yerelektrik Değişimlerin Analizi ile Doğu Anadolu Fay Zonu ve Civarındaki Sismik Aktivitelerinin İzlenmesi ve Deprem Erken Uyarı Sisteminin Kurulabilirliğinin Araştırılması: TÜBİTAK 122Y365 <i>Mustafa Ulukavak, Dursun Akaslan, Ali Kırçay, Hakan Karslı, Serkan Öztürk, Mualla Yalçinkaya, Sabri Mert İnanç, Hatice Turap, Ömer Faruk Rençber</i>
A11 17:00 – 17:15	Yüzey Deformasyonlarının Analizleri: Mw 7.7 ve Mw 7.6 Büyüklüğündeki Kahramanmaraş Depremleri Örneği <i>Pakize Küreç Nehbit</i>
A12 17:15 – 17:30	Gerçek Zamanlı Kinematik PPP Tekniği ile Deprem Büyüklüğünün Kestirilmesi: 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık ve Elbistan) Depremleri Örneği <i>Sinan Birinci, Furkan Soğukkuyu, Mehmet Halis Saka</i>
A13 17:30 – 17:45	Farklı Uydu Sistemleri ve Ölçü sürelerinin Yer Kabuğu Hareketlerini Belirleme Performansların Karşılaştırılması <i>Cevat İnal, Tunahan Gündoğan, Sercan Bülbül</i>
A14 17:45 – 18:00	InSAR Verilerinin Hızlı Fourier Dönüşümü ile Zaman Seri Analizi: Gediz Grabeni Örneği <i>Yavuz Gül, Kemal Özgür Hastaoğlu, Fatih Poyraz, Hediye Erdoğan, Hüseyin Duman, Yavuz Gül</i>
A15 18:00 – 18:15	Paleo Heyelan Sahasındaki Kaya Bloğuna İlişkin Potansiyel Kaya Düşmesi Senaryolarının Üretilmesi ve Risklerin İrdelenmesi <i>Fatih Kadı, Murat Karahan, Alper Tunga Akın</i>
A16 18:15 – 18:30	6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerin Oluşturduğu Hasarlarının Zemin Yapısı ve Özellikleri İle İlişkisinin Jeofizik Ölçümlerle Ön İncelemesi <i>Hakan Karslı, Ali Erden Babacan, Özgenç Akın</i>

19:00 – 22:00

AKŞAM YEMEĞİ

30 Kasım 2023, Perşembe

09:00 – 12:10	3. Oturum: GRAVİTE ALANI <i>Oturum Başkanları: Prof. Dr. Orhan AKYILMAZ (İTÜ), Prof. Dr. Aydın ÜSTÜN (KOÜ)</i>
G1 09:00 – 09:30	Remote Sensing of Gravity for Earth Science Applications: GRACE, GRACE-FO and Beyond <i>Himanshu V. Save, Davetli Konuşmacı (Çevrimiçi)</i>
G2 09:30 – 10:00	Progress on Satellite Gravimetry in China <i>Wei Feng, Davetli Konuşmacı (Çevrimiçi)</i>
G3 10:00 – 10:20	GRACE Zaman Serilerinde Uzun Dönemli Periyodik Sinyalin İncelenmesi <i>Özge Güneş, Cüneyt Aydın</i>
G4 10:20 – 10:40	Kıyı Uydu Altimetresi Ve Mareograf Ölçüleri İle Hesaplanan Deniz Seviyesi Hızlarının Ege Denizi Doğu Kıyı Bölgesinde Karşılaştırılması <i>Mehmet Emin Ayhan, Ömür Engin Demirkol</i>
10:45 – 10:55	ARA
G5 10:55 – 11:10	Gravite Alanı Modellemede Büyük Veri Analitiği Uygulamaları: Arazi Düzeltmelerinin Paralel Değerlendirilmesi <i>Aydın Üstün, Sevdâ Olgun, Orhan Akyılmaz</i>
G6 11:10 – 11:25	Arazi Düzeltmesinin ve Yanal Yoğunluk Değişimlerinin Gravimetrik Jeoitteki Etkisinin İncelenmesi <i>Sevdâ Olgun, Aydın Üstün, Orhan Akyılmaz</i>
G7 11:25 – 11:40	Gelişen Teknolojiler Işığında Türkiye’de Yerel Astrojeodezik Geoit Belirlemek <i>Fuat Cansever, Müge Albayrak, Mustafa Tevfik Özlüdemir</i>
G8 11:40 – 11:55	Kara Araçlarıyla Çoklu Sensör Entegrasyonu ile Çekül Sapması Bileşenlerinin Belirlenme Potansiyeli <i>Yunus Aytaç AKDOĞAN, Murat DURMAZ, Hasan YILDIZ</i>
G9 11:55 – 12:10	Düşey Kontrol Açısından GNSS/Nivelman Noktalarının Önemi: 20 Yıllık Perspektif <i>Aydın Üstün</i>

12:10 – 13:20

ÖĞLE YEMEĞİ ARASI

13:20 – 15:20	4. Oturum: REFERANS KOORDİNAT SİSTEMLERİ <i>Oturum Başkanları: Doç. Dr. Teyfik ÖZLÜDEMİR (İTÜ), Doç. Dr. Kamil TEKE (HÜ)</i>
R1 13:20 – 13:40	The 3rd Realization of the International Celestial Reference Frame 3 (ICRF3) <i>Robert Heinkelmann, Davetli Konuşmacı (Çevrimiçi)</i>
R2 13:40 – 14:00	Earth Orientation Parameters (EOP) – a general talk <i>Robert Heinkelmann, Davetli Konuşmacı (Çevrimiçi)</i>
R3 14:00 – 14:20	ITRF2020 and Usage of its Station Position Kinematic Model <i>Zuheir Altamimi, Paul Rebischung, Xavier Collilieux, Laurent Métivier, Kristel Chanard, Davetli Konuşmacı (Çevrimiçi)</i>
R4 14:20 – 14:40	6 Şubat Kahramanmaraş Depremlerinin Ulusal 3 Boyutlu Referans Ağlarındaki Etkileri <i>Ali İhsan Kurt, Tunahan Gündoğan, Selçuk Peker, Özgür Özel, Davetli Konuşmacı</i>
R5 14:40 – 15:00	Türkiye’de Düşey Koordinat Referans Çerçevesinin Belirlenmesine İlişkin Çalışmalar <i>Erdinç Sezen, Ali İhsan Kurt, Davetli Konuşmacı</i>
R6 15:00 – 15:20	CGPS Günlük Koordinat Zaman Serilerinin Birleştirilmesi ve GPS Hızlarının Kestirimi <i>Mehmet Emin Ayhan</i>
15:20 – 15:30	ARA
15:30 – 17:30	5. Oturum: JEODİNAMİK <i>Oturum Başkanları: Prof. Dr. Bahadır AKTUĞ (AÜ), Doç. Dr. Gonca OKAY AHİ (HÜ)</i>
J1 15:30 - 15:45	Havran-Balıkesir Fay Zonunda Potansiyel Deprem Büyüklüklerinin Belirlenmesi <i>Eda Esma Eyübagil, İbrahim Tiryakioğlu, Halil İbrahim Solak, Hasan Hakan Yavaşoğlu, Cemal Özer Yiğit, Bahadır Aktuğ, Çağlar Özkaymak, Mehmet Ali Uğur, Ece Bengünaz Çakanşimşek</i>
J2 15:45 - 16:00	Artçı Depremler Öncesinde Görülen Jeoelektrik Anomalileri: 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri Sonrası <i>Mustafa Ulukavak, Sabri Mert İnanç</i>
J3 16:00 – 16:15	6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinin (Mw 7.7 ve Mw 7.6) Deprem Anı (Kosismik) Yer Değiştirmeleri ve Kayma Dağılımlarının GNSS Tekniği ile Belirlenmesi <i>Ali Özkan, Halil İbrahim Solak, İbrahim Tiryakioğlu, Murat Doruk Şentürk, Bahadır Aktuğ, Cemil Gezgın, Fatih Poyraz, Hüseyin Duman, Frédéric Masson, Göksu Uslular, Cemal Özer Yiğit, Hasan Hakan Yavaşoğlu</i>
J4 16:15 – 16:30	Doğu Anadolu Fay Zonu’nun (DAFZ) Erkenek ve Sürgü Segmentlerinin Deprem Davranışının Çok Disiplinli Yöntemlerle İncelenmesi: GNSS Çalışmaları <i>İbrahim Tiryakioğlu, Ercan Aksoy, Halil İbrahim Solak, Fatih Poyraz, Cemil Gezgın, Eda Esma Eyübagil, Ece Bengünaz Çakanşimşek, Ergin Dönmez, Kayhan Aladoğan, Kemal Özgür Hastaoğlu, Hüseyin Duman, Hasan Sözbilir, Orhan Tatar, Fikret Koçbulut, Mustafa Softa, Serap Çolak Erol, Elif Akgün, Mehmet Yüksel</i>
J5 16:30 – 16:45	6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinin Hasan Dağı Volkan İzleme İstasyonlarına Etkilerinin İncelenmesi <i>Cemil Gezgın, Hacı Murat Yılmaz, İbrahim Tiryakioğlu, Hediye Erdoğan, Süleyman Sefa Bilgilioğlu, Esra Gürbüz, Osman Orhan, Alper Gürbüz, Halil İbrahim Gündüz, Gökhan Atıcı, Cezmi Türkmen, Erkan Yıldırım, Selami Kılıçel, Kaan Öcal</i>
J6 16:45 – 17:00	Seferihisar depreminin neden olduğu İyonoserik Anomalilerin İncelenmesi <i>Sercan Bübül, Fuat Başçiftçi, Cevat İnal, Tunahan Gündoğan</i>
J7 17:00 – 17:15	30 Ekim 2020 Mw: 6.9 Sisam Depremi Sonrası İzmir ve Çevresindeki Postsismik Deformasyonun İzlenmesi <i>Halil İbrahim Solak, İbrahim Tiryakioğlu, Bahadır Aktuğ, Sefa Yalvaç, Cemal Özer Yiğit, Ergin Dönmez, Ertuğrul Demirelli, Eda Esma Eyübagil, Ece Bengünaz Çakanşimşek</i>
J8 17:15 – 17:30	GRACE/GRACE-FO Uydu Verileri ile Fırat-Dicle Nehri Su Kütlesi Değişiminin Zaman Serisi Analizi <i>Murat Bektaşoğlu, Emine Tanır Kayıkcı</i>
17:30 – 17:40	ARA
17:40 – 18:15	TÜRKİYE ULUSAL JEODEZİ KOMİSYONU 2023 YILI GENEL KURUL TOPLANTISI

01 Aralık 2023, Cuma

09:00 – 13:00	6. Oturum: KONUM BELİRLEME VE UYGULAMALAR <i>Oturum Başkanları: Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU (AKÜ)</i>
K1 09:00 – 09:15	TUSAGA-Aktif Jeodezik Alt Yapısının Güçlendirilmesi <i>Ayhan Cingöz</i>
K2 09:15 – 09:30	Filistin Ulusal Jeodezik Referans Çerçevesinin Oluşturulması <i>Coşkun Demir, Ali Kılıçoğlu, Saed Ideas, Mohammad Maraheel, Omar Abusharar, Samuel Awawdi</i>
K3 09:30 – 09:45	Türkiye'nin Antarktika Kıtasındaki İlk Sabit GNSS İstasyonu: Dismal (DISM) İstasyonu <i>Özgür Özel, Yusuf Ural, Abdullah Kellevezir, Tunahan Gündoğan, Faruk Yalçın, Selçuk Peker, Soner Özdemir, Hakan Kılınç, İbrahim Cihan Demirel, İlyas Akpınar</i>
K4 09:45 – 10:00	Arktik Kutup Bölgesindeki Farklı Jeomanyetik Etkiler Altında Tek-Frekanslı Hassas Nokta Konum Belirleme (SF-PPP) Tekniğinin Konum Belirleme Performansının Araştırılması <i>Çağan Soysal, Mert Bezicioğlu</i>
K5 10:00 – 10:15	Türkiye kıyılarında deniz seviyesi değişiminin GNSS-IR yöntemine dayalı olarak belirlenmesi <i>Cemali Altuntaş, Nursu Tunalıoğlu, Taylan Öcalan, İbrahim Haktan Keskin, Özgür Özel, Erdinç Sezen, Ali İhsan Kurt</i>
K6 10:15 – 10:30	GPS Meteorolojisi ile Elde Edilen Yağışa Dönüşebilir Su Buharının Önemi ve Hava Tahmininde Kullanılması <i>Özkan Kocaaslan, Ekrem Tuşat</i>
K7 10:30 – 10:45	Düşük Maliyetli GNSS Sistemlerinin Jeodezik Uygulamalarda Kullanımı <i>Burak Akpınar, Cüneyt Aydın, Nedim Onur Aykut, Seda Özarpacı, Fahri Karabulut, Güldane Oku Topal, Özge Güneş</i>
10:45 – 11:00	ARA
K8 11:00 – 11:15	Simülasyon, Optimizasyon ve Kestirim <i>Orhan Kurt</i>
K9 11:15 – 11:30	Jeodezik Veriler Kullanılarak 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinin Ardından (Mw 7.7 - Mw 7.6) Post-Sismik Kabuk Deformasyonlarının Web Tabanlı Açık Kaynak Kodlu Yazılımla Araştırılması <i>Mehmet Bak, Rahmi Nurhan Çelik</i>
K10 11:30 – 11:45	Gerçek-Zamanlı Varyometrik Yaklaşım Değerlendirme Yazılımı: PPPH-VA <i>Berkay Bahadır, Mert Bezicioğlu, Cemal Özer Yiğit</i>
K11 11:45 – 12:00	Deprem Sonucu Oluşan Deformasyon Alanının Kümeleme Yöntemiyle Araştırılması <i>Seda Özarpacı</i>
K12 12:00 – 12:15	Simüle edilmiş GNSS zaman serilerinde beyaz gürültü yaklaşımında dalgacık varyans kullanılması <i>Khosro Moghtasad-Azar, Emine Tanır Kayıkçı, Ramin Tehranchi</i>
K13 12:15 – 12:30	Konya Şehir Merkezi Yerleşiminde Düşey Yönlü Değişim Analizi <i>Kemal Yurt, Erhan Cıvık</i>
K14 12:30 – 12:45	Yapay Çığ Makinelerinin CBS ile Yer Seçiminin Yapılması: Palandöken Örneği <i>Mehmet Alper Özcan, Mustafa Dihkan</i>
K15 12:45 – 13:00	Akıllı Telefon LiDAR Sensörü İle Elde Edilen Nokta Bulutlarının Doğruluğunun Değerlendirilmesi <i>Cemali Altuntaş, Duygu Arıcan, Okan Yılmaz</i>
13:00 – 14:00	ÖĞLE YEMEĞİ ARASI

14:00 – 16:50	7. Oturum: KONUM BELİRLEME VE UYGULAMALAR <i>Oturum Başkanları: Prof. Dr. Ertan GÖKALP (KTÜ)</i>
K1 14:00 – 14:10	Deprem Sonrası Kadastro Parsel Koordinatlarının Bilinear Mapping ile İncelenmesi <i>Cahit Tağı Çelik, Kutalmış Gümüş</i>
K2 14:10 – 14:20	Türkiye'de il ve ilçelere ait bölgesel dönüşüm parametreleri olmaksızın Lambert Konform Konik (LKK) Tasvirinde jeodezik doğrulukla iki boyutlu ITRF96-ED50 Datum Dönüşümü <i>Şakir Levent Şahin, Faruk Yıldırım</i>
K3 14:20 – 14:30	GNSS Ölçüleri ile Yalova Hacı Mehmet Ovası Tektonik Hareketlerin İzlenmesi <i>Cansu UYSAL, Kemal YURT</i>

K4 14:30 – 14:40	Bingöl İli DepremSELLİĞİ ve Olası Deprem Durumunda Mücavir Alan İçerisinde Oluşabilecek Kayıplar Seyhan FIRAT SUNUM YAPILMAMIŞTIR
K5 14:40 – 14:50	GNSS-IR TekniĞİ ile Deniz Seviyesi DeĞişiminin İzlenmesinde Kalite DeĞerlendirmesi Cansu Beşel HatipoĞlu, Emine Tanır Kayıkçı
K6 14:50 – 15:00	Deprem Bölgesinde En Uygun Okul Yer Seçim Analizi: Elazığ Merkez ÖrneĞi Mehmet Sait Şen, Utkan Mustafa Durdağ SUNUM YAPILMAMIŞTIR
K7 15:00 – 15:10	Karadeniz İçin Derin Öğrenme Tabanlı Deniz Seviyesi Erken Uyarı Sistemi Ahmet YavuzdoĞan, Emine Tanır Kayıkçı
K8 15:10 – 15:20	Derin Öğrenme Algoritmaları İle Heyelan Duyarlılık DeĞerlendirmesi: Murgul (Artvin) ÖrneĞi Ziya Usta, Alper Tunga Akın, Halil Akıncı
15:20 – 15:30	ARA
K9 15:30 – 15:40	Gerçek Zamanlı Kinematik PPP TekniĞİ ile Deprem Merkez Üssü Kestirimi: 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık ve Elbistan) Depremleri ÖrneĞi Furkan Soğukkuyu, Sinan Birinci, Mehmet Halis Saka
K10 15:40 – 15:50	Google Earth Engine ve Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Orman Yangın Alanı Analizi: MuĞla-KöyceĞiz ÖrneĞi Şule Yaman, Esra Tunç Görmüş
K11 15:50 – 16:00	Uydu Görüntüleri Kullanılarak Orman Yangın Alanlarındaki Hasar Tespiti ile Arazi ve Toprak Örtüsündeki Zamansal DeĞişim Betül KırımlıoĞlu
K12 16:00 – 16:10	SENTINEL 1A Uydu Radar Verilerini Kullanılarak SarıĞöl Bölgesinin Deformasyonunun Belirlenmesi, Fatma Nur Kargın, Fatih Poyraz
K13 16:10 – 16:20	Analog Kadaastro Haritalarında Konumsal Duyarlılığın Önemi Okan Yıldız, Ayşen Baytar
K14 16:20 – 16:30	Optimum Sabit GNSS Ağlarında Uyuşumsuz Ölçülerin Klasik Yöntem ve Robust Kestirim Yöntemi İle Belirlenmesi Mert Özden, Ayşen Aslan, Mualla Yalçinkaya SUNUM YAPILMAMIŞTIR
K15 16:30 – 16:40	Deniz Seviyesi DeĞişimlerinin Mareograf Verileri İle Araştırılması Nazan Yılmaz, Edanur Akbulut SUNUM YAPILMAMIŞTIR
K16 16:40 – 16:50	Lokal Jeoid Modellemede Yapay Sinir Ağı Eğitim Algoritmalarının Karşılaştırılması Merve Ocak, Leyla Çakır
K17 16:50 – 17:00	Çift Frekanslı Akıllı Telefonların Baz UzunluĞu Belirlemede Kullanılabilirliğinin İncelenmesi Hüseyin Pehlivan, Barış Karadeniz
14:00 – 17:45	EĞİTİM KTÜ Harita MühendisliĞi Bölümü Bilgisayar Laboratuvarı
14:00 – 15:45	Teori ve Uygulama: "Afet kaynaklı jeodezik sinyallerin analizinde filtreleme teknikleri" Doç. Dr. Kamil Teke, Hacettepe Üniversitesi, Geomatik MühendisliĞi Bölümü
15:45 – 16:00	ARA
16:00 – 17:45	Teori ve Uygulama: "Yerelektrik sinyalleri ile depremlerin izlenmesi" Doç. Dr. Mustafa Ulukavak, Harran Üniversitesi, Harita MühendisliĞi Bölümü
17:00 – 18:00	KAPANIŞ

BİLDİRİ ÖZETLERİ / ABSTRACTS

1.Oturum: AFETLER VE AFET YÖNETİMİNE JEODEZİNİN KATKILARI Session 1: Contributions of Geodesy in Disasters and Disaster Management

Doğu Karadeniz Özelinde Taşkınlar ve Taşkın Yönetimi <i>Cengiz Han Kılıçaslan, (DSİ 22. Bölge Müdürü), Davetli Konuşmacı</i>	3
Şubat 2023 Depremlerinin Bölgede Oluşturduğu Etkiler ve Yapay Zeka ile Afet Yönetim Planlaması <i>Uğur Doğan, Nabi Yüzer, vd. Davetli Konuşmacı</i>	5
Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünce Kahramanmaraş Depremleri Kapsamında Yürütülen Jeodezik Çalışmalar <i>Ömer Salgın, Fatih Balcioğlu, İbrahim Cankurt</i>	7
Sabit İstasyon Verilerinin Afet Yönetiminde Kullanımı <i>Meryem Aydın, Metin Soylu, İbrahim Cankurt</i>	8
Kadastro Parsellerinin Parsel Fabric Programı Kullanılarak Veri Kalitesinin Artırılması ve Dinamik Değerleme Yaklaşımının Değerlendirilmesi: Rubber Sheeting ve En küçük Kareler Dengeleme Yöntemleri Örnek Çalışma: UQ Kampüsü <i>Sümeyye Ebrahimi, Mustafa Arslan</i>	10
Afet Alanlarına Yönelik Müdahale Çalışmalarına Ölçme Teknolojilerinin Katkıları <i>Özgür Avcı</i>	11
GNSS Troposferik Düzeltmelerin InSAR Veri Analizine Uygulanması <i>Nihal Tekin Ünlütürk, Uğur Doğan</i>	13

2.Oturum: AFETLER VE AFET YÖNETİMİNE JEODEZİNİN KATKILARI Session 2: Contributions of Geodesy in Disasters and Disaster Management

Graben Kenarlarında Kurulu Yerleşim Alanlarını Tehdit Eden Sessiz Tehlike: Asismik Yüzey Deformasyonları <i>İbrahim Tiryakioğlu, Çağlar Özkaymak, Veli Başaran</i>	15
Yerelektrik Değişimlerin Analizi ile Doğu Anadolu Fay Zonu ve Civarındaki Sismik Aktivitelerinin İzlenmesi ve Deprem Erken Uyarı Sisteminin Kurulabilirliğinin Araştırılması: TÜBİTAK 122Y365 <i>Mustafa Ulukavak, Dursun Akaslan, Ali Kirçay, Hakan Karsli, Serkan Öztürk, Mualla Yalçinkaya, Sabri Mert İnanc, Hatice Turap, Ömer Faruk Rençber</i>	17
Yüzey Deformasyonlarının Analizleri: Mw 7.7 ve Mw 7.6 Büyüklüğündeki Kahramanmaraş Depremleri Örneği <i>Pakize Küreç Nehbit</i>	19
Gerçek Zamanlı Kinematik PPP Tekniği ile Deprem Büyüklüğünün Kestirilmesi: 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık ve Elbistan) Depremleri Örneği <i>Sinan Birinci, Furkan Soğukkuyu, Mehmet Halis Saka</i>	21

Farklı Uydu Sistemleri ve Ölçü sürelerinin Yer Kabuğu Hareketlerini Belirleme Performansların Karşılaştırılması <i>Cevat İnal, Tunahan Gündoğan, Sercan Bülbül</i>	23
InSAR Verilerinin Hızlı Fourier Dönüşümü ile Zaman Seri Analizi: Gediz Grabeni Örneği <i>Yavuz Gül, Kemal Özgür Hastaoğlu, Fatih Poyraz, Hediye Erdoğan, Hüseyin Duman, Yavuz Gül</i>	25
Paleo Heyelan Sahasındaki Kaya Bloğuna İlişkin Potansiyel Kaya Düşmesi Senaryolarının Üretilmesi ve Risklerin İrdelenmesi <i>Fatih Kadı, Murat Karahan, Alper Tunga Akın</i>	27
6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerin Oluşturduğu Hasarlarının Zemin Yapısı ve Özellikleri İle İlişkisinin Jeofizik Ölçümlerle Ön İncelemesi <i>Hakan Karslı, Ali Erden Babacan, Özgenç Akın</i>	29
3.Oturum: GRAVİTE ALANI Session 3: Gravity Field	
Remote Sensing of Gravity for Earth Science Applications: GRACE, GRACE-FO and Beyond <i>Himanshu V. Save, Davetli Konuşmacı (Çevrimiçi)</i>	32
Progress on Satellite Gravimetry in China <i>Feng Wei, Davetli Konuşmacı (Çevrimiçi)</i>	33
GRACE Zaman Serilerinde Uzun Dönemli Periyodik Sinyalin İncelenmesi <i>Özge Güneş, Cüneyt Aydın</i>	34
Kıyı Uydu Altimetresi Ve Mareograf Ölçüleri İle Hesaplanan Deniz Seviyesi Hızlarının Ege Denizi Doğu Kıyı Bölgesinde Karşılaştırılması <i>Mehmet Emin Ayhan, Ömür Engin Demirkol</i>	36
Gravite Alanı Modellemede Büyük Veri Analitiği Uygulamaları: Arazi Düzeltmelerinin Paralel Değerlendirilmesi <i>Aydın Üstün, Sevda Olgun, Orhan Akyılmaz</i>	38
Arazi Düzeltmesinin ve Yanal Yoğunluk Değişimlerinin Gravimetrik Jeoitteki Etkisinin İncelenmesi <i>Sevda Olgun, Aydın Üstün, Orhan Akyılmaz</i>	40
Gelişen Teknolojiler Işığında Türkiye’de Yerel Astrojeodezik Geoit Belirlemek <i>Fuat Cansever, Müge Albayrak, Mustafa Tevfik Özlüdemir</i>	42
Kara Araçlarıyla Çoklu Sensör Entegrasyonu ile Çekül Sapması Bileşenlerinin Belirlenme Potansiyeli <i>Yunus Aytaç AKDOĞAN, Murat DURMAZ, Hasan YILDIZ</i>	44
Düşey Kontrol Açısından GNSS/Nivelman Noktalarının Önemi: 20 Yıllık Perspektif <i>Aydın Üstün</i>	46

4.Oturum: REFERANS KOORDİNAT SİSTEMLERİ

Session 4: Reference Coordinate Systems

The 3rd realization of the International Celestial Reference Frame 3 (ICRF3) <i>Robert Heinkelmann, Davetli Konuşmacı (Çevrimiçi)</i>	49
Earth Orientation Parameters (EOP) – a general talk <i>Robert Heinkelmann, Davetli Konuşmacı (Çevrimiçi)</i>	50
ITRF2020 and usage of its station position kinematic model <i>Zuheir Altamimi, Paul Rebischung, Xavier Collilieux, Laurent Métivier, Kristel Chanard, Davetli Konuşmacı (Çevrimiçi)</i>	51
6 Şubat Kahramanmaraş Depremlerinin Ulusal 3 Boyutlu Referans Ağlarındaki Etkileri <i>Ali İhsan Kurt, Tunahan Gündoğan, Selçuk Peker, Özgür Özel, Davetli Konuşmacı</i>	52
Türkiye’de Düşey Koordinat Referans Çerçevesinin Belirlenmesine İlişkin Çalışmalar <i>Erdoğan Sezen, Ali İhsan Kurt, Davetli Konuşmacı</i>	54
CGPS Günlük Koordinat Zaman Serilerinin Birleştirilmesi ve GPS Hızlarının Kestirimi <i>Mehmet Emin Ayhan</i>	56

5.Oturum: JEODİNAMİK

Session 5: Geodynamics

Havran-Balıkesir Fay Zonunda Potansiyel Deprem Büyüklüklerinin Belirlenmesi <i>Eda Esma Eyübagil, İbrahim Tiryakioğlu, Halil İbrahim Solak, Hasan Hakan Yavaşoğlu, Cemal Özer Yiğit, Bahadır Aktuğ, Çağlar Özkaymak, Mehmet Ali Uğur, Ece Bengünaz Çakanşimşek</i>	59
Artçı Depremler Öncesinde Görülen Jeoelektrik Anomalileri: 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri Sonrası <i>Mustafa Ulukavak, Sabri Mert İnanc</i>	61
6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinin (Mw 7.7 ve Mw 7.6) Deprem Anı (Kosismik) Yer Değiştirmeleri ve Kayma Dağılımlarının GNSS Tekniği ile Belirlenmesi <i>Ali Özkan, Halil İbrahim Solak, İbrahim Tiryakioğlu, Murat Doruk Şentürk, Bahadır Aktuğ, Cemil Gezgın, Fatih Poyraz, Hüseyin Duman, Frédéric Masson, Göksu Uslular, Cemal Özer Yiğit, Hasan Hakan Yavaşoğlu</i>	62
Doğu Anadolu Fay Zonu’nun (DAFZ) Erkenek ve Sürgü Segmentlerinin Deprem Davranışının Çok Disiplinli Yöntemlerle İncelenmesi: GNSS Çalışmaları <i>İbrahim Tiryakioğlu, Ercan Aksoy, Halil İbrahim Solak, Fatih Poyraz, Cemil Gezgın, Eda Esma Eyübagil, Ece Bengünaz Çakanşimşek, Ergin Dönmez, Kayhan Aladoğan, Kemal Özgür Hastaoğlu, Hüseyin Duman, Hasan Sözbilir, Orhan Tatar, Fikret Koçbulut, Mustafa Softa, Serap Çolak Erol, Elif Akgün, Mehmet Yüksel</i>	64

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinin Hasan Dağı Volkan İzleme İstasyonlarına Etkilerinin İncelenmesi <i>Cemil Gezgin, Hacı Murat Yılmaz, İbrahim Tiryakioğlu, Hediye Erdoğan, Süleyman Sefa Bilgilioglu, Esra Gürbüz, Osman Orhan, Alper Gürbüz, Halil İbrahim Gündüz, Gökhan Atıcı, Cezmi Türkmen, Erkan Yıldırım, Selami Kılıçel, Kaan Öcal</i>	66
Seferihisar depreminin neden olduğu İyonoserik Anamolilerin İncelenmesi <i>Sercan Bübül, Fuat Başçıftçı, Cevat İnal, Tunahan Gündoğan</i>	68
30 Ekim 2020 Mw: 6.9 Sisam Depremi Sonrası İzmir ve Çevresindeki Postsismik Deformasyonun İzlenmesi <i>Halil İbrahim Solak, İbrahim Tiryakioğlu, Bahadır Aktuğ, Sefa Yalvaç, Cemal Özer Yiğit, Ergin Dönmez, Ertuğrul Demirelli, Eda Esma Eyübagil, Ece Bengünaz Çakanşimşek</i>	70
GRACE/GRACE-FO Uydu Verileri ile Fırat-Dicle Nehri Su Kütlesi Değişiminin Zaman Serisi Analizi <i>Murat Bektaşoğlu, Emine Tanır Kayıkçı</i>	72
6.Oturum: KONUM BELİRLEME VE UYGULAMALAR <i>Session 6: Positioning And Applications</i>	
TUSAGA-Aktif Jeodezik Alt Yapısının Güçlendirilmesi <i>Ayhan Cingöz</i>	75
Filistin Ulusal Jeodezik Referans Çerçevesinin Oluşturulması <i>Coşkun Demir, Ali Kılıçoğlu, Saed Ideas, Mohammad Maraheel, Omar Abusharar, Samuel Awawdi</i>	77
Türkiye'nin Antarktika Kıtasındaki İlk Sabit GNSS İstasyonu: Dismal (DISM) İstasyonu <i>Özgür Özel, Yusuf Ural, Abdullah Kellevezir, Tunahan Gündoğan, Faruk Yalçın, Selçuk Peker, Soner Özdemir, Hakan Kılınç, İbrahim Cihan Demirel, İlyas Akpınar</i>	78
Arktik Kutup Bölgesindeki Farklı Jeomanyetik Etkiler Altında Tek-Frekanslı Hassas Nokta Konum Belirleme (SF-PPP) Tekniğinin Konum Belirleme Performansının Araştırılması <i>Çağan Soysal, Mert Bezcioglu</i>	79
Türkiye kıyılarında deniz seviyesi değişiminin GNSS-IR yöntemine dayalı olarak belirlenmesi <i>Cemali Altuntaş, Nursu Tunahioğlu, Taylan Öcalan, İbrahim Haktan Keskin, Özgür Özel, Erdinç Sezen, Ali İhsan Kurt</i>	81
GPS Meteorolojisi İle Elde Edilen Yağışa Dönüştürülebilir Su Buharının Önemi ve Hava Tahmininde Kullanılması <i>Özkan Kocaaslan, Ekrem Tuşat</i>	83
Düşük Maliyetli GNSS Sistemlerinin Jeodezik Uygulamalarda Kullanımı <i>Burak Akpınar, Cüneyt Aydın, Nedim Onur Aykut, Seda Özarpacı, Fahri Karabulut, Güldane Oku Topal, Özge Güneş</i>	84
Simülasyon, Optimizasyon ve Kestirim <i>Orhan Kurt</i>	86

Jeodezik Veriler Kullanılarak 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinin Ardından (Mw 7.7 - Mw 7.6) Post-Sismik Kabuk Deformasyonlarının Web Tabanlı Açık Kaynak Kodlu Yazılımla Araştırılması <i>Mehmet Bak, Rahmi Nurhan Çelik</i>	88
Gerçek-Zamanlı Varyometrik Yaklaşım Değerlendirme Yazılımı: PPPH-VA <i>Berkay Bahadır, Mert Bezicioğlu, Cemal Özer Yiğit</i>	90
Deprem Sonucu Oluşan Deformasyon Alanının Kümeleme Yöntemiyle Araştırılması <i>Seda Özarpacı</i>	92
Simüle edilmiş GNSS zaman serilerinde beyaz gürültü yaklaşımında dalgacık varyans kullanılması <i>Khosro Moghtasad-Azar, Emine Tanır Kayıkçı., Ramin Tehranchi</i>	93
Konya Şehir Merkezi Yerleşiminde Düşey Yönlü Değişim Analizi <i>Kemal Yurt, Erhan Civecik</i>	95
Yapay Çıg Makinelerinin CBS ile Yer Seçiminin Yapılması: Palandöken Örneği <i>Mehmet Alper Özcan, Mustafa Dihkan</i>	96
Akıllı Telefon LiDAR Sensörü İle Elde Edilen Nokta Bulutlarının Doğruluğunun Değerlendirilmesi <i>Cemali Altuntaş, Duygu Arıcan, Okan Yılmaz</i>	98

7.Oturum: KONUM BELİRLEME VE UYGULAMALAR
Session 7: Positioning And Applications

Deprem Sonrası Kadastro Parsel Koordinatlarının Bilinear Mapping ile İncelenmesi <i>Cahit Tağı Çelik, Kutalmış Gümüş</i>	101
Türkiye’de il ve ilçelere ait bölgesel dönüşüm parametreleri olmaksızın Lambert Konform Konik (LKK) Tasvirinde jeodezik doğrulukla iki boyutlu ITRF96-ED50 Datum Dönüşümü <i>Şakir Levent Şahin, Faruk Yıldırım</i>	103
GNSS Ölçüleri ile Yalova Hacı Mehmet Ovası Tektonik Hareketlerin İzlenmesi <i>Cansu UYSAL, Kemal YURT</i>	105
GNSS-IR Tekniği ile Deniz Seviyesi Değişiminin İzlenmesinde Kalite Değerlendirmesi <i>Cansu Beşel Hatipoğlu, Emine Tanır Kayıkçı</i>	107
Karadeniz İçin Derin Öğrenme Tabanlı Deniz Seviyesi Erken Uyarı Sistemi <i>Ahmet YAVUZDOĞAN, Emine TANIR KAYIKÇI</i>	109
Derin Öğrenme Algoritmaları İle Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi: Murgul (Artvin) Örneği <i>Ziya USTA, Alper Tunga AKIN, Halil AKINCI</i>	110

Gerçek Zamanlı Kinematik PPP Tekniği ile Deprem Merkez Üssü Kestirimi: 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık ve Elbistan) Depremleri Örneği, <i>Furkan Soğukkuyu, Sinan Birinci, Mehmet Halis Saka</i>	112
Google Earth Engine ve Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Orman Yangın Alanı Analizi: Muğla-Köyceğiz Örneği <i>Şule Yaman, Esra Tunç Görmüş</i>	114
Uydu Görüntüleri Kullanılarak Orman Yangın Alanlarındaki Hasar Tespiti ile Arazi ve Toprak Örtüsündeki Zamansal Değişim, <i>Betül Kırımlioğlu</i>	115
SENTINEL 1A Uydu Radar Verilerini Kullanılarak Sarıgöl Bölgesinin Deformasyonunun Belirlenmesi, <i>Fatma Nur Kargın, Fatih Poyraz</i>	117
Analog Kadastro Haritalarında Konumsal Duyarlılığın Önemi <i>Okan Yıldız, Ayşen Baytar</i>	119
Lokal Jeoid Modellemede Yapay Sinir Ağı Eğitim Algoritmalarının Karşılaştırılması <i>Merve Ocak, Leyla Çakır</i>	121
Çift Frekanslı Akıllı Telefonların Baz Uzunluğu Belirlemede Kullanılabilirliğinin İncelenmesi <i>Hüseyin Pehlivan, Barış Karadeniz</i>	123

BİLDİRİ ÖZETLERİ

ABSTRACTS

1. OTURUM

AFETLER VE AFET YÖNETİMİNE JEODEZİNİN KATKILARI

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Uğur Doğan

CONTRIBUTIONS OF GEODESY TO DISASTERS AND DISASTER MANAGEMENT

Convenors: Prof. Dr. Uğur DOĞAN



Doğu Karadeniz Havzası Özelinde Taşkınlar ve Taşkın Yönetimi

Cengiz Han KILIÇASLAN¹, ✉

¹ Devlet Su İşleri 22. Bölge Müdürlüğü

✉ basin@dsi.gov.tr

Özet

Doğu Karadeniz Havzası Özellikleri ve Meydana Gelen Taşkınların Nedenleri

Doğu Karadeniz Havzası, meteorolojik özellikleri ve topoğrafik yapısı nedeniyle sık sık taşkınlarla maruz kalmakta ve yerleşim yerleri genellikle taşkın alanlarında bulunmaktadır. Geçmişten bugüne yaşanan taşkınlar pek çok insanın ölümüne, yaralanmasına ve çeşitli şekillerde sağlıklarının bozulmasına neden olmakta; her yıl milyarlarca TL taşkınlardan kaynaklanan zararın azaltılmasına ve yaraların kapatılmasına harcanmaktadır. Doğu Karadeniz Havzasında yaşanan bu taşkınların gerek ekonomik gerek can kaybı açısından boyutu, fiziki ve iklimsel koşulları nedeniyle Türkiye'deki diğer havzalardan daha fazladır. Taşkınlar meydana gelirken genellikle beraberinde heyelan da oluşmaktadır. Heyelanlar bazı durumlarda direkt taşkına neden olmuş, bazı durumlarda ise taşkın sonucu meydana gelmiş; her iki durumda da taşkın afetinin boyutlarını artırıcı etki göstermiştir. Yaşanan taşkın afetlerinin başlıca nedenleri doğal ve yapay nedenler olarak ele alınabilmektedir. Doğal nedenler, yağış rejimi ve topoğrafya ile heyelanları etkileyen jeolojik yapıdır. Yapay nedenler ise, dere yataklarına yapılan olumsuz müdahalelerdir. Bunun yanında, heyelan olaylarını etkileyen ormanlık alanların tarım alanlarına dönüştürülmesi de yapay nedenler arasında yer almaktadır.

Meydana gelen taşkınların başlıca nedenleri;

Sediment Taşınımı: Eğimli yamaç ve akarsulardan oluşan bölgede, özellikle yan derelerden ve küçük akarsu havzalarından önemli ölçüde sediment taşınımı olmaktadır. Bölgede ormanların yok edilip yerine çay ve fındık gibi yüzeysel erozyonda daha az etkin olan bitki örtüsünün geliştirilmesi sonucunda ciddi boyutlara ulaşan erozyon, dik eğimli arazilerde yağmur ve eriyen kar sularının, toprakların sızma kapasitesinin aşılması neticesinde yüzey akışına geçerek toprağı aşındırıp taşınması şeklinde olmaktadır. Şiddetli yağışlar hem akarsu taban ve şevlerinde ve hem de arazide çok büyük miktarda ve oldukça iri boyuttaki (iri çakıl, taş ve kaya) katı maddelerin yerinden sökülüp akım hızının az olduğu akarsu kesitlerinde birikmesine yol açmaktadır. Sedimentin yanı sıra, ağaç blokları ve köklerinin de önemli bir sorun teşkil ettiği gözlenmektedir. Akarsu kesitlerinin daralması ve bazen tamamen bloke edilmesi sonucunda taşkın suları kesitten taşmakta, bu aşamada sedimenti de taşıyarak civar alanlarda katı madde birikmesine sebep olmaktadır. Yüzey erozyonu ve bunun sonucunda oluşan sediment taşınımını azaltmak için çeşitli yapısal önlemler alınabilir. Bu kapsamda alınabilecek ilk ve en önemli önlem; tarım, mera ve orman alanlarında tabiatla bozulmuş dengenin yeniden oluşturularak yüzey akışlarının önlenmesi ve toprağın korunması gayesiyle, teraslama ve ağaçlandırma gibi arazi ıslahı önlemlerinin uygulanmasıdır.

Heyelan: Havzada görülen heyelanların temel sebebi yüksek eğimlere sahip yamaçların bulunması olmakla birlikte, bu heyelanları tek sebebe bağlamak doğru bir yaklaşım değildir. Bölgenin kuzey yamaçlarında görülen yüksek yağış değerleri ve yağış tipleri güçlü akışların oluşmasına, dolayısıyla vadilerin derinleşmesine ve yamaçların dikleşmesine yol açmıştır. Şiddetli yağışlar aynı zamanda yüzeysel erozyona da sebep olmaktadır. Erozyon ve rüsubat hareketinin önlenmesi, suyun aşındırma gücü ile dere yatağı direnci arasında denge kurmayı gerektirir ki bu sonucu elde etmenin yolu dere yatağı eğimini, böylece suyun hızı ve aşındırma gücünü azaltmaktır. Bu maksatla yan derelerde ıslah sekileri, tersip bentleri, taban kuşakları ve britler inşa edilmektedir. Boyuna yapılar inşa ederek dere yatağı direnci artırılmaktadır. Eğer havzadan kaynaklanan rüsubat kontrol edilemiyorsa depolanması maksadıyla tersip bentleri inşa edilmektedir. Ancak tersip bentlerinin memba tarafları kısa sürede dolmakta olup, biriken malzemenin buradan uzaklaştırılması amacıyla, ince malzemenin mansaba aktarılıp iri malzemenin tutulduğu geçirgen tersip bentleri ve sel tırmığı uygulamaları yapılmaktadır. Köprü ve Menfezlerin Tıkanması: Taşkın sonrasında gözlenen en önemli problemlerden biri de köprü

ve menfez gibi sanat yapılarının yetersiz kalarak tıkanmasıdır. Köprü ve menfez açıklıklarının yetersiz olduğu durumlarda özellikle ağaç kökleri ve gövdeleri kesitleri tıkamaktadır. Köprülerdeki tıkanma sonucunda mimbada su birikmesi olmakta; zamanla basıncın artmasıyla biriken maddelerin sürüklenmesi sonucunda biriken su hızla mansaba doğru akmakta ve bir çeşit barajlanma etkisi yaparak akarsu kesitlerinden taşkınlara sebep olmaktadır. Benzer şekilde, menfezlerin tıkanması da mimbadaki kesitlerde suyun kabarmasına ve taşmasına yol açmaktadır. Önlem olarak; hem kesitlerin yeterli büyüklükte yapılması, hem de ağaçların sürüklenmesinin önlenmesi bu sorunların çözümünde önemli katkılar sağlayacaktır.

Taşkın Zararlarını Azaltma Önlemleri

Doğu Karadeniz Havzasındaki dağınık ve plansız yerleşimlerin dere yataklarına ve taşkın alanlarına yoğunlaşması, taşkın kontrol ihtiyacını da arttırmaktadır. Havzadaki taşkınlarının sebeplerine bakıldığında en büyük etmenin dere yataklarına insan müdahalesi ve taşkın alanlarına yapılan yerleşimler olduğu görülmektedir. Bu kapsamda halkı bilinçlendirmek ve farkındalık oluşturmak hem doğru ve etkili hem de yapısal tedbirlere göre çok daha ucuz bir yöntemdir. Bu amaçla DSİ 22. Bölge Müdürlüğü(Trabzon) kampüs alanında “Taşkın sebep olmamak” ve “Taşkın anında davranış” konularında kamuoyu bilincinin artırılması ilkesi ile taşkın müzesi faaliyete geçirilmiştir. 17 farklı istasyondan oluşan müzede; taşkın tetikleyici heyelanlar, klasik ve yenilikçi taşkın ve rüsubat kontrol tipleri, interaktif nehir ve şehir taşkın maketleri, hidrolik modeller, sanal gerçeklik odası, tarihi afetlerin maketleri, deneysel setler ve taşkın erken uyarı sistemi bu bölümlerden bazılarıdır. Havzadaki taşkınlarının sebeplerine bakıldığında en büyük etmenin dere yataklarına insan müdahalesi ve taşkın alanlarına yapılan yerleşimler olduğu görülmektedir. Taşkın Erken Uyarı Sistemleri taşkınların, yerleşim yerlerine ulaşmadan önce, su yükselmelerine bağlı olarak tespit edilip, yerel yönetimlerin ve yerleşim yeri sakinlerinin uyarılması ve ilgili kurum ve kuruluşların bilgilendirilerek erken müdahale olanağının sağlanması özellikle can kayıplarının önlenmesi için büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda DSİ 22. Bölge Müdürlüğümüz görev ve sorumluluk sahasında 125 adet tesis kurulmuştur. Bunun dışında klasik taşkın kontrol tesislerinin yanında havzanın ihtiyaçları doğrultusunda geliştirilen yenilikçi projeler de yaygınlaştırılmaktadır. Ayrıca, dere yataklarının rüsubat temizliği rutin olarak devam ettirilerek, yatak kapasitesi de arttırılmaktadır. DSİ’ce her ne kadar hem yapısal hem de yapısal olmayan önlemler alınsa da yerleşim yerlerinde yüzeysel sular kaynaklı olan ve yetersiz altyapı drenaj şebekeleri nedeniyle oluşan şehir taşkınları için belediyelerce önlem alınması ve yağmursuyu şebekelerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Şubat 2023 Depremlerinin Bölgede Oluşturduğu Etkiler ve Yapay Zeka ile Afet Yönetim Planlaması

Effects of February 2023 Earthquakes in the Region and Disaster Management Planning with Artificial Intelligence

Doğan Uğur¹, Yüzer Nabi, Acar Uğur, Akbaba Mehmet Fatih, Akbulut Tolga, Akgün Cem, Akın Oya, Akkaya Hasan Cem, Akpınar Burak, Aktaş Zeynep, Alacalı Sema, Aladağ Hande, Alçura Güzin A., Alemdar Fatih, Alemdar Zeynep, Alp Selçuk, Arabul Ahmet Yiğit, Arabul Fatma Keskin, Arslan Güray, Atabay Zeynep Ece, Avlar Erkan, Ayaşlıgil Tülay Erbesler, Aydın Enes, Aydın Nezir, Aydiner Mehmet Fatih, Aydoğan Mehmet Sefa, Ayvaz Yusuf, Bakırman Tolga, Baycar Muhammet Kazım, Bayrak Onur Can, Bekiroğlu Nur, Bekiroğlu Serkan, Bildirici Melike Elif, Bilgili Atakan, Bilgili Mehmet Sinan, Bingöl Buse, Büyüksöy Didem Çolak, Çakır Özgür, Çakmakçı Mehmet, Çelik Reşit, Çiftçi Aynur, Dağ Birkan, Darendeli Tuğçe, Demir Ahmet, Demirbağ Alperen T., Demirci F. Samet, Demirdöğen Gökhan, Doran Bilge, Durmaz Tunç, Elmas Melis B., Ercan Tuğçe, Erdinç Ozan, Erenoğlu Ayşe Kübra, Erkan Nilgün Çolpan, Erpay M. Yavuzhan, Ersoy Şükrü, Ertaş Büşra, Ertürk Nevra, Eryüz Elif, Geçici Ebru, Gökçek Tayfur, Görgülü Tülin, Gülgen Fatih, Gürsoy Mustafa, Işık Zeynep, Karaağaç Zahide Gül, Karabaş Miray, Karakaş Mesut, Katrancı Ali Barış, Kayıkçı Fazıl, Kılıç Ali, Kılıç Batuhan, Kılıç Havvanur, Kırçıl Murat Serdar, Koç Ercan, Koç Kerim, Koçak Ali, Koçlardan Pınar, Korkmaz Ezgi, Köylü Nefise Burcu Yağan, Kuruşçu Ali Osman, Limoncu Sevgül, Obdan Atiye Hülya, Okudan Ozan, Okumuş Deniz Erdem, Özarpacı Seda, Özdemir Alpay, Özdemir Hafsa, Özdoğru Emine, Özen Halit, Özen Ömercan, Özener Pelin, Özkaya Bestami, Özmertyurt Gamze, Sakarya Adem, Saral Merve, Satıcı Begüm, Satıcı Seydi Ahmet, Sel Berna Dikçınar, Selçuk Murat Ergenekon, Sevim Barış, Sezen Efe Haşim, Şahin Onur, Şanlı Füsun Balık, Şeker Şükran, Şimşek Güllhayat Gölbaşı, Taşkıran Murat, Tonaroğlu Murat, Turgut Sırma, Tuzkaya Umut Rıfat, Türk Oruç Kaan, Uğuryol Draşan, Uğuryol Mehmet Fevzi, Uzun Sefa, Uzuner Merve, Ünal Zeynep Gül, Ünsal Musa, Var Mustafa, Yardım M. Sinan, Yazgan Ayfer, Yenidoğan Cem Habib, Yergün Banu Ç., Yergün Uzun, Yıldırım H. Sueda, Yılmaz M. Ozan, Yılmaz Orkun, Yılmaz Sema, Yılmaz Tamer, Yöreş Füsün Çizmeci, Zengin İsmail Hakkı (Yazar listesi alfabetik sıra ile verilmiştir).

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

✉ dogan@yildiz.edu.tr

Özet

06.02.2023 tarihinde merkez üssü Pazarcık (Kahramanmaraş) olan Mw 7.7 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Yaklaşık 9 saat sonra yine Kahramanmaraş iline bağlı Elbistan ilçesinde Mw 7.6 büyüklüğünde ikinci bir deprem kaydedilmiştir. Ana şoktan sonra 3 gün içinde büyüklükleri 6,6'yı da içeren 1300'e yakın deprem daha kaydedilmiştir. 20 Şubat 2023 tarihinde ise merkez üssü Defne (Hatay) olan Mw 6.4 büyüklüğünde yeni bir deprem meydana gelmiş ve artçılar devam etmektedir. Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ) öğretim üyelerinden oluşan, aralarında arama-kurtarma yetkinliği de olan ekibin yaptığı ön değerlendirmelerde, çok sayıdaki yapının yıkıldığı ve çok sayıdaki canlının enkaz altında kaldığı; hayatta kalan insanların soğuk hava koşullarında barınma, yiyecek, içecek, ısınma, ulaşım, iletişim gibi birçok sorunla mücadele ettiği tespit edilmiştir. Birçok bölgeden hissedilen ve aynı anda 10 ilimizi birden etkileyen bu büyüklükteki bir felakette, afet yönetiminin ne kadar güç olduğu gözler önüne serilmiştir. Deprem kuşağında yer alan ülkemizde bu büyüklükteki afetler ile her zaman karşı karşıya kalınacağı bilinmekte ancak hazırlıklar konusunda yetersiz kalındığı anlaşılmaktadır.

Bu çalışmada, bölgede meydana gelen Şubat 2023 depremlerinin oluşturduğu etkilerin çok disiplinli yöntemler kullanılarak araştırılması amaçlanmaktadır. Bu amaç kapsamında, bölgenin depremselliği ve jeolojik durumu ortaya konularak, uzaktan algılama ve jeodezik yöntemler ile durum tespiti yapılacaktır. Depremden etkilenen ve aralarında kültür varlıkları ile müzelerin de yer aldığı yüzbinlerce yapıda hasar tespit çalışmaları için mevcut modeller irdelenecek; deprem sonrası geçici barınma sistemleri, hızlı-çoklu üretim teknikleri geliştirilecektir. Ayrıca, mevcut duruma yönelik yerleşime uygunluk ve planlama sürecinin değerlendirilmesi planlanan bu çalışmada, deprem bölgelerinde ulaşım hareketlilik süreçlerinin izlenmesi, içmesuyu ve atıksu altyapı sistemlerinin yönetimi, inşaat yıkıntı atıklarının ve bertarafına yönelik bölgelerin değerlendirilmesi, sosyoekonomik problemler, psikolojik

uyuma yönelik çalışmalar da yürütülecektir. Çalışma kapsamında elde edilecek sonuçlar kullanılarak afet sonrası yönetim için yapay zeka tabanlı bir karar destek aracı geliştirilecektir. Bu çalışma Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FBG-2023-5734 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Şubat 2023 Depremleri, Yapay Zeka, Afet Yönetimi, YTÜ.

Abstract

On February 6, 2023, a sequence of earthquakes hit Kahramanmaraş, Turkey, with a moment magnitude of $M_w = 7.7$ epicenters in Pazarcık and $M_w = 7.6$ in Elbistan at 4:17 am and 1:24 pm (GMT+3), respectively. Following two mainshocks, the recorded earthquakes in the region exceeded 1300 in three days, including an aftershock with magnitude $M_w=6.6$. On February 20, 2023, another earthquake struck Defne (Hatay) with $M_w=6.4$, in addition to continuing the aftershocks sequence. In the early days of the earthquake, a team consisting of Yıldız Technical University (YTU) faculty members and experts who are eligible for building inspection, search, and rescue operations made field observations. Preliminary findings of the YTU team were summarized as follows: many buildings in the affected region were collapsed or heavily damaged. Occupants were trapped under the rubble of the collapsed buildings, while survivors struggled with many issues such as shelter needs, severe weather conditions, lack of food and access to clean water, sanitation, damaged transportation infrastructures, and communication systems. A sequence of earthquakes and aftershocks have been felt in a large area considering the directly affected 11 provinces simultaneously, which has also pointed out the difficulties in the disaster management process. Türkiye is in an earthquake-prone region, and similar large-scale earthquakes will occur continuously. However, disaster mitigation and earthquake preparedness efforts are understood to be insufficient for such catastrophic events.

The primary goal of this scientific research study is to investigate the effects of February 2023 earthquakes by incorporating multi-disciplinary methods. Within the scope of the project, the seismicity and geological features of the region will be re-evaluated, and the current state will be determined using remote sensing and geodetic methods. Damage assessment and screening methods will be examined considering hundreds of thousands of buildings including cultural heritages and museums affected by February earthquakes; possible manufacturing processes for post-earthquake temporary shelters and rapid-multiple family dwellings will be investigated. In addition, the suitability of settlement and urban planning processes for the current situation, studies based on monitoring transportation mobility processes in the earthquake region, management of drinking water and wastewater infrastructure systems, evaluation of recycled construction demolition waste and disposal areas, socio-economic problems, and psychological adaptation will also be carried out in this study. The findings of the scientific research study will be incorporated to develop an artificial intelligence-based decision support system for post-disaster management activities. This work was supported by Yıldız Technical University Scientific Research Projects Coordination Unit under project number FBG-2023-5734.

Keywords: February 2023 Earthquakes, Artificial Intelligence, Disaster Management Planning, YTU.

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünce Kahramanmaraş Depremleri Kapsamında Yürütülen Jeodezik Çalışmalar

Geodetic Studies Carried Out by the General Directorate of Land Registry and Cadastre within the Scope of the Kahramanmaraş Earthquakes

Ömer SALGIN^{1,✉}, Fatih BALCIOĞLU², İbrahim CANKURT²

¹Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Çankaya-Ankara/Türkiye

²Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Çankaya-Ankara/Türkiye

³Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Çankaya-Ankara/Türkiye

✉osalgin@tkgm.gov.tr

Özet

Ülkemizde 06.02.2023 tarihinde Kahramanmaraş ili Pazarcık merkezli 7.7, Elbistan Merkezli 7.6 büyüklüğünde iki adet büyük deprem ile ardından çok sayıda artçı depremler meydana gelmiştir. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) deprem bölgesinde yürütülecek çalışmalar için vakit kaybetmeksizin harekete geçmiştir. Öncelikle, hasar tespit çalışmaları, çadırkent ve konteyner alanlarının belirlenmesi çalışmalarında koordinat birliğinin sağlanması, üretilecek olan harita ve harita bilgileri için ülke referans ağı olarak kullanılan Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif) Sisteminin kesintisiz çalışması ve tüm kullanıcıların sistemden ücretsiz faydalanması sağlanmıştır. Bu kapsamda; Kontrol Merkezi ile veri iletişimi kesilen Hatay, Ekinözü, Adıyaman, Şanlıurfa ve Siverek TUSAGA-Aktif Sabit GNSS İstasyonlarına çok kısa süre içerisinde sahada müdahale edilerek çalışır hale getirilmiştir. Deprem bölgesinde bulunan Sabit GNSS İstasyonlarının topladığı veriler ile pilye tesisli Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı (TUTGA) noktalarında yapılan test ölçüleri değerlendirilmiş ve deprem sonrası fay hareketlerinin etkisiyle arazide yaşanan kayıklıklar incelenmiş ve hareketlerin sonuçları yorumlanmıştır. TUSAGA-Aktif Sistemi deprem verileri, akademik camia ve diğer kurum ve kuruluşlarca da faydalanılması amacıyla, web portalı üzerinden herkese sunulmuştur. Deprem sonrası yürütülecek çalışmalarda altlık olarak kullanılması amacıyla diğer kurum ve kuruluşlar ile kurumumuz birimleri arasında koordinasyon sağlanarak, Ortofoto harita üretim çalışmalarına başlanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Kahramanmaraş, TUSAGA-Aktif, TUTGA, GNSS

Abstract

In Türkiye, two major earthquakes with magnitudes of 7.7 and 7.6 took place in Pazarcık and Elbistan, Kahramanmaraş on 06.02.2023, followed by many aftershocks. The General Directorate of Land Registry and Cadastre (TKGM) immediately took action for the works to be performed in the earthquake region. First of all, The CORS-TR System has been ensured to provide continuous service as the country reference network for the coordination of the works for the determination of tent cities and container areas, and the map and map information to be produced after the event and the system has been made available to all users free of charge. In this context, CORS-TR Stations, whose data communication with the Control Center has been cut off, have been made operational in a short time by intervening in the field. By evaluating the data collected by CORS-TR Stations and the test measurements at TUTGA pillar points, the fault movements after the event have been examined and the results of the movements have been interpreted. The earthquake data of CORS-TR has been made available to everyone through the web portal. Thus, it can be used in the research of the academic community, other institutions, and organizations. In order to use it as a base in the works to be carried out after the earthquake, coordination has been ensured between other institutions and organizations with TKGM, and Orthophoto map production studies have been started.

Keywords: Earthquake, Kahramanmaraş, CORS-TR, TUTGA, GNSS

Sabit İstasyon Verilerinin Afet Yönetiminde Kullanımı

The Role of Fixed Station Data in Disaster Management

Meryem Aydın^{1,*}, Metin Soylu², İbrahim Cankurt²

^{1,2} Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

*tk46535@tkgm.gov.tr

Özet

Ülkemiz, özellikle depremler, sel, yangın, ve heyelanlar gibi afetlerle sıkça karşılaşan bir coğrafyada bulunmaktadır. Afet yönetimi, bu tür olaylara karşı toplumun hazırlıklı olmasını, hızlı müdahaleyi hedefler ve jeodezi disiplini, afetlerin önlenmesi ve etkilerinin azaltılması için temel bir araçtır. TKGM Harita Dairesi Başkanlığı olarak HGM ile ortak olarak yürütülen TUSAGA-Aktif, Türkiye ve KKTC'de kesintisiz RTK hizmeti sağlayan, santimetre düzeyinde konum belirleme kapasitesine sahip geniş bir sabit GNSS Ağ sistemidir. Bu ağın oluşturduğu verilere dayalı olarak gerçekleştirilecek jeodezik faaliyetler, afet yönetimi alanında kritik bir rol oynayacaktır.

Bu bildiride, Almanya Bonn Üniversitesi'nde tamamladığım yüksek lisans tezimin bir kısmına yer verilmiştir. Mississippi Deltasında yer alan mareograf istasyonlarından alınan nehir ölçüm verileri modellenerek düşey yer değiştirme değerleri elde edilmiş ve bu değerler yine o bölgede yer alan sabit GPS istasyonlardan alınan düşey yer değiştirme değerleri ile karşılaştırılmıştır. İlk olarak Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon yöntemi kullanılarak uzamsal bir yüzey yükü oluşturulup, ardından bu yükleme nedeniyle meydana gelen düşey yer değiştirmeyi tahmin etmek için elastik yarı uzay modeli kullanılmıştır. Modellenen yüzeydeki değişimin istasyonlardaki değişimlerle doğru bir biçimde karşılaştırılabilmesi için önce GPS zaman serileri offsetler den arındırılmış ve değişen Young Modülü (E) değerleri kullanılmıştır. Modelden tahmin edilen deformasyon, GPS istasyonları ile genel olarak uyumlu olmakla birlikte, bazı istasyonlarda uyumsuzluk gözlemlenmiştir. Farklı yer modeli varsayımları ve enterpolasyon teknikleri kullanmak ve yine GPS zaman serilerini ofsetlerinden olabildiğince iyi ayıklamak modelden tahmin edilen sonuçları iyileştirmeye yardımcı olacaktır.

Yukarıda bahsi geçen tez çalışmamda kullanılan sabit GPS istasyonlarına ait veriler TUSAGA-Aktif Sabit GNSS ağındaki istasyonlardan sağlanabilir. Yapılacak çalışmalar, TUSAGA-Aktif Sisteminin afet yönetiminde kullanımına güzel bir örnek olacaktır.

Anahtar Kelimeler: TUSAGA-Aktif, Afet Yönetimi, Mareograf istasyonu

Abstract

Turkey is a country that is frequently exposed to natural disasters such as earthquakes, floods, fires, and landslides. Disaster management aims to prepare society for such events and to provide rapid response. The field of geodesy is a fundamental tool for the prevention and mitigation of disasters. TUSAGA-Aktif is a large fixed GNSS network that provides continuous RTK service in Turkey and Northern Cyprus. This network has the capacity to determine positions with centimeter accuracy. Geodetic activities based on the data generated by this network will play a critical role in disaster management.

This paper presents a section of the author's master's thesis, which was completed at the University of Bonn in Germany. Vertical Land Motion (VLM) values were obtained by modeling river measurement data from tide gauge stations located in the Mississippi Delta. These values were then compared to the displacement values obtained from fixed GPS stations in the same region. Firstly, a spatial surface load was created using an Inverse Distance Weighted (IDW) interpolation method. Then, the elastic half-space model was used to predict the vertical displacement caused by this loading. To ensure that the changes in the modeled surface could be accurately compared to the changes at the stations, the GPS time series were first corrected for offsets and the Young's modulus (E) values varied to use. The deformation estimated from the water load using the model was generally consistent with the GPS stations. However, some inconsistencies were observed at some stations. Using different Earth model assumptions and interpolation techniques, and further refining the GPS time series to remove offsets

will help to improve the results estimated from the model and will produce more consistent results with GPS data.

The data from the fixed GPS stations used in the above-mentioned thesis study can be obtained from the stations in the TUSAGA-Aktif fixed GNSS network. These studies will be a good example of the use of the TUSAGA-Aktif system in disaster management.

Keywords: CORS-TR, Disaster management, Tide gauges

Kadastro Parsellerinin Parsel Fabric Programı Kullanılarak Veri Kalitesinin Artırılması ve Dinamik Değerleme Yaklaşımının Değerlendirilmesi: Rubber Sheeting ve En küçük Kareler Dengeleme Yöntemleri Örnek Çalışma: UQ Kampüsü

Improving Data Quality of Cadastre Parcels Using Parcel Fabric Module and Evaluation of Dynamic Adjustment Approach: Rubber Sheeting and Least Squares Adjustment Methods Case Study: UQ Campus

Sümeyye Ebrahimi^{1,✉}, Mustafa Arslan^{1,2}

¹Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Dikmen/ANKARA

² Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Dikmen/ANKARA

✉ tk46534@tkgm.gov.tr, marslan@tkgm.gov.tr

Özet

Daha doğru konum bilgisi sağlayan doğru haritalama, modern toplumda arazideki temel hizmetleri sürdürmek için hayati bir ihtiyaçtır. İyi haritalanmış bir kadastro verisi sağlamak, kadastro temel bir bilgi katmanı olduğu için dünya üzerindeki tüm faaliyetleri yansıtmak ve yönetmek açısından önemlidir. Bu kapsamda Avustralya ve depreme konu olan ülkelerden Yeni Zelanda’da kadastro parsellerinin dengelenmesi yaklaşımı pratik ve teorik olmak üzere 2 farklı şekilde değerlendirilmiştir. Çalışmanın birinci kısmında Avustralya’da Queensland Üniversitesi’nin(UQ) St Lucia Kampüsü’nde küçük bir alan seçilerek, En Küçük Kareler Dengelemesi (LSA) ve Rubber Sheeting metodları kullanılarak ArcGIS’ in Parcel Fabric modülünde kadastro parsellerinin konumsal doğruluğunun artırılmasına yönelik daha sistemli bir yaklaşım uygulanmıştır. Deneysel çalışmanın ikinci kısmı Yeni Zelanda’da depremin neden olduğu yüzey değişikliğinin kadastro üzerindeki etkilerinin, mevcut literatür Grant(2015)’den hareketle tanıtılması ve koordinatların doğruluğunu iyileştirmek için kullanılan dinamik dengeleme yaklaşımının sonuçlarının değerlendirilmesini kapsar.

Bu deneysel araştırma, “Daha düşük maliyet ve çabayla daha iyi haritalar üretilebilir mi?” sorusuna cevap vermeyi amaçlamaktadır. Çalışmadaki temel yaklaşımların ülkemiz kadastro çalışmalarına da entegre edilmesi fayda sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Harita doğruluğu, Parsel Fabric, Dinamik dengeleme, UQ Kampüsü

Abstract

Accurate mapping that provides more accurate location information is a vital need in modern society to maintain essential services on the land. Providing a well mapped cadastral data is important in terms of reflecting and managing all activities in the world, as the cadastre is a basic information layer. In this context, the adjusting approach of cadastral parcels in Australia and New Zealand, one of the earthquake-prone countries, has been evaluated in two different ways as practical and theoretical.

In the first part of the study, a more systematic approach to increase the spatial accuracy of cadastral parcels was carried out in ArcGIS's Parcel Fabric module by selecting a small area in the St Lucia Campus of the University of Queensland (UQ) in Australia, using Least Square Adjustment(LSA) and Rubber Sheeting methods has been applied. The second part of the experimental study covers the introduction of the effects of earthquake-induced surface change on the cadastre in New Zealand, based on the current literature Grant(2015), and the evaluation of the results of the dynamic adjustment approach used to improve the accuracy of the coordinates.

This experimental research aims to answer the question “Can better maps be produced at lower cost and effort?”. It may be beneficial to integrate the basic approaches in the study into the cadastral studies of our country.

Keywords: Map accuracy, Parcel Fabric, Dynamic Adjustment, UQ Campus

Afet Alanlarına Yönelik Müdahale Çalışmalarına Ölçme Teknolojilerinin Katkıları

Contributions of Measurement Technologies to Response Activities for Disaster Areas

Özgür AVCI^{1,✉},

¹Özgür AVCI, Küçükbakkalköy Mh. Başöğretmen Cd. No:26 Ataşehir / İSTANBUL

✉ozguravci@sistemas.com.tr

Özet

Türkiye’de son yıllarda yaşanan doğal afetler, daha hazırlıklı olmamız gerektiği konusunda kurumları ve firmaları harekete geçirmiş, ve afetlerin etkilerinin azaltılmasına dönük olarak çalışmalar yürütülmeye başlanmıştır. Afetler öncesinde hazırlık sürecinde yürütülen çalışmalar ile birlikte, afet sırası ve hemen sonrasında yürütülen çalışmalarda Geomatik / Harita Mühendisliğinin sorumluluk alanındaki ölçme teknikleri önemli rol üstlenmektedir. Deprem odaklı yürütülen çalışmaların yanı sıra, son yıllarda etkisi fazlası ile hissedilen aşırı yağışlardan kaynaklı toprak kaymaları, ve etki alanlarındaki diğer mühendislik yapılarının izlenmesi çalışmalarında Geomatik / Harita mühendislik disiplini etkin yer almaktadır. Farklı teknik ve teknolojilerin bir arada kullanıldığı izleme çalışmalarında, konuma dayalı ölçme teknikleri; izlenen yapı, zemin ya da bölgenin hangi yönde ve hızda hareket ettiğine dair karar vericilere bilgiler sağlayabilmektedir. Afet öncesinde ve sonrasında yürütülen çalışmalar kadar afetlerin hemen sonrasında yürütülen çalışmalarda can ve mal kaybının azaltılması açısından büyük önem arz etmektedir. Bu bildiride, son yıllarda yaşadığımız büyük afetler sırasında elde ettiğimiz saha deneyimleri ile, arama kurtarma ve heyelan bölgelerinin rehabilitasyonu faaliyetlerine ölçme yöntemlerinin katkıları özetlenecektir. Saha deneyimlerimiz göstermiştir ki riskli yapıların ve heyelan bölgelerinin yakınlarında yürütülen arama kurtarma faaliyetleri, ekiplerin can güvenliğini tehlikeye atmamak için durdurulmuş ya da çalışmalar olması gerekenden daha dikkatli ve yavaş yürütülmüştür. Yapı ya da zemindeki hareketlerin izlenmesi, ekiplerin güvenliği açısından çok kritiktir. Seçilen yöntemler mimimetrik değişimlerin yüksek presizyonda tespit edilmesini sağlamaktadır. Motorize total stationlar, lazer tarayıcılar, jeoteknik donanımlar ve radar donanımları otomatik izleme sistemlerinin bir parçası olarak kullanıldıklarında, anlaşılır grafik ve sayısal verilerinin elde edilmesini sağlamaktadırlar. Böylece arama kurtarma ve heyelan rehabilitasyonu faaliyetlerin kesintisiz yürütülmesinde önemli katkılar sunulmaktadır. Dahası kritik bölgelerde ve yapılarda GNSS alıcıları, diğer jeoteknik sensörler ile birlikte kullanıldığında olay anının hemen sonrasında hareket miktarı yönü ve hızı ile ilgili anında bilgiler elde edilmesinde önemli katkılar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Gerçek-Zamanlı İzleme, Yapı Sağlığı İzleme, Arama Kurtarma,

Abstract

The natural disasters experienced in Turkey in recent years have mobilized institutions and companies to be more prepared, and studies have started to be carried out to reduce the effects of disasters. Along with the studies carried out in the preparation process before disasters, surveying techniques in the field of responsibility of Geomatics / Surveying Engineering play an important role in the operations carried out during and immediately after the disaster. In addition to earthquake-oriented studies, Geomatics / Geomatics engineering discipline takes an active role in the monitoring of landslides caused by heavy rainfall, which have been felt in recent years, and other engineering structures in their impact areas. In monitoring studies where different techniques and technologies are used together, location-based surveying methods can provide information to decision makers about the direction and velocity in which the monitored structure, ground or region is moving. As much as the studies carried out before and after disasters, the studies carried out immediately after disasters are of great importance in terms of reducing the loss of life and property. In this paper, it will be summarized the contributions of surveying methods to search and rescue and landslide rehabilitation activities, based on our field experiences during major disasters in recent years. Our field experience has shown that search and rescue activities near risky structures and landslide areas have been halted to avoid putting rescue teams under big risk, or have been carried out more carefully and slowly than they should have been. The selected methods allow the detection of mimimetric displacements with high precision. Monitoring movements of the

structures or slopes is critical for the safety of the teams. Motorized total stations, laser scanners, geotechnical instruments and radar equipments, when used as part of automated monitoring systems, provide clear graphical and numerical data. This is an important contribution to the uninterrupted conduct of search and rescue and landslide rehabilitation activities. Moreover, in critical areas and structures, GNSS receivers, when used in conjunction with other geotechnical sensors, can be used to provide immediate information on the amount, direction and speed of movement immediately after the event.

Keywords: *Real-Time Monitoring, Structural Health Monitoring, Search and Rescue*

GNSS Troposferik Düzeltmelerin InSAR Veri Analizine Uygulanması

Application of GNSS Tropospheric Corrections to InSAR Data Analysis

Nihal Tekin Ünlütürk^{1,✉}, Uğur Doğan²

¹Erciyes Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kayseri 38030, Türkiye

²Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul 34220, Türkiye

✉ nihaltekin@erciyes.edu.tr

Özet

Günümüzde jeodezik uydu ölçme yöntemlerinden olan GNSS (Küresel Navigasyon Uydu Sistemi) ve InSAR (Sentetik Açıklıklı Radar İnterferometrisi) tekniklerinin avantajları ve dezavantajları birleştirilerek deformasyonların izlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. InSAR, yüksek konumsal çözünürlüğe sahip bir yöntem olarak öne çıkar. Bununla birlikte, zamansal çözünürlüğü genellikle düşüktür ve görüntü korelasyonu bazen mümkün olamamaktadır. Diğer yandan, GNSS ile elde edilen yatay konum doğruluğu genellikle yüksektir. Ancak düşey bileşende aynı hassasiyet sağlanamamaktadır. Bu nedenle, iki jeodezik tekniğin bir araya getirilmesi, yüksek zamansal ve mekansal çözünürlüğe sahip, yüksek doğruluklu bir ölçü seti oluşturarak yeni bir yaklaşım sunar. Bu çalışmada, GNSS verilerinden elde edilen zenit troposferik gecikmelerin InSAR görüntüleriyle birlikte değerlendirilerek InSAR görüntülerindeki troposferik etkilerin azaltılması amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında, 24 Ocak 2020 Elazığ Sivrice depremi için kullanılan uydu görüntülerinin kapsadığı alan ve elde edildiği zamanda ölçülen GNSS verileri kullanılarak troposferik gecikmeler hesaplanmış ve uydu görüntülerine düzeltme olarak uygulanmıştır. Analiz sonuçları, GNSS verileriyle elde edilen zenit troposferik gecikmelerin InSAR görüntülerindeki troposferik etkilerin azaltılmasında kullanılabileceğini göstermiştir. Ancak, her interferogram noktasında düzeltmenin tam olarak doğru olmadığı tespit edilmiştir. Bu, atmosferik etkilerin bölgesel olarak değişkenlik gösterebileceğini ve uyumsuzlukların atmosferik etkilerin karmaşıklığından kaynaklanabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: GNSS, Zenit Troposferik Gecikme, InSAR

Abstract

GNSS (Global Navigation Satellite System) and InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) techniques, which are geodetic satellite measurement methods, are widely used in monitoring deformations by combining the advantages and disadvantages of these techniques. InSAR is a method that stands out with its high positional resolution. However, its temporal resolution is generally low, and image correlation is sometimes impossible. On the other hand, the horizontal positioning accuracy obtained with GNSS is generally high. However, the same sensitivity cannot be provided in the vertical component. Therefore, combining the two geodetic techniques provides a new approach by creating a measurement set with high temporal and spatial resolution and high accuracy. In this study, zenith tropospheric delays obtained from GNSS data were evaluated together with InSAR images to reduce tropospheric effects in InSAR images. Within this scope, zenith tropospheric delays were calculated using satellite images for the Elazığ-Sivrice earthquake on January 24, 2020. GNSS data measured simultaneously were applied as corrections to the satellite images. The analysis showed that zenith tropospheric delays obtained from GNSS data could reduce tropospheric effects in InSAR images. However, it was determined that the correction was not entirely accurate at each interferogram point. The results indicate that atmospheric effects can vary regionally, and discrepancies may arise from the complexity of atmospheric effects.

Keywords: GNSS, Zenith Tropospheric Delay, InSAR

2. OTURUM

AFETLER VE AFET YÖNETİMİNE JEODEZİNİN KATKILARI

Oturum Başkanı: *Prof. Dr. Haluk KONAK*

CONTRIBUTIONS OF GEODESY TO DISASTERS AND DISASTER MANAGEMENT

Convenor: *Prof. Dr. Haluk KONAK*



Graben Kenarlarında Kurulu Yerleşim Alanlarını Tehdit Eden Sessiz Tehlike: Asismik Yüzey Deformasyonları

Silent Danger Threatening Settlements Established on Graben Margins : Aseismic Surface Deformations

İbrahim Tiryakioğlu^{1,2}, Çağlar Özkaymak^{3,2}, Veli Başaran⁴

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Ahmet Necdet Sezer Kampüsü, Gazlıgöl Yolu, 03200 Afyonkarahisar

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ahmet Necdet Sezer Kampüsü, Gazlıgöl Yolu, 03200 Afyonkarahisar

³ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ahmet Necdet Sezer Kampüsü, Gazlıgöl Yolu, 03200 Afyonkarahisar

⁴ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ahmet Necdet Sezer Kampüsü, Gazlıgöl Yolu, 03200 Afyonkarahisar

✉ itiryakoglu@aku.edu.tr

Özet

Batı Anadolu Genişleme Bölgesi (BAGB) içerisinde yer alan çöküntü alanlarının kenarlarında, son 30 yıldan beri yıkıcı deprem olmaksızın bazı yüzey deformasyonları gözlenmektedir. Çizgisel gidişli bir geometri sunan bu asismik yüzey deformasyonları, Gediz, Küçük-Büyük Menderes, Burdur ve Afyon-Akşehir Grabeni içerisinde altından geçtikleri bazı yerleşim alanlarındaki binalar ve yeraltı sistemlerinde ciddi hasarlara neden olmaktadır. Bu alanlardan Gediz grabeni kenarına kurulu olan Sarıgöl (Manisa) yerleşim alanında 1990 yılların sonlarında oluşmaya başlayan yüzey deformasyonları günümüzde de devam etmektedir. Bu yüzey deformasyonları 1969 depreminin (M:6.8) yüzey kırığı oluşturduğu, Sarıgöl Fayı üzerinde gelişmektedir. Asismik yüzey deformasyonlarının en belirgin örneklerinden biride, Afyon-Akşehir Grabeni içerisinde yer alan Bolvadin yerleşim alanında gözlenmektedir. İlçe merkezi imar planı içerisinde kalan bölgede KD-GB doğrultusunda yaklaşık 7 km uzunluğunda oluşan ve sıçramalı bir geometride birden fazla koldan oluşan bu yüzey deformasyonları 3 Şubat 2002 Çay Depremleri (Mw: 6.0 ve 6.3) sonrasında oluşmaya başlamıştır. Bolvadin ve çevresinde, toplamda ise 15 kilometreye ulaşan bu deformasyonlar süreklilik göstermekte olup, jeolojik ve jeodezik olarak 2014 yılından günümüze kadar takip edilmektedir. Deformasyonlar üzerinde gerçekleştirilen hendek tabanlı paleosismolojik çalışmalar bu deformasyonların KD-GB uzanımlı eğim atımlı normal fay olan Bolvadin Fayı üzerinde geliştiğine işaret etmektedir. Fay boyunca tavan bloğun düştüğüne işaret eden deformasyonlar oldukça belirgindir. Bölgede uygulanan GNSS, Hassas Nivelman ve INSAR sonuçlarına göre ilçe merkezindeki yüzey faylanması şeklinde davranış gösteren yüzey deformasyonları üzerinde 90 mm/yıl'a ulaşan düşey yer değiştirme hızı elde edilmiştir. Benzer hızların Sarıgöl bölgesindeki asismik yüzey deformasyonları üzerinde ölçüldüğü bilinmektedir. Bu çalışmada Bolvadin yerleşim alanında 2023 yılında gerçekleştirilen jeolojik ve jeodezik saha çalışmalarına yönelik gözlem ve ön bulgular sunulmuştur. Çalışmalar ile 6870 m uzunluğunda yüzey deformasyonu haritalanarak deformasyonların etkilediği alanları belirleyebilmek amacıyla Yüzey Faylanması Tehlike Kuşağı oluşturulmuş ve 1/1000 ölçekli imar planlarına işlenmiştir. Bolvadin yerleşim alanında haritalanan KD-GB uzanımlı asismik yüzey deformasyonlarının geometrik özellikleri belirlenmiştir. Yüzey deformasyonlarının genişlik zonu 5 ile 20 metre arasında değişmekte olup, zon üzerinde kalan ve bir kısmı ağır bir kısmı hafif hasarlı olarak bu deformasyonlardan doğrudan etkilenen yaklaşık 100 yapının bulunduğu belirlenmiştir. Elde edilen ön bulgulara göre, Bolvadin yerleşim alanı içerisinde gelişen asismik yüzey deformasyonları üzerindeki bu hasarlı yapılar yüksek deprem riski altındadır.

Anahtar Kelimeler: Bolvadin, Yüzey Deformasyonu, Yüzey faylanması tehlike kuşağı

Abstract

At the edges of the subsidence areas within the West Anatolian Extensional Province (WAEP), some surface deformations have been observed without destructive earthquakes for the last 30 years. These aseismic surface deformations, which have a linear geometry, cause serious damages to buildings and underground systems in some settlements established on the borders of Gediz, Küçük-Büyük Menderes, Burdur and Afyon-Akşehir Grabens. The surface deformations that started to occur in the late 1990s

in Sarıgöl (Manisa) settlement area, which is located on the edge of the Gediz graben, continue today. These surface deformations were developed on the Sarıgöl Fault, where the 1969 earthquake (M:6.8) caused a surface rupture. One of the most prominent examples of aseismic surface deformations is observed in the Bolvadin settlement area located within the Afyon-Akşehir Graben. These surface deformations, which are approximately 7 km long in the NE-SW direction within the zoning plan area and consist of multiple splays, started to occur after the February 3, 2002 Çay Earthquakes (Mw: 6.0 and 6.3). These deformations with a total length of 15 kilometers in Bolvadin and its surroundings, are continuous and have been geologically and geodetically monitored since 2014. Trench-based paleoseismological studies on the deformations indicate that these deformations developed on the active Bolvadin Fault, a NE-SW-trending dip slip normal fault. Deformations indicating the drop of the hanging block along the fault are quite prominent. According to the results of GNSS, Precision Leveling and INSAR applied in the region, a vertical displacement rate of up to 90 mm/year was obtained on the surface deformations behaving as surface faulting in the city center. Similar velocities are known to be measured on aseismic surface deformations in the Sarıgöl region. In this study, observations and preliminary findings of geological and geodetic field studies carried out in Bolvadin settlement area in 2023 are presented. During these studies, 6870 m long surface deformations have been mapped in scale of 1/1000 and evaluated in terms of the surface faulting hazard overlay criteria. The width zone of the surface deformations varies between 5 and 20 meters. According to the mapping studies, approximately 100 buildings are directly affected by these deformations. The preliminary findings indicate that these damaged structures on aseismic surface deformations within the Bolvadin settlement area are under high earthquake risk.

Keywords: Bolvadin, Surface Deformation, surface faulting hazard overlay

Yerelektrik Değişimlerin Analizi ile Doğu Anadolu Fay Zonu ve Civarındaki Sismik Aktivitelerinin İzlenmesi ve Deprem Erken Uyarı Sisteminin Kurulabilirliğinin Araştırılması: TÜBİTAK 122Y365

Monitoring the Seismic Activities of the East Anatolian Fault Zone and Its Adjacent Regions by Analysis of Geoelectric Variations and Investigation of the Possibility for Establishing of an Earthquake Early Warning System: TÜBİTAK 122Y365

Mustafa ULUKAVAK^{1,✉}, Dursun AKASLAN¹, Ali KIRÇAY¹, Hakan KARSLI², Serkan ÖZTÜRK³, Mualla YALÇINKAYA², Sabri Mert İNANÇ¹, Hatice TURAP¹, Ömer Faruk RENÇBER¹

¹Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü Mühendislik Fakültesi, 63300 Haliliye / ŞANLIURFA

²Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüsü Mühendislik Fakültesi, 61080 Ortahisar / TRABZON

³Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Gümüşhanevi Kampüsü, 29100 Merkez / GÜMÜŞHANE

✉mulukavak@harran.edu.tr

Özet

Depremler, yerkabuğunun kırılması sonucunda açığa çıkan gerilme enerjisinin sismik dalgalar halinde yerküre içinde ve yüzeyinde yayılarak geçtiği ortamları sarsan doğa olaylarıdır. Tektonik hareketleri araştıran bilim insanları, depremlerin önceden tahmin edilebilir olup olmadığı konusunda uzun süredir birçok araştırma yapmaktadır. Yerkürenin iç ve dış yapısındaki fiziksel değişimlerin incelenerek depremlerin önceden tahmini günümüzde birçok çalışmanın konusu olmuştur. Bu çalışmalardan biri de yer içindeki elektrik değişimlerin izlenmesi ve deprem öncesi ortaya çıkabilecek muhtemel sismik-elektrik sinyal (SES) anomalilerinin araştırılmasıdır. Dünyanın birçok bölgesinde depremlerin meydana getirdiği değişimlerden biri olan yerelektrik değişimlerinin (anomalilerin) izlenmesi çalışmaları da güncelliğini korumaktadır. Günümüzde birçok ülke (ABD, Çin, Rusya, Meksika, İtalya, Meksika-İtalya, Fransa, Japonya, Tayvan, Kırgızistan, Yunanistan ve İran) bu yöntemle deprem izlemenin yanı sıra bu yöntemi erken uyarı sistemlerine de entegre etme çalışmalarını yürütmektedir. Kabul edilen projenin bilinen uygulamaları ilk olarak Varotsos ve Alexopoulos (1984) tarafından depremlerden önce Dünya'nın elektrik alan değişimlerinde meydana gelen anomalilerin incelenmesi ile gerçekleştirilmiştir. Yerelektrik ölçümlerin yapıldığı iki elektrot arası uzaklık (L) arasında ölçülen doğal potansiyel farkın (ΔV) deprem öncülü olarak birkaç milivolt (mV) civarında geçici değişkenliğe sahip olduğu görülmüştür. Elektrik alan değişimlerine ait ölçümlerin yapılacağı bu sistem Kuzey (K)-Güney (G) ve Doğu (D)-Batı (B) yönlü iki bileşenden oluşmaktadır. Deneysel verilerin toplanması ile her bir SES'in potansiyel değişiminin maksimum değerinin ΔV değişimlerine bağlı olduğu ve yaklaşımakta olan bir depremin SES'de değişiklik yapması ile istasyon kayıtlarında gözlemlendiği belirtilmiştir. Benzer ancak daha yeni teknolojilerin kullanıldığı sistem bu proje kapsamında Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü sahasına kurulmuştur. Bu sistemde L mesafesi aynı doğrultuda 50, 100 ve 200 metre olarak K-G ve D-B doğrultulu olarak kurulmuş ve başlangıç (test) gözlemleri yapılmaya başlanmıştır. TÜBİTAK tarafından kabul edilen 122Y365 numaralı proje Dünyada on üçüncü Türkiye'de ise ilk sistem olma özgülüğüne sahiptir. Bu çalışmada projenin başlangıcından itibaren günümüze kadar geçen süreç hakkında detaylı bilgilendirme gerçekleştirilecektir.

Anahtar Kelimeler: Yerelektrik, SES, Deprem, Erken Uyarı, Doğu Anadolu Fay Zonu

Abstract

Earthquakes are natural phenomena in which the stress energy released as a result of the fracture of the earth's crust spreads as seismic waves through the earth and its surface, shaking the environments through which they pass. Scientists studying tectonic movements have long been conducting research on whether earthquakes can be predicted in advance. The prediction of earthquakes by examining the physical changes in the internal and external structure of the earth has been the subject of many studies today. One of these studies is the monitoring of electrical changes in the earth and the search for possible seismic-electrical signal (SES) anomalies that may occur before an earthquake. In many parts of the world, the monitoring of local electrical variations (anomalies), which is one of the changes caused by earthquakes, remains up-to-date. Today, many countries (USA, China, Russia, Mexico, Italy, Mexico-

Italy, France, Japan, Taiwan, Kyrgyzstan, Kyrgyzstan, Greece and Iran) are not only monitoring earthquakes with this method, but also integrating this method into early warning systems. The known applications of the accepted project were first realized by Varotsos and Alexopoulos (1984) by examining the anomalies that occur in the Earth's electric field changes before earthquakes. It was found that the natural potential difference (ΔV) measured between two electrodes (L) at which local electrical measurements are made has a transient variability of a few millivolts (mV) as a precursor to earthquakes. This system, where measurements of electric field variations will be made, consists of two components in the North (N)-South (S) and East (E)-West (W) directions. With the collection of experimental data, it was stated that the maximum value of the potential change of each SES depends on the ΔV changes and is observed in the station records when an approaching earthquake changes the SES. A similar system, but using newer technologies, was installed at Harran University Osmanbey Campus within the scope of this project. In this system, L distances of 50, 100 and 200 meters in the same direction in N-S and E-W directions were established and the initial (test) observations were started to be made. The project numbered 122Y365, which was accepted by TUBITAK, is the thirteenth system in the world and the first in Turkey. In this study, detailed information about the process from the beginning of the project to the present day will be provided.

Keywords: *Geoelectric, SES, Earthquake, Early Warning, Eastern Anatolian Fault Zone*

Yüzey Deformasyonlarının Analizleri: Mw 7.7 ve Mw 7.6 Büyüklüğündeki Kahramanmaraş Depremleri Örneği

Analyses of Surface Deformations: Example of Kahramanmaraş Earthquakes with a magnitude of Mw 7.7 ve Mw 7.6

Pakize KÜREÇ NEHBİT^{1,✉}

¹Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye

✉pakize.kurec@kocaeli.edu.tr

Özet

Amacına uygun olarak oluşturulan jeodezik ağların kendisinden beklenen duyarlık ve güvenilirlik isteklerini karşılamaları gerekmektedir. Jeodezik ağların değerlendirilmesi için oluşturulan matematik modelin geçerliliği istatistiksel çalışmaların gerçekçi olması açısından oldukça önemlidir. Matematik modelin geçerliliği ise güvenilirlik ölçütleri ile denetlenmektedir. Tektonik hareketler sonucunda meydana gelen yüzey deformasyonları, istatistiksel yöntemlerle ortaya çıkarılabilmektedir. Bir yüzeyde oluşan deformasyonlar statik deformasyon modeli ile zamandan bağımsız olarak belirlenebilmektedir. Herhangi bir jeodezik ağda, ağın iç yapısından ve dış etkenlerden kaynaklanan gerinimler meydana gelebilmektedir. Ağın iç yapısına bağlı olan gerinimler ölçme planı ve ölçü ağırlıklarından etkilenirler. Dış etkenlerden kaynaklanan gerinimler ise tektonik hareketlerin etkisiyle meydana gelmektedir. Gerinim bir kuvvet etkisiyle istasyon noktalarında meydana gelen yer değiştirmenin ilk koordinat değerlerine oranı olarak tanımlanmaktadır. Bir yüzeyde oluşan deformasyonlar, gerinim analizleri ile bir koordinat sisteminde datumdan bağımsız olarak belirlenebilir ve geometrik anlamda yorumlanabilir. Deformasyonların geometrik yorumu için genişleme ve kesme gerinimleri kullanılmaktadır. Genişleme bir yüzeye dik olarak etki ederken, kesme gerinimleri ise yüzeye paralel olarak etki etmektedir. Bu çalışma kapsamında 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş ilinde Mw 7.7 ve Mw 7.6 büyüklüklerinde meydana gelen depremlerin etkisiyle oluşan deformasyonlar analiz edilmektedir. Bu amaçla deprem bölgesini kapsayan 23 Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı-Sabit (TUSAGA-Aktif) istasyonu kullanılarak bir jeodezik ağ oluşturulmuştur. Deprem öncesinde ve deprem sonrasında elde edilen gözlemler iki farklı epokta değerlendirilmiştir. Her iki epokta, Delaunay üçgenlemesiyle belirlenen gözlem planı, ağdaki nokta sayısı ve yaklaşık koordinatlar sabit tutulmuştur. İki epok arasında, jeodezik ağda meydana gelen deformasyonlar, üçgensel alanlarda statik deformasyon modelinde teta-kare ölçütü ile analiz edilmiştir. Bununla birlikte üçgensel alanlarda oluşan deformasyonların geometrik olarak yorumlanması için 2B gerinim analizleri kullanılmıştır. Üçgensel yüzeyler için hesaplanan gerinim matrisleri kullanılarak her alan için kesme gerinimleri hesaplanmıştır. Buna göre ELAZ-TNC1-ERGN ve MAR1-EKZ1-ANTE üçgensel alanlarda kesme gerinimleri sırasıyla 628 mikrostrain ve 556 mikrostrain olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Jeodezik Ağlar, Deformasyon, Gerinim Analizi

Abstract

Geodetic networks generated for their purpose must have the accuracy and reliability requirements expected from them. The validity of the mathematic models which are created for the evaluation of the geodetic network is crucial for realistic statistical analyses. The validity of the mathematical models is checked with the reliability analyses. Surface deformation occurred by the result of the tectonic movements can be detected with statistical analyses. Deformations occurring on a surface can be computed independently of time using a model of static deformation. In any geodetic network, strains can emerge due to both the internal structure of the network and the external factors. Strains, which depend on the internal structure of the network, are affected by the observation plan and the weights of the observations. Besides, strains caused by external factors occur because of the effects of the tectonic movements. Strain is defined as the ratio of the displacements occurring at station points because of a force to the initial coordinate values. Deformations occurring on a surface can be obtained independently from the datum with the strain analyses and interpreted geometrically. Dilation and shear

strains are used for the geometrical interpretation of the deformations. While dilation affects perpendicular to a surface, shear strain affects parallel to a surface. In this study, the deformations caused by the effects of the earthquakes that occurred with magnitudes Mw 7.7 and Mw 7.6 in Kahramanmaraş on the 6th of February 2023 have been analyzed. With this purpose, a geodetic network has been generated with 23 Turkish National Permanent GNSS Network-Active (TNPNGN-Active) stations which involve the affected area by earthquakes. Observations that are obtained before and after earthquakes have been evaluated in two different epochs. In both epochs, the observation plan obtained by the Delaunay triangulation, the number of stations, and the initial coordinates are constant. In the geodetic network, between two epochs, the deformations in the triangular surfaces were analyzed with the theta-square criterion in the static deformation model. Besides, 2D strain analyses have been used to geometrical interpretation of the deformation on the triangular surfaces. Shear strains have been calculated using the strain matrices for each triangular surface. Accordingly, shear strains on triangular surfaces, in which ELAZ-TNC1-ERGN and MAR1-EKZ1-ANTE, are computed as 628 microstrains and 556 microstrains, respectively.

Keywords: *Geodetic Network, Deformation, Strain Analysis*

Gerçek Zamanlı Kinematik PPP Tekniği ile Deprem Büyüklüğünün Kestirilmesi: 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık ve Elbistan) Depremleri Örneği

Earthquake Magnitude Estimation with Real-Time Kinematic PPP Technique: The Example of the February 6, 2023, Kahramanmaraş (Pazarcık and Elbistan) Earthquakes

Sinan Birinci^{1,✉}, Furkan Soğukkuyu¹, Mehmet Halis Saka¹

¹ Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli
✉s.birinci@gtu.edu.tr

Özet

Deprem ve tsunami gibi doğal afetlerde erken uyarı ve acil müdahale gerçekleştirebilmek için deprem büyüklüğünün güvenilir ve hızlı bir şekilde hesaplanması kritik öneme sahiptir. Bu büyüklüğün hesaplanmasında geleneksel olarak genişband sismometreler kullanılmaktadır. Ancak bu sismometreler, meydana gelen depremin büyüklüğüne bağlı olarak doyuma ulaşabilmekte ve/veya sismik dalga sinyallerinde kırılma eğilimi görülebilmektedir. Son zamanlarda bu geleneksel araçlara alternatif olarak sismik dalgaları yakalayabilme kabiliyetine sahip yüksek frekanslı GNSS gözlemlerine olan ilgi giderek artmaktadır. Özellikle, gerçek zamanlı kinematik Hassas Nokta Konumlama (Precise Point Positioning, PPP) yöntemi ile yüksek frekanslı yer değiştirme zaman serisinden en büyük yer değiştirme (Peak Ground Displacement, PGD) değerleri elde edilerek deprem büyüklüğü kestirilebilmektedir. Ayrıca, gerçek zamanlı kinematik PPP yöntemiyle sadece deprem büyüklüğü değil, sismik dalga formları ve sarsılmalar izlenerek tehlike değerlendirmesi de yapılabilmektedir.

Bu çalışmada, 6 Şubat 2023'te meydana gelen ve merkez üsleri Kahramanmaraş ilinde olan iki yıkıcı depremin büyüklüğü bölgedeki TUSAGA-Aktif GNSS istasyonlarının 1 saniye örneklem aralığına sahip gözlemleri kullanılarak kestirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda, ilk olarak GPS ve GLONASS gözlemlerini içeren 1 saatlik dosyalar birleştirilerek 24 saatlik veri setlerine dönüştürülmüştür. Gerçek zamanlı PPP tekniğini uygulayabilmek için, MADOCA (Multi-GNSS Advanced Demonstration Tool for Orbit and Clock Analysis) uydu yörünge ve saat ürünleri kullanılmıştır. Verilerin ve ürünlerin sağlanmasından sonra değerlendirme stratejisi gerçek zamanlı gibi simüle edilerek; GipsyX yazılımı ile istasyonların kinematik PPP çözümleri elde edilmiştir. Çalışmada toplam 34 GNSS istasyonu kullanılmasına rağmen; özellikle deprem merkez üslerine yakın bazı istasyonlarda kosismik deformasyonların etkisiyle veri kesikliğinin meydana geldiği görülmüştür. Bununla birlikte, tüm istasyonların yatay bileşenlerinde belirgin şekilde sismik dalga formları gözlemlenmiş ve merkez üssüne yakın istasyonlarda önemli boyutta kalıcı yer değiştirmelerin de olduğu tespit edilmiştir. Her iki deprem için veri kesikliği bulunmayan GNSS istasyonlarındaki kosismik yer değiştirmelerden hesaplanan PGD değerleri, literatürdeki güncel parametreler ve fonksiyonel model kullanılarak, Pazarcık depreminin moment büyüklüğü Mw 7.78, Elbistan depreminin moment büyüklüğü ise Mw 7.56 olarak kestirilmiştir. Uluslararası ve ulusal kuruluşların ilan ettiği büyüklükler incelenecek olursa; Pazarcık depreminin moment büyüklüğü, Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma Dairesi (USGS) tarafından Mw 7.8, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) tarafından Mw 7.7 olarak bildirilmiştir. Elbistan depreminin moment büyüklüğü ise USGS tarafından Mw 7.5, AFAD ve KRDAE tarafından Mw 7.6 olarak açıklanmıştır. Bu depremler için rapor edilen büyüklükler ile bu çalışmadan elde edilen büyüklüklerin oldukça uyumlu olduğu görülmektedir. Özetle, gerçek zamanlı uydu yörünge ve saat ürünlerine erişimin sağlanabilmesiyle, kinematik PPP tekniği kullanılarak en önemli deprem parametresi olan deprem büyüklüğünün en kısa sürede yüksek hassasiyetle hesaplanmasının mümkün olduğu sonucuna varılabilir. Bu bağlamda, jeodezinin etkin parçası olan GNSS' in deprem erken uyarı sistemleri için güçlü potansiyele sahip olduğunun altı çizilmelidir.

Anahtar Kelimeler: GNSS Sismolojisi, Gerçek Zamanlı kinematik PPP, Deprem Büyüklüğü, Deprem Erken Uyarı, PGD

Abstract

Reliable and rapid calculation of earthquake magnitude is critical for early warning and emergency response in natural disasters such as earthquakes and tsunamis. Traditionally, broadband seismometers are used to calculate this magnitude. However, depending on the magnitude of the earthquake, the seismometers may reach saturation and/or the seismic wave signals may tend to be clipped. Recently, high-rate GNSS observations capable of recording seismic waves have become increasingly popular as an alternative to traditional instruments. Especially, it can be estimated earthquake magnitude by obtaining Peak Ground Displacement (PGD) values from high-rate displacement time series using the real-time kinematic Precise Point Positioning (PPP) technique. Furthermore, not only measuring earthquake magnitude with the real-time kinematic PPP approach but also monitoring seismic waveforms and shaking allows for hazard assessment.

In this study, two devastating earthquakes that occurred on February 6, 2023, whose epicenters in the province of Kahramanmaraş, were determined magnitude using observations record from Continuously Operating Reference Stations, Türkiye (CORS-TR) GNSS stations in the region with a 1-second sampling interval. For this purpose, firstly, 1-hour files containing GPS and GLONASS observations were merged and converted into 24-hour datasets. The real-time PPP approach was implemented using the satellite orbit and clock products from the Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis (MADOCA). Following the dataset and products provided, the evaluation strategy was simulated in real-time, and GipsyX software was employed to generate the stations' kinematic PPP solutions. Despite the utilization of 34 GNSS stations in the study, data gaps have been experienced at some stations, especially close to earthquake epicenters due to coseismic deformations. In addition, seismic waveforms were clearly observed in the horizontal components of all stations, and significant permanent displacements were also detected at stations around the epicenter. The moment magnitudes of the Pazarcık earthquake and the Elbistan earthquake were estimated to be Mw 7.78 and Mw 7.56, respectively, using the functional model, the current parameters in the literature, and the PGD values calculated from the coseismic displacements at GNSS stations without data gaps for both earthquakes. If the magnitudes declared by international and national organizations are examined; the moment magnitude of the Pazarcık earthquake was reported as Mw 7.8 by the United States Geological Survey (USGS), and Mw 7.7 by the Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD) and Boğaziçi University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (KOERI). The moment magnitude of the Elbistan earthquake was announced as Mw 7.5 by USGS and Mw 7.6 by AFAD and KOERI. The magnitudes found in this study and the reported magnitudes for the earthquakes are in good agreement. In summary, it can be concluded that with access to real-time satellite orbit and clock products, it is possible to calculate the most important earthquake parameter, earthquake magnitude, with high precision rapidly using the kinematic PPP technique. In this context, it should be emphasized that GNSS, which is an active part of geodesy, has a strong potential for earthquake early warning systems.

Keywords: GNSS Seismology, Real Time Kinematic PPP, Earthquake Magnitude, Earthquake Early Warning, PGD

Farklı Uydu Sistemleri ve Ölçü sürelerinin Yer Kabuğu Hareketlerini Belirleme Performansların Karşılaştırılması

Comparison of the Performances of Different Satellite Systems and Data Record Interval in Determining Crustal Movements

Cevat İnal¹, Tunahan Gündoğan², Sercan Bülbül^{1,✉}

¹Konya Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 42250, Konya, Türkiye

²Harita Genel Müdürlüğü, 06590, Ankara, Türkiye

✉ sbulbul@ktun.edu.tr

Özet

Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS), uydularla konum belirlemede kullanılan standart genel terimdir. Bir GNSS alıcısı görüş hattında bulunan uydulardan iletilen sinyalleri kullanarak konum (enlem, boylam ve yükseklik) bilgisini elde eder. Çoklu GNSS uydularının kullanılması ve büyütülmesi sonucu doğruluk ve güvenilirliğin artması birçok mühendislik hizmetlerinde birden fazla uydu sisteminin kullanılmasına olanak sağlamıştır. Şu an; Amerika Birleşik Devletleri'nin Global Positioning System (GPS)'i, Rusya'nın Global Navigation Satellite System (GLONASS)'ı, Avrupa Uzay Ajansı (ESA)'nın Galileo, Çin'in BeiDou uyduları küresel konumlandırma çalışmalarında kullanılmaktadır. Birkaç ülkede ise bölgesel kapsama alanı içinde çeşitli konum belirleme sistemleri de mevcuttur. Bunlar, Hindistan'ın Indian Regional Navigational Satellite System (IRNSS)' i ve Japonya'nın Quasi-Zenith Satellite System (QZSS)'idir. Uydu sistemlerindeki bu gelişmeler sayesinde jeodezik amaçlı nokta konumlarının yersel tekniklere göre daha yüksek doğrulukta belirlenmesi mümkün olmuştur. Yakın zamana kadar uydu bazlı sistemlerde nokta konumları GPS ve GLONASS uydu sistemleri kullanılarak belirlenmiştir. 2020 yılından itibaren Galileo uydu sistemi de tam faaliyette kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde deprem sonrası bölgesel konum değişiklikleri Küresel Konumlama Sistemlerinden yararlanılarak kestirilebilmektedir. GNSS ile nokta konumlarının belirlenmesindeki doğruluk kullanılan uydu sistemine, değerlendirme yazılımına, veri toplama süresine, veri kayıt aralığına vb. etkilere bağlı olarak değişmektedir.

Bu çalışmada, Galileo uydu sisteminin nokta konumlamaya etkisi, ölçü süresine bağlı olarak araştırılmıştır. Bu kapsamda, 15.10.2020-13.11.2020 tarihleri arasında seçilen 7 adet TUSAGA istasyonun (AKHI, BOZU, CINC, ESME, MNTS, SHUT, TVAS) günlük RINEX verileri, 14 adet IGS istasyonuna ait RINEX verilerinden yararlanılarak, 2, 4 ve 12 saatlik dilimlere ayrılmış ve çözümler GAMIT/GLOBK veri değerlendirme yazılımında sadece GPS, sadece GLONASS, sadece Galileo ve GPS+GLONASS+Galileo (MIX) uydu kombinasyonuna göre değerlendirilmiştir. 2, 4 ve 12 saatlik RINEX verileri deprem oluşum saati merkez seçilerek elde edilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda sadece GPS uydu kombinasyonuna ile elde edilen günlük koordinatlar esas alınarak diğer uydu kombinasyonlarının esas koordinatlara yaklaşımı irdelenmiştir. Yapılan bu analizlerde, GPS koordinatlarına en yakın sonuçlar sırasıyla, MIX, Galileo ve GLONASS uydu kombinasyonları ile elde edilmiştir. Daha sonra, 30 Ekim 2020 tarihli İzmir -Seferihisar Depreminin bölgedeki TUSAGA istasyonlarına etkisini ortaya koymak için elde edilen günlük çözümler deprem öncesi ve deprem sonrası olarak 2 bölüme ayrılmıştır. t-testi ile deprem öncesi ve deprem sonrası ortalama koordinatların birbirleri ile uyumu araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, deprem öncesi ve deprem sonrası değişimin en fazla deprem üssüne en yakın olan MNTS istasyonunda olduğu, deprem merkezinden uzaklaştıkça genel olarak noktalarındaki değişimlerin azaldığı, deprem öncesi ve deprem sonrası değerlendirmenin ölçü süresi arttıkça daha sağlıklı yapılabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, seçilen TUSAGA istasyonlarının ~30 günlük koordinatları zaman serileri yardımıyla da incelenmiş ve deprem üssüne en yakın olan MNTS istasyonunun deprem öncesi ve sonrasına göre değişimi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Galileo, GLONASS, GPS, İzmir-Seferihisar Depremi, zaman serisi

Abstract

Global Navigation Satellite System (GNSS) is the standard generic term for positioning with satellites. With a GNSS receiver, point position (latitude, longitude and altitude) can be determined using signals from satellites in the field of view. The use of multiple GNSS satellites and the increase in their number

have increased the accuracy and precision of the calculated point positions. Today; The United States' Global Positioning System (GPS), Russia's Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema (GLONASS), European Space Agency's (ESA) Galileo, China's BeiDou satellites are used in global positioning studies. A few countries also have various geolocation systems within their regional coverage. These; India's Indian Regional Navigational Satellite System (IRNSS) and Japan's Quasi-Zenith Satellite System (QZSS). Thanks to these developments in satellite systems, it has been possible to determine geodetic point positions with higher accuracy than terrestrial techniques. Until recently, point positions in satellite-based systems were determined using GPS and GLONASS satellite systems. As of 2020, the Galileo satellite system has also started to be used in full operation. Today, regional position changes after earthquakes can be predicted by using GNSS. The accuracy in determining point positions with GNSS depends on the satellite system used, evaluation software, data collection intervals, data logging intervals, etc. varies depending on the effects.

In this study, the effect of Galileo satellite system on point positioning was investigated depending on the data collection intervals. In this context, daily RINEX data of 7 of Turkish Permanent GPS Network (TURPEGN) stations (AKHI, BOZU, CINC, ESME, MNTS, SHUT, TVAS) selected between October, 15th 2020 - November, 13th 2020. The RINEX data have been divided into 2-, 4- and 12-h time intervals. The solutions were evaluated according to GPS only, GLONASS only, Galileo only and GPS+GLONASS+Galileo (MIX) satellite combinations in GAMIT/GLOBK data evaluation software. In the evaluations, 24-h RINEX data of 14 stations of international GNSS Stations (IGS) was also used. The 2-, 4- and 12-h RINEX data were obtained by choosing the earthquake occurrence time as the center. As a result of the evaluations, the approach of other satellite combinations to these coordinates was examined based on the daily coordinates obtained only with the GPS satellite combination. In the analysis, the closest results to the GPS coordinates are obtained a satellite combinations of MIX, Galileo only and GLONASS only, respectively. Then, the daily solutions obtained in order to reveal the effect of the İzmir-Seferihisar Earthquake dated 30 October 2020 on the TUSAGA stations in the region are divided into 2 parts as preearthquake and post-earthquake. With the t-test, the compatibility of the average coordinates before/after the earthquake was investigated. As a result of the research, these were concluded that the changes before and after the earthquake were mostly in the MNTS station, which is the closest to the earthquake center, that the changes in the points generally decrease as you move away from the earthquake center, and that the evaluation before and after the earthquake can be made more healthy as the measurement time increases. In addition, the ~30-day coordinates of the selected TURPEGN stations were also examined with the help of time series, and the change of the MNTS station closest to the earthquake center according to the preand post-earthquake period is given.

Keywords: *Galileo, GLONASS, GPS, İzmir-Seferihisar Earthquake, time series*

InSAR Verilerinin Hızlı Fourier Dönüşümü ile Zaman Seri Analizi: Gediz Grabeni Örneği

Time Series Analysis of InSAR Data with Fast Fourier Transform: The Example of Gediz Graben

Yavuz Gül¹, Kemal Özgür Hastaoğlu^{2,✉}, Fatih Poyraz², Hediye Erdoğan³, Hüseyin Duman², Yavuz Gül⁴

¹Metfamer Maden Tic. San. A.Ş., Sivas

²Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Sivas

³Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Aksaray

⁴Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sivas

✉ Kemal Özgür Hastaoğlu, khastaoglu@cumhuriyet.edu.tr

Özet

Günümüzde yüzey hareketlerinin jeodezik olarak izlenmesinde Yapay Açıklıklı Radar İnterferometrisi (InSAR) yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. InSAR verilerinin değerlendirilmesi sonucunda uydu bakış doğrultusunda (LOS) daimi Yansıtıcılara ait yıllık hız değerleri elde edilmektedir. LOS hız değerleri elde edilirken genellikle doğrusal modele göre basit regresyon analiz yöntemi kullanılmaktadır. Bu durum da InSAR noktalarına ait zaman serilerindeki periyodik etkiler göz ardı edilmektedir. Bu çalışmada InSAR verilerinden elde edilen yer değiştirme değerleri kullanılarak periyodik hareketlerin Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD) yöntemiyle belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda TUBITAK 119Y180 nolu proje ve CÜBAP M-800 nolu projeleri kapsamında 2016-2020 yılları arasında Sentinel 1A ve 1B alçalan (descending) ve yükselen (ascending) uydu radar görüntülerinden elde edilen interferogramlar (LiCSAR verileri) kullanılarak Gediz Grabenindeki yüzey deformasyonlarına ait LOS hız değerleri LiCSBAS yazılımı aracılığıyla elde edilmiştir. Gediz grabeninde birçok yer bilimcinin yaptığı çalışmalarda bölgenin sismik aktivitesinin yoğun olduğu ve yüzeysel deformasyonların arttığı ortaya konmaktadır. Ayrıca çalışma bölgesindeki bazı yerleşim yerleri AİGM tarafından “Yerleşime Uygun Olmayan Alan” olarak belirlenmiş ve Afete Maruz Bölge ilan edilmiştir. Bölgede yoğun tarım yapılmakta ve yaz döneminde yüksek düzeyde sulama faaliyeti yeraltı suyu seviyesinin düşmesine neden olmaktadır. Buna bağlı olarak bölgede tektonik hareketlerin dışında asismik hareketler izlenilmektedir. Bu çalışmada InSAR HFD dönüşümü yöntemi ile Gediz grabenindeki 2016-2020 yılları arasındaki mevsimsel hareketler belirlenmiştir. Grabenin güney doğusunda (Yeşilyurt-Sarıgöl arası) mevsimsel hareketlerin tarımsal faaliyetlere bağlı olarak arttığı gözlemlenmiştir. Grabenin güney doğusunda seçilen üç noktaya ait HFD analizi sonucunda hız değerleri ve periyodik etki periyod-genlik değerleri hesaplanmış ve bölgede oluşan deformasyonların mevsimsel faktörlerden etkilendiğini açıkça ortaya konulmuştur. Sonuç olarak InSAR sonuçlarından HFD analizi yardımıyla çalışma bölgesindeki asismik hareketler başarıyla modellenmiştir.

Anahtar Kelimeler: InSAR, HFD, Graben

Abstract

Today, the method of Synthetic Aperture Radar Interferometry (InSAR) is widely used for the geodetic monitoring of surface movements. Evaluation of InSAR data results in the acquisition of annual velocity values for Permanent Scatterers (PS) in the line-of-sight (LOS) direction of satellite observations. When obtaining LOS velocity values, a simple regression analysis method is commonly used based on a linear model. This approach often neglects periodic effects in the time series of InSAR points. In this study, the aim is to determine periodic movements using the Fast Fourier Transform (FFT) method with displacement values obtained from InSAR data. To achieve this, LOS velocity values related to surface deformations in the Gediz Graben region were obtained using interferograms derived from descending and ascending satellite radar images of Sentinel 1A and 1B between 2016 and 2020, through the LiCSBAS software, as part of the TUBITAK 119Y180 and CUBAP M-800 projects. Numerous studies by geoscientists have revealed the high seismic activity and increased surface deformations in the Gediz Graben. Furthermore, some residential areas in the study region have been designated as 'Not Suitable

for Settlement' by the AİGM (Turkey's General Directorate of Disaster Affairs), declaring them as Disaster-Prone Areas. The region is characterized by intensive agriculture, with high irrigation activity during the summer, leading to a decline in groundwater levels. As a result, in addition to tectonic movements, aseismic movements are observed in the region. In this study, seasonal movements in the Gediz Graben between 2016 and 2020 were determined using the InSAR FFT transformation method. It has been observed that seasonal movements increase in the southeast of the graben (between Yeşilyurt and Sarıgöl) due to agricultural activities. As a result of the FFT analysis of three selected points in the southeast of the graben, velocity values and period-amplitude values of periodic effects have been calculated, clearly demonstrating that deformations in the region are influenced by seasonal factors. As a result, InSAR results were successfully modeled with the help of FFT analysis in the study area.

Keywords: *InSAR, FFT, Graben*

Paleo Heyelan Sahasındaki Kaya Bloğuna İlişkin Potansiyel Kaya Düşmesi Senaryolarının Üretilmesi ve Risklerin İrdelenmesi

Generation of Potential Rockfall Scenarios for the Rock Block in the Paleo Landslide Area and Examination of Risks

Fatih Kadi^{1,✉}, Murat Karahan², Alper Tunga Akın¹

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Ortahisar /Trabzon

²Karadeniz Teknik Üniversitesi Trabzon Meslek Yüksekokulu İnşaat Teknolojisi Bölümü, Ortahisar/Trabzon

✉fatihkadi@ktu.edu.tr

Özet

Kaya düşmeleri jeolojik tabanlı doğal afet türlerinden birisidir. Bu afet türü, yamaçlarda veya şevlerde süresiz yüzeyler boyunca kopan kaya bloklarının yerçekimi kuvvetinin etkisi ile hızlı bir şekilde hareket etmesi olarak tanımlanmaktadır. Süresiz yüzeylerden ayrılan kaya blokları sahip oldukları yüksek hız ve kinetik enerjileri nedeniyle kayda değer bir şekilde can ve mal kayıplarına yol açmaktadır. Bu afet türünün tahrip edici etkilerini en aza indirgeyebilmek, iki veya üç boyutlu kaya düşmesi analizlerinin üretilmesi ve bu analizlerden elde edilen senaryolar sonucu riskli alanların tespit edilmesi ile mümkündür. Bu çalışmanın amacı 1952 yılından beri kütle hareketlerinin devam ettiği, afete maruz bölge olarak ilan edilen bir paleo heyelan sahasında yer alan 18 m³ hacmindeki kaya bloğuna ilişkin potansiyel kaya düşmesi senaryolarını üretmektir. Bu bağlamda periyodik bir şekilde aktif kütle hareketlerinin yaşandığı bölgedeki kaya bloğunun olası hareketleri irdelenerek can ve mal kayıplarına yönelik tedbirlerin hızlı bir şekilde alınmasına katkı sağlamak hedeflenmiştir. Kaya düşmesi analizi, için öncelikle kaya bloğundan laboratuvar örneği alınmıştır ve insansız hava aracı yardımıyla çalışma sahasının yoğun nokta bulut verilerini ve sayısal yükseklik modelini üretmek amacıyla bölgede fotogrametrik uçuş işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada kaya düşmesi analizi için RocPro3D programı kullanılmıştır. Program yardımıyla analizler gerçekleştirilerek 1000 farklı kaya düşmesi senaryosu üretilmiştir. Yapılan analizler ışığında kaya bloğunun hareket hızı, sıçrama yüksekliği, yayılım, enerji ve hız haritaları ve son olarak olası durma ve çarpma noktalarını gösterir haritalar RocPro3D programı yardımıyla elde edilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen bu haritalar çalışma sahası sınırları içinde yer alan her biri sayısal hale getirilmiş yerleşim-zirai alanlar, köy yolları, altyapı-üstyapı tesisleri ile karşılaştırılarak bölgenin kaya düşmesi afeti açısından risk durumu irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kaya Düşmesi, Paleo Heyelan, İnsansız Hava Aracı, RocPro3D

Abstract

Rockfalls are one of the geological-based natural disaster types. This type of disaster is defined as the rapid movement of rock blocks detached along discontinuous surfaces on slopes or cliffs due to the force of gravity. Rock blocks separated from these discontinuous surfaces can cause significant human and property losses due to their high speed and kinetic energy. Minimizing the destructive effects of this disaster involves generating two or three-dimensional rockfall analysis and identifying hazardous areas based on the scenarios derived from these analyses. The purpose of this study is to produce potential rockfall scenarios for an 18 m³ rock block located in a paleo-landslide area declared as a disaster-prone region since 1952, where mass movements have been ongoing. In this context, an examination of the potential movements of the rock block in the region, where active mass movements periodically occur, aimed to contribute to the rapid implementation of measures against human and property losses. For the rockfall analysis, a laboratory sample was first taken from the rock block, and aerial photogrammetry was conducted in the area using unmanned aerial vehicles to produce dense point cloud data and a digital elevation model. The RocPro3D program was used for the rockfall analysis in this study. Through the program, analyses were conducted, and 1000 different rockfall scenarios were generated. Based on the analyses, maps displaying the rock block's movement speed, bounce height, spread, energy, speed, and, finally, possible stopping and impact points were obtained using the RocPro3D program.

The maps obtained from the analysis were overlaid with digitized residential-agricultural areas, village roads, infrastructure-superstructure facilities within the study area to examine the region's rockfall disaster risk situation.

Keywords: *Rockfall, Paleo Landslide, Unmanned Aerial Vehicle, RocPro3D*

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerin Oluşturduğu Hasarlarının Zemin Yapısı ve Özellikleri İle İlişkisinin Jeofizik Ölçümlerle Ön İncelemesi

Preliminary Investigation of the Relationship between the Damages Caused by the 6 February 2023 Kahramanmaraş Earthquakes and the Subsurface Structure and Properties with Geophysical Measurements

Hakan Karslı^{1,*}, Ali Erden Babacan¹, Özgenç Akın¹

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon, Türkiye

*hkarsli@ktu.edu.tr

Özet

6 Şubat 2023 tarihinde yaklaşık 9 saat farkla Türkiye'de iki büyük deprem meydana gelmiş ve merkez üslerinden yaklaşık 400 km'lik geniş bir alanda yer alan 11 ili etkisi altına almıştır. Depremler nedeniyle yüz binden fazla bina yıkılmış ya da ileri-orta derecede hasarlı hale gelmiş ve 50.000'den fazla insan yaşamını yitirmiştir. Bu depremlerden ilki KD-GB uzanımlı Doğu Anadolu Fay Zonu'nda (EAFZ) TSİ 4.17'de Kahramanmaraş-Pazarcık'ta (episantr koordinatı: 37.288° N- 37.043° E, Mw=7.7, H=8.6 km) ve ikincisi TSİ 13.24'te D-B uzanımlı Çardak Fayı (ÇF) üzerinde Kahramanmaraş-Ekinözü (episantr koordinatı: 38.089° N-37.239° E, Mw=7.6, H=7.0 km) depremleri olarak kayıtlara geçmiştir. Yapılan çalışma, 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık ve Ekinözü) depremlerinden hemen sonra 19-23 Şubat tarihlerinde depremlerin ileri derecede hasarlara neden olduğu Malatya, Hatay, Gaziantep ve Kahramanmaraş illerinde gerçekleştirilmiştir. "TÜBİTAK 1002C Hızlı Destek Projesi" kapsamında gerçekleştirilen bu çalışma, Jeofizik çalışmaların ilksel sonuçlarını ve bu sonuçların, ölçüm profillerine en yakın istasyon bilgileri (episantral uzaklık, Pik Yer İvmesi-PGA, Vs30) ile korelasyonunu içermektedir. Her ilde 2 adet olmak üzere toplam 8 profilde Jeofizik yöntemlerden sismik kırılma tomografisi (SRT), aktif ve pasif kaynaklı çok kanallı yüzey dalgası analizi (MASW) ve mikrotremör (MT) yöntemleri ile toplanmış ve veriler her yöntemin kendi ilkeleri doğrultusunda değerlendirilmiştir. SRT tekniği, P-dalgası 2D hız-derinlik modellerini, MASW tekniği 1D-Vs derinlik profillerini ve MT tekniği ise zemin hakim titreşim periyot değerlerinin elde edilmesini sağlamıştır. Ayrıca, 2B'lu P-dalgası hız yapısı ile zemin geometrisi; ilk 30 m derinliğe ait ortalama kayma dalgası hızı (Vs30) ile zemin sınıfı, zemin büyütmesi, hakim titreşim periyodu ve zemin dinamik elastik parametreleri hesaplanmıştır. Ölçümlerden ikisi (Hatay-2 (Tepehan) ve Kahramanmaraş-1 (Tevekkeli)) dışında hepsi yerleşim yerlerinde yapılmış ve zemin sınıfları, ZD (Malatya-1, Hatay-1, Kahramanmaraş-1) ve ZC (Malatya-2, Hatay-2, Gaziantep-1,2, Kahramanmaraş-2) olarak belirlenmiştir. SRT kesitlerine göre tüm profillerde üç tabakalı yeraltı modelleri yorumlanmıştır. Genel olarak hız (Vp/Vs>2.5) ve Poisson oranlarının ($\sigma>0.35$) yüksek çıkması, yakın yüzey jeolojik birimlerinin çok gevşek ve derindeki kayaların ise oldukça gözenekli/kırıklı-çatlaklı olduğuna işaret etmektedir. Dinamik elastik parametrelerin değişimi, Malatya-1 (Yeşilyurt), Hatay (Defne) ve Kahramanmaraş (Tevekkeli)'ta ~15-20 m derinliklere kadar "zayıf" dayanımlı; Malatya-2 (Yeşilyurt), Gaziantep (İbrahimli ve Nurdağı), Hatay (Defne), Kahramanmaraş (Merkez)'da, ~10 m derinliğe kadar "orta sağlam" nitelikte jeolojik birimleri göstermektedir. Bununla birlikte, tüm profillerde yüzeye yakın zemin birimlerinin, zemin emniyetli taşıma kapasitelerinin oldukça düşük (4 kg/cm² veya 0.4 MPa'dan daha düşük) ve daha derinlere doğru orta seviyede (4-8 kg/cm² veya 0.4-0.8 MPa arasında) olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, gözlenen yıkımların ve ileri derecede hasarların çoğunun, deprem-yer-yapı ilişkisinin yanlış değerlendirilmesinin bir sonucu olarak, eksik ve/veya hatalı yapı tasarımlarından kaynakladığını göstermektedir. Burada sunulan sonuçlar yerinde yapılan jeofizik ölçümlerden elde edilmiştir ve bu nedenle doğası gereği ön inceleme niteliğindedir. Dolayısıyla, örnekleminin daha fazla profilde yapılmasıyla genişleyen veri seti, tartışılan gözlemlere ilişkin daha detaylı bilgiler ve açıklayıcı sonuçlar sunacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kahramanmaraş Depremleri, Sismik Yöntemler, Mikrotremör, Pik Yer İvmesi

Abstract

Two major earthquakes occurred in Türkiye on February 6, 2023, within approximately a 9-hour

difference, affecting 11 provinces located in a wide area approximately 400 kilometers from their epicenters. Due to the earthquakes, more than a hundred thousand buildings collapsed or were severely to moderately damaged, leading to the loss of over 50,000 lives. The first of these earthquakes occurred at 4:17 AM (GMT+3) on the Northeast-Southwest oriented East Anatolian Fault Zone (EAFZ) in Kahramanmaraş-Pazarcık (epicenter coordinates: 37.288° N - 37.043° E, Mw=7.7, H=8.6 km). The second earthquake was recorded at 1:24 PM (GMT+3) on the East-West oriented Çardak Fault (ÇF) in Kahramanmaraş-Ekinözü (epicenter coordinates: 38.089° N - 37.239° E, Mw=7.6, H=7.0 km). The study was conducted from February 19 to 23 in the provinces of Malatya, Hatay, Gaziantep, and Kahramanmaraş, immediately following the earthquakes in Kahramanmaraş (Pazarcık and Ekinözü) on February 6, 2023, caused extensive damage. This study, conducted within the scope of the "TUBITAK 1002 - C Fieldwork Emergency Support Program Focused on Natural Disasters" includes initial findings of geophysical research and the correlation of these results with the closest earthquake station information (epicentral distance, Peak Ground Acceleration-PGA, Vs30). The data were collected using geophysical methods including seismic fracture tomography (SRT), multi-channel surface wave analysis (MASW) with active and passive sources, and microtremor (MT) methods with 2 in each province, totally of 8 profiles. The data were evaluated according to the principles of each method. The SRT technique offered 2D velocity-depth models for P-waves, the MASW technique produced 1D Vs depth profiles, and the MT technique enabled the determination of dominant ground vibration period values. Additionally, the ground geometry of each site was obtained from the 2D P-wave velocity structure; soil class, site amplification, dominant vibration period values, and dynamic elastic parameters of the ground were calculated from the average shear wave velocity up to a depth of 30 meters (Vs30). All the measurements were collected in urban areas, except for two Hatay-2 (Tepehan) and Kahramanmaraş-1 (Tevekkeli) and the soil classes have been determined as ZD (Malatya-1, Hatay-1, Kahramanmaraş-1) and ZC (Malatya-2, Hatay-2, Gaziantep-1,2, Kahramanmaraş-2). Three-layered subsurface models were interpreted for all profiles based on the SRT sections. Generally, high values of velocity ($V_p/V_s > 2.5$) and Poisson's ratio ($\sigma > 0.35$) indicate that the near-surface geological units are very loose and the deeper rocks are quite porous/fractured. The variation in dynamic elastic parameters indicates 'weak' strength properties down to approximately 15-20 meters in Malatya-1 (Yeşilyurt), Hatay (Defne), and Kahramanmaraş (Tevekkeli), while the geological units show 'moderately strong' quality down to about 10 meters deep in Malatya-2 (Yeşilyurt), Gaziantep (İbrahimli and Nurdağı), Hatay (Defne), and Kahramanmaraş (Centrum). However, it is observed that the near-surface soil units in all profiles have relatively low soil bearing capacities (less than 4 kg/cm² or 0.4 MPa) and they become moderately higher (between 4-8 kg/cm² or 0.4-0.8 MPa) deeper into the ground. These results indicate that the observed destruction and extensive damage are derived from inadequate and/or faulty structural designs as a result of misevaluated earthquake-ground-structure relationship. The results presented here are obtained from in-situ geophysical measurements and therefore, by definition, serve as a preliminary assessment. Therefore, enhancing the data set through further sampling in additional profiles will provide more detailed information and explanatory results regarding the discussed observations.

Keywords: Kahramanmaraş Earthquakes, Seismic Methods, Microtremor, Peak Ground Acceleration

3. OTURUM

GRAVİTE ALANI

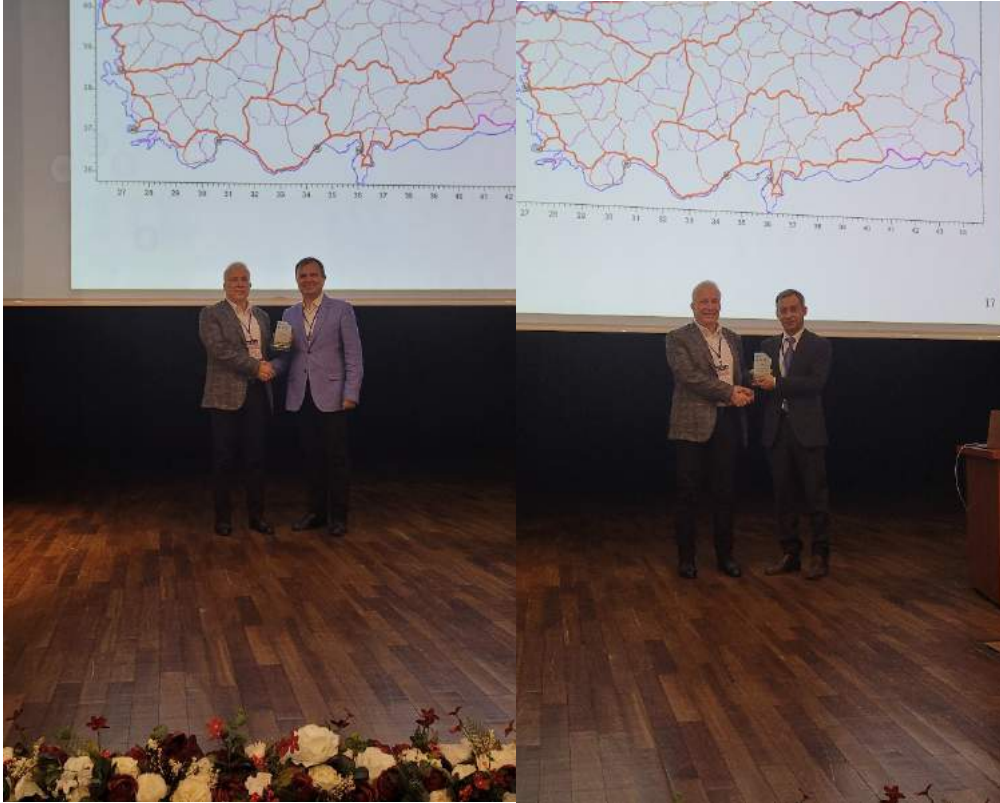
Oturum Başkanları: Prof. Dr. Orhan AKYILMAZ (İTÜ)

Prof. Dr. Aydın ÜSTÜN (KOÜ)

GRAVITY FIELD

Convenors: Prof. Dr. Orhan AKYILMAZ (İTÜ)

Prof. Dr. Aydın ÜSTÜN (KOÜ)



Yerbilimleri Uygulamaları için Gravitenin Uzaktan Algılanması: GRACE, GRACE-FO ve Sonrası

Remote Sensing of Gravity for Earth Science Applications: GRACE, GRACE-FO and Beyond

Himanshu V. Save^{1,✉}

¹Center for Space Research, The University of Texas at Austin

✉ save@csr.utexas.edu

Özet

Yerçekimi Geri Kazanımı ve İklim Deneyi (GRACE) ve devamında gelen GRACE-FO görevleri, 2002'den beri Yerkürenin su döngüsündeki değişikliklerin anlaşılmasını kolaylaştırmak için kritik ölçümler sağlamıştır. 20 yılı aşkın GRACE ve GRACE-FO verileri, hidroloji, oşinografi, kriyosfer bilimleri, katı yeryuvarı vb. alanlarda değerli bilgiler sağladı. Büyük göller, yeraltı suları, buzullar, buzul katmanları, deniz seviyesi ve okyanus akıntılarına ilişkin su döngüsünün ve enerji dengesinin nasıl geliştiğini izlememizi olanaklı kılmış, meydana gelen değişikliklerin izlenmesine küresel bir bakış açısı getirmiştir.

Bu sunumda GRACE/GRACE-FO veri işlemenin son yirmi yılda nasıl geliştiğini, işleme tekniklerindeki ilerlemenin GRACE/GRACE-FO'ya dayalı yenilikçi ürünlerine nasıl yol açtığını ve yeni bilimi nasıl mümkün kıldığını ele alacağız. Sunumda ayrıca yenilikçi ürünlere odaklanılarak mascon, kayan pencere, günlük şerit ve GRACE/GRACE-FO'nun 5 günlük çözümlerinden elde edilen sonuçlar tartışılacaktır. Son olarak gelecekteki yerçekimi/kütle değişimi uydu misyonları, planları ve olasılıklarına kısaca değinilecektir.

Anahtar Kelimeler: GRACE/GRACE-FO, kitle değişimi, su döngüsü, bilim verisi işleme, gelecek uydu görevleri

Abstract

The Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) and its Follow-On (GRACE-FO) missions have provided critical measurements to improve the understanding of the changes in the Earth's water cycle since 2002. Over 20 years of GRACE and GRACE-FO data have provided valuable insights in the fields of Hydrology, Oceanography, Cryosphere Sciences, Solid Earth etc. Monitoring changes in the amount of water in the large lakes, ground water, glaciers, ice sheets, sea-level and ocean currents have enabled an integrated global view of how Earth's water cycle and energy balance are evolving.

In this presentation we will present how the GRACE/GRACE-FO data processing has evolved over the two decades and how the improvement in processing techniques has led to innovative products from GRACE/GRACE-FO and enabled new Science. The presentation will also focus on the innovative products and discuss the results from the mascon solutions, the sliding window solutions, the daily swath solutions and the 5-day solutions from GRACE/GRACE-FO. The presentation will briefly discuss the future gravity/mass change missions, plans and possibilities.

Keywords: GRACE/GRACE-FO, mass change, water cycle, science data processing, future gravity missions

Yerbilimleri Uygulamaları için Gravitenin Uzaktan Algılanması: GRACE, GRACE-FO ve Sonrası

Remote Sensing of Gravity for Earth Science Applications: GRACE, GRACE-FO and Beyond

Feng Wei^{1,✉}

¹ School of Geospatial Engineering and Science, Sun Yat-Sen University, Zhuhai, China

✉ fengwei@mail.sysu.edu.cn

Özet

Son yirmi yılda uydu gravimetrisindeki ilerlemeler, Yeryuvarının çekim alanı değişikliklerinin izlenmesini sağlamıştır. Buradan kazanılan kütle taşınımı bilgisi kitlelerin yeniden dağılımına ilişkin anlayışımızda devrim yaratmıştır. Bu konuşmada Çin'deki uydu gravimetrisindeki son gelişmelere genel bir bakış sunulacak, daha sonra uluslararası yerçekimi uydu görevlerine (örn. CHAMP, GRACE/GRACE-FO, GOCE) kısa bir giriş yapılacaktır. Çin'in ilk uydudan uyduya takip eden yerçekimi uyduları 2021'in sonlarında fırlatıldı. Çin gruplarında kullanılan geçici yerçekimi alanı inversiyon yöntemleri ve çözümleri verilecektir. Bu konuşmada, aynı zamanda, bölgesel ve küresel ölçekte su depolama değişiklikleri, buz kütlesi dengesi, deniz seviyesindeki değişiklikler vb. gibi uydu gravimetrisinin bilimsel uygulamalarına ilişkin son gelişmelere de kısaca değinilecektir. Yeni nesil yerçekimi misyonu (NGGM) ile, doğruluğun daha da artması beklenmektedir. Çoklu çift uydu takımları ve yeni nesil yüksek duyarlılıklı uydu platformu sistemleri aracılığıyla kazanılan yerçekimi alanı bilgisi ve uzaysal-zamansal çözünürlükleri, farklı uydu takımları için kapalı döngü simülasyonları analiz edilecektir.

Anahtar Kelimeler: GRACE/GRACE-FO, kitle değişimi, su döngüsü, bilim verisi işleme, gelecek uydu görevleri

Abstract

Advances of satellite gravimetry over the past two decades have revolutionized our understanding of the Earth's gravity field changes, and the inferred mass transport and redistribution. This talk will give an overview of recent progress on satellite gravimetry in China. A short introduction of international gravity missions (e.g., CHAMP, GRACE/GRACE-FO, GOCE) will be given. The first Chinese satellite-to-satellite tracking gravity satellites have been launched in late 2021. Temporal gravity field inversion methods and solutions used in Chinese groups will be given. This talk will also briefly introduce the recent progress on scientific applications of satellite gravimetry, e.g., regional and global scale water storage changes, ice mass balance, sea level changes, etc. The next-generation gravity mission (NGGM) will further improve the accuracy and spatio-temporal resolutions of recovered gravity fields through multi-pair satellite constellations and the new generation of high-precision satellite payloads. The closed-loop simulations for different constellations will be analyzed.

Keywords: Satellite gravity missions, recent progress in China, next-generation gravity missions, simulation

GRACE Zaman Serilerinde Uzun Dönemli Periyodik Sinyalin İncelenmesi

Investigation of Longer-Term Periodic Signal in GRACE Time Series

Özge Güneş^{1,✉}, Cüneyt Aydın¹

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

✉ozgeg@yildiz.edu.tr

Özet

Karasal hidrolojide, buzullarda ve okyanuslarda toplam su bütçesi değişimi GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) ve GRACE-Follow On uydu sistemleriyle hassas bir şekilde izlenebilmektedir. Eşdeğer su kalınlığı cinsinden ifade edilebilen toplam su bütçesi anomalileri, yıllık ve yarı yıllık periyodik bileşenleri ve trendi içeren fonksiyonel model ile tanımlanır. Ancak, son zamanlarda, toplam su bütçesi sinyalinde daha uzun dönemli periyodik bileşenlerin olduğu düşünülmektedir. Bu amaçla çalışmada söz konusu uzun dönemli periyodik bileşenlerin belirlenebilmesi için bir algoritma önerilmektedir. Analizler, karaları temsil eden Goddard Space Flight Center mascon çözümleri kullanılarak 2002-2023 periyodunu kapsayan zaman serileriyle gerçekleştirilmiştir. Algoritma şu şekilde çalışmaktadır: 1) Her bir zaman serisinin fonksiyonel modeli, önceden belirlenmiş aralıklarda uzun dönemli ek periyodik sinyali tanımlayan parametre ile genişletilir; 2) Farklı frekanslara sahip sinyallerle genişletilmiş modeller Fisher model test işlemi kullanılarak standart fonksiyonel modele karşı test edilir; 3) Önceki adımda Fisher model testini geçen genişletilmiş modellerin R-kare değerleri hesaplanır; ve 4) Son adımda maksimum R-kare değerine sahip model, zaman serisine en iyi uyum sağlayan genişletilmiş model olarak seçilir. Eğer ikinci adımda tüm genişletilmiş modeller başarısız olursa, algoritma üçüncü adıma geçmez ve standart fonksiyonel model zaman serisine en iyi uyan model olarak belirlenir. Sonuçlar, dünya genelinde karasal alanları temsil eden zaman serilerinde ortalama 6 yıllık periyoda sahip uzun dönemli ek sinyallerin varlığını göstererek hidrojeodezi alanına bilgi sunmaktadır. Uzun dönemli periyodik sinyal ile fonksiyonel modelin geliştirilmesinin, trend ve mevsimsel sinyaller üzerindeki etkileri, su kaynaklarının yönetimi ve iklim değişikliği analizleri gibi alanlarda önemli bilimsel bilgi sağlamak için GRACE verilerini daha iyi anlamamıza katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: GRACE, Mascon, Toplam Su Bütçesi Değişimi, Fonksiyonel Model, Ek Sinyal

Abstract

Changes in total water storage in terrestrial hydrology, glaciers and oceans can be precisely monitored with the GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) and GRACE-Follow On satellite systems. Total water storage anomalies, expressed in terms of equivalent water thickness, are defined by a functional model that includes annual and semi-annual periodic components and a trend. However, recently, it is believed that the total water storage signal contains longer-periodical components. The analyses were conducted using time series data covering the period 2002-2023, representing terrestrial areas with Goddard Space Flight Center mascon solutions. The algorithm 1) fits different augmented models with additional periodic parts whose periods are chosen from predefined intervals to each mascon time series; 2) tests each augmented model against the standard model using the Fisher model test procedure; 3) estimates the R-squared values of the augmented models that passed the Fisher model test in the previous step; and 4) takes the augmented model with the maximum R-squared value as the best model fitting to the time series. If all augmented models fail in step 2, the algorithm ends before step 3 and selects the standard model as the best model. The results provide information to the field of hydrogeodesy by demonstrating the presence of longer-term additional signals globally with periods of about 6 years.

It is believed that augmenting the functional model with the longer-term periodic signal will contribute to a better understanding of GRACE data, providing significant scientific insights in areas such as the effects on trend and seasonal signals, water resource management, and climate change analyses.

Keywords: *GRACE, Mascon, Total Water Storage Anomalies, Functional Model, Longer-term periodic signal*

Kıyı Uydu Altimetresi ve Mareograf Ölçüleri ile Hesaplanan Deniz Seviyesi Hızlarının Ege Denizi Doğu Kıyı Bölgesinde Karşılaştırılması

Comparisons of Sea Level Rates Computed by Coastal Satellite Altimetry and Tide Gauge Observations Within Eastern Coastal Zone of Aegean Sea

Mehmet Emin Ayhan^{1,2,*}, Ömür Demirkol¹

Özet

İklim değişikliğinin göstergesi ve sonucu olan deniz seviyesinin yükselme beklentisi özellikle yoğun yerleşime konu alçak kıyı alanlarında kentsel planlama ve kıyı mühendisliği uygulamalarında risk faktörü olarak dikkate alınmaktadır. Standart uydu altimetre ölçüleri; kıyı şeridinin yaklaşık 20 km dışındaki deniz alanlarında iyi sonuçlar vermekte, kıyı kenar çizgisi ve yakınlarında ise pek başarılı olamamaktadır. Son on yıllık dönemde ise gelişmiş uydu altimetre ölçü teknolojileri ve değerlendirme yöntemleri ile kıyı uydu altimetre çalışmaları sürdürülmektedir. Kıyı alanlarında seçilen sanal uydu altimetre istasyonlarında 1993- 2019 dönemini kapsayan mutlak deniz seviyesi değişim hızları (<https://www.seanoe.org/data/00631/74354/>) web sitesinde sunulmaktadır. Bu çalışmada; Ege Denizi doğu kıyılarındaki Menteş ve Khios mareograf istasyonlarına yakın olan 109-2 ve 109-3 numaralı sanal istasyonlara ait kıyı uydu altimetre deniz seviyesi hızları, mareograf istasyonlarında elde edilen deniz seviyesi hızları ile karşılaştırılmaktadır. Her iki sanal istasyonda mutlak deniz seviyesi hızları LOESS filtresi ile filtrelenmiş, mutlak deniz seviyesi hızlarının kıyıya yakın noktalarda yaklaşık 2 mm/yıl olduğu ve kıyıdan uzaklaştıkça artma eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Menteş ve Khios mareograf istasyonlarında sırasıyla 1985-2009 ve 1969-2015 dönemlerini kapsayan deniz seviyesi aylık ortalama zaman serileri PSMSL (Permanent Service for Mean Sea Level) web sitesinden (<https://psmsl.org/>) indirilmiştir. Her iki zaman serisi öncelikle yarı-yıllık, yıllık ve 16 yıllık period ile TBAT (Trigonometric, Box-Cox Transform, ARMA Errors, Trend-Seasonal Components) yöntemi kullanılarak trend, mevsimsel ve artık bileşenlere ayrılmıştır. Artık ölçüler ve mevsimsel etkilerden arındırılan zaman serileri, ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)'ya dayalı çoklu uyuşumsuz ölçü ve kayıklık (offset) belirleme yönteminde giriş verisi olarak kullanılmıştır. Menteş ve Khios istasyonlarında sırasıyla 18 ve 16 uyuşumsuz ölçü ve birer offset belirlenip etkileri giderilmiştir. Menteş ve Khios istasyonlarındaki offsetler sırasıyla 46.97 ± 14.49 mm ve 48.86 ± 17.36 mm büyüklüğünde ve 2004.625 ve 1997.875 yıllarıdır. Mevsimlik etki, uyuşumsuz ölçü ve ofsetlerden arındırılan zaman serileri lineer trend ve ARMA hata modeli ile modellenmiş, göreceli deniz seviyesi hızı Menteş istasyonunda 2.24 ± 0.48 mm/yıl ve Khios istasyonunda 1.96 ± 0.24 mm/yıl bulunmuştur. Göreceli deniz seviyesi yükselme hızları, Buzul Isostatik Dengeleme (Glacial Isostatic Adjustment (GIA)) düzeltmesi (Menteş'de -0.03 mm/yıl, Khios'da -0.09 mm/yıl) ile mutlak deniz seviyesi hızlarına (Menteş: 2.21 ± 0.48 mm/yıl, Khios: 1.87 ± 0.24 mm/yıl) dönüştürülmüştür. 109-2 ve 109-3 sanal uydu altimetre istasyonları ile Menteş ve Khios mareograf istasyonlarında deniz seviyesi yükselme hızı yaklaşık 2 mm/yıl olarak bulunmuştur. Sonuç olarak, Ege Denizi doğu kıyılarında kıyı uydu altimetresi ve mareograf istasyonu ölçülerinden elde edilen deniz seviyesi değişim hızlarının uyumlu olduğu anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kıyı Uydu Altimetresi, Mareograf, Deniz Seviyesi Yükselme Hızı, Ege Denizi

Abstract

Expectation of sea level rising, which is an indicator and a result of climate change, is handled as a risk factor in urban planning within highly populated low coastal areas and in coastal engineering applications.

Standard satellite altimeter observations provide good results within offshore area outside coastal zones 20 km from the coastlines while not being very successful within the coastal zones. In the last decade, coastal satellite altimetry studies were achieved based on advanced satellite altimetry technologies and processing algorithms. Absolute sea level rates based on observations over period 1993-2019 at selected virtual satellite altimetry stations within coastal zones are released on the web site

(<https://www.seanoe.org/data/00631/74354/>). In this study, coastal satellite altimetry sea level rates at two virtual stations numbered 109-2 and 109-3 are compared with sea level rates at two closest onshore tide gauge stations Menteş and Khios within the eastern coastal zone of Aegean Sea. LOESS filtering of the absolute sea level rates at both the virtual stations results in that absolute sea level rates are about 2 mm/yr at the closest points to the coastlines and tend to increasing from coastline to offshore. Monthly mean sea level time series over 1985-2009 and 1969-2015 at Menteş and Khios respectively are downloaded from Permanent Service for Mean Sea Level web site (<https://psmsl.org/>). Both time series are first decomposed into trend, seasonal and remainder components by using TBAT (Trigonometric, Box-Cox Transform, ARMA (Autoregressive Integrated Moving Average) Errors, Trend-Seasonal Components) with semi-annual, annual and 16-year periods. Residuals and seasonally adjusted series are input independently to detect multiple outliers and offsets by ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) fitting. Both the time series are then corrected for the effects of the detected outliers (18 for Menteş and 16 for Khios) and offsets one for each tide gauge. Magnitude and timing of the offsets at Menteş and Khios are 46.97 ± 14.49 mm, 48.86 ± 17.36 mm and 2004.625, 1997.875 respectively. Fitting a model of linear trend plus ARMA errorsto the corrected and seasonally adjusted series results in relative sea level rates of 2.24 ± 0.48 mm/yr and 1.96 ± 0.24 mm/yr at Menteş and Khios respectively. Relative sea level rates are converted to absolute sea level rates ((Menteş: 2.21 ± 0.48 mm/yr, Khios: 1.87 ± 0.24 mm/yr) by using Glacial Isostatic Adjustment (GIA) corrections (Menteş: 0.03 mm/yr, Khios: -0.09 mm/yr). Sea level rising rate is about 2 mm/yr at the two virtual satellite altimetry stations (109-2, 109-3) and at Menteş and Khios tide gauge stations. Consequently, sea level rising rates by coastal satellite altimetry are coincident with sea level rates at the tide gauges within the eastern coastal zone of Aegean Sea.

Keywords: Coastal Satellite Altimetry, Tide Gauge, Sea Level Rate, Aegean Sea

Gravite Alanı Modellemede Büyük Veri Analitiği Uygulamaları: Arazi Düzeltmelerinin Paralel Değerlendirilmesi

Applications of Big Data Analytics in Gravity Field Recovery: Parallel Processing of Terrain Corrections

Aydın Üstün^{1,✉}, Sevda Olgun¹, Orhan Akyılmaz²

¹Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Umuttepe, İzmit

²İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Geomatik Mühendisliği Bölümü, Ayazağa, İstanbul

✉aydin.ustun@kocaeli.edu.tr

Özet

Günümüz gravite alanı belirleme uygulamaları büyük veri analitiğinin konusu haline gelmiştir. Küresel harmonik katsayılarından bölgesel jeoidin belirlenmesine farklı ölçekteki gravite alanı çözümleri, yersel ve uydu ölçülerinin yanı sıra topoğrafyanın ve yoğunluğun göz önüne alındığı farklı türde verinin analiz edilmesini gerektirir. Boyutları gigabaytlardan terabaytlara uzanan ve farklı formattaki veri kaynaklarının etkin biçimde işlenmesi bilgi işlem teknolojilerinin optimum kullanılması ile mümkündür. Veri depolama ve işleme, okuma-yazma, bellekte saklama, veri dönüşümü, hesaplama, etkin algoritma geliştirmeyi kapsayan bilgi işlem teknolojileri gravite alanı çözümlerinin üretim ve kullanım pratiğini etkileyen başlıca unsurlardır. Bu çalışmada, jeodezide büyük veri analitiği uygulaması olarak, yersel gravite gözlemleri için arazi düzeltmesi değerinin hesaplanması ele alınacaktır. Belirli bir gözlem noktası etrafındaki farklı çözünürlükteki sayısal yükseklik ve yoğunluk modelleri, donanım ve yazılım teknolojilerindeki gelişmelerin sonucu olarak paralel programlama tekniği yardımıyla değerlendirilecektir. Amaç arazi düzeltmesi değerlerinin bölgesel veya global ölçekte elde edilmesinde etkin bir yöntem veya yaklaşım geliştirmektir. Bu doğrultuda Fortran, C++, C programlama dillerinde paylaşımlı bellek yardımıyla paralel değerlendirmeyi destekleyen OpenMP arayüzü ve Intel işlemci mimarisi için algoritma optimizasyonu ve otovektörizasyon seçenekleri sunan Intel C derleyicisinin kullanılması hedeflenmiştir. Geliştirilen 'tc-cylinder' yazılımı, 1" ve 15" çözünürlüklü SYM ve 30" çözünürlüklü yanal yoğunluk modeli ile bir hesap noktasında arazi düzeltmesi yaklaşık 8 milisaniyede hesaplanabilmektedir. Sayısal integrasyon için uygulanan paralel programlama tekniği ile yaklaşık 20 kat hesap hızı artışı sağlanmıştır. Yöntem sayesinde, 32 çekirdekli 2.3 GHz işlemci hızında bir işlemci ve 64 GB bellek kapasitesi kullanılarak 250000 noktalı gravite gözlem noktasında topoğrafik düzeltmeler yaklaşık 30 dakikadan kısa sürede hesaplanabilmektedir. Sonuç olarak, Türkiye'nin coğrafi sınırları içerisinde 1' çözünürlüklü Bullard A, B, C düzeltmeleri ile birlikte tamamlanmış Bouguer anomali haritası elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Paralel programlama, Sayısal Yükseklik Modeli, Bouguer anomalisi, Arazi düzeltmesi, OpenMP

Abstract

Today, applications of gravity field recovery have become the subject of big data analytics. Gravity field solutions at different scales, from spherical harmonic coefficients to determining the geoid, require analysis of different types of data, considering topography and density as well as terrestrial and satellite measurements. Efficient management and processing of data sources ranging in size from gigabytes to terabytes and in different formats is possible with the optimum use of advanced computing strategies. Information processing technologies, including data storage and processing, reading-writing, memory sharing, data conversion, calculation, and effective algorithm development, are the main factors that affect the production and use practice of gravity field solutions. In this study, the calculation of the terrain corrections for terrestrial gravity observations will be discussed as an application of big data analytics in geodesy. Digital elevation and density models of topography with different resolutions around a specific observation point will be investigated by means of parallel programming technique as a result of developments in hardware and software technologies. The aim is to develop an effective method/approach to obtain terrain correction values on a regional or global scale. In this regard, it is targeted to use the OpenMP interface, which supports shared memory parallel processing in Fortran, C++, C programming languages, and the Intel C compiler, which offers algorithm optimization and

autovectorization options for the Intel processor architecture. With the 'tc-cylinder' software, 1" and 15" resolution DEM and 30" resolution lateral density model, terrain correction can be calculated at one calculation point in approximately 8 milliseconds. Approximately 20 times increase in calculation speed was achieved with the parallel programming technique applied for numerical integration. Thanks to the method, topographic corrections at 250000 point gravity observation points can be calculated in less than 30 minutes by using a 32-core 2.3 GHz processor and 64 GB RAM capacity. As a result, a completed Bouguer anomaly map with 1' resolution Bullard A, B, C corrections within the geographical borders of Turkey was obtained.

Keywords: *Parallel programming, Digital Elevation Model, Bouguer anomaly, Terrain correction, OpenMP*

Arazi Düzeltmesinin ve Yanal Yoğunluk Değişimlerinin Gravimetrik Jeoitteki Etkisinin İncelenmesi

Investigation of the Effect of Terrain Correction and Lateral Density Variations on Gravimetric Geoid

Sevda Olgun^{1,✉}, Aydın Üstün¹, Orhan Akyılmaz²

¹Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Umuttepe, İzmit

²İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Geomatik Mühendisliği Bölümü, Ayazağa, İstanbul

✉sevda.olgun@kocaeli.edu.tr

Özet

Yüksek çözünürlüklü ve doğruluklu jeoit, yükseklik sisteminin datumunu ve gravite potansiyel alanını temsil ederek jeodezi, jeofizik ve birçok yerbilimi alanına katkı sunar. 2000'li yılların başında uydu misyonlarıyla hız kazanan gravite alanı belirlemeye dair çalışmalarla birlikte günümüzde cm altı jeoit hedeflenmektedir. Jeoidin iyileştirilmesi, nivelmana olan bağımlılığın azalmasını ve yer dinamiğinin daha iyi anlaşılmasını sağlar. Ancak, engebeli ve yüksek topoğrafyalarda yüksek doğruluklu jeoit belirlemek güçtür. Özellikle ölçü noktasının yakın çevresindeki hızlı değişen topoğrafya özellikleri, sabit topoğrafya yoğunluğundan uzaklaşan değerler ve dağlık alanlarda yersel gravite veri sıklığının az olması jeoit modelinin desimetreler mertebesinde hatalı belirlenmesine neden olur. Gravite anomalilerinin hesabında Bouguer kabuğu varsayımları yüksek çözünürlüklü SYM'lerin (Sayısal Yükseklik Modellerinin) verimli kullanılmasına engel olmaktadır. Ayrıca, topoğrafyanın yoğunluğu özellikle sediment tabakalarında ($2.0 - 2.4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) veya sert kayalarda ($3.0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) sabit yoğunluk değerinden ($2.67 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) ortalama %20 uzaklaşabilmektedir. Newton integraline yükseklikle beraber doğrusal çarpan olarak giren yoğunluğun, özellikle dağlık alanlarda hesaplanan topoğrafya etkisini önemli derecede etkilemesi beklenir. Çalışmada, Konya Kapalı Havzasında (KKH) ve Fransa'nın Auvergne bölgesinde arazi düzeltmeleri ve yoğunluk değişimlerine dair varsayımların yerel jeoit modeline etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, 1" çözünürlüklü SRTM verileri ve UNB_TopoDensT global yanal yoğunluk modeli kullanılmıştır. Auvergne'de jeoit yüksekliklerinde 4.2 cm 'ye varan arazi düzeltmesi etkisi ve -6.7 cm 'ye varan yanal yoğunluk modelinin etkisi gözlenmektedir. KKH'de ise jeoit yüksekliğindeki değişim arazi düzeltmelerinin kullanımında 23.44 cm 'ye, yoğunluk modelinin dahil edilmesiyle ise -26.72 cm 'ye ulaşmaktadır. Doğrulama amacıyla, GNSS/Nivelman noktalarında 4 ve 7 parametrelilik benzerlik dönüşümleri mutlak farklara uygulanmıştır. KKH'de yoğunluk modelinin kullanımıyla karesel ortalama hata azalırken, Auvergne'de artmaktadır. Bağlı farklar yönünden ise ortalama değer, Auvergne'de 2.4 mm geometrik jeoit yüksekliklerinden uzaklaşırken, KKH'de 7.3 mm iyileşme görülmüştür. Bu nedenle, jeolojik haritalara dayalı global yoğunluk modellerinin jeoit sonuçlarını iyileştirmesi her zaman beklenen bir sonuç değildir. Arazi düzeltmelerinin jeoitteki etkisi, Auvergne'de GNSS/Nivelman noktalarının engebeli alanlarda olmaması ve KKH'de sayıca az olması nedeniyle mutlak farklar yönünden ayırt edici olamamıştır. Bağlı karşılaştırmada KKH'de ve Auvergne'de ortalama farklar değerinde sırasıyla 3.4 ve 1.6 mm azalma görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Jeoit Modelleme, Arazi Düzeltmesi, Yanal Yoğunluk Modeli, Sayısal Yükseklik Modeli

Abstract

The high-resolution and accurate geoid represents height system's datum and gravity potential field; thus, it contributes to geodesy, geophysics, and many other Earth sciences disciplines. Sub-cm geoids are now being studied as a result of the studies on determining the gravity field, which has accelerated with satellite missions in the early 2000s. Improving the geoid reduces dependence on leveling and provides an improved understanding of geodynamics. However, determining a geoid with high accuracy in rough and steep topography is difficult. The rapidly changing topographies in the vicinity of the stations, values deviating from the constant topography density, and the low frequency of local gravity data in mountainous areas basically lead to the geoid model being estimated incorrectly by tens of centimeters. The use of high-resolution DEMs (Digital

Elevation Models) is limited by Bouguer shell assumptions in the calculation of gravity anomalies. Moreover, there might be an average 20% deviation in topographical density from the constant value ($2.67 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$), particularly in sediment layers ($2.0 - 2.4 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) or hard rocks ($3.0 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Especially in rugged locations, density is expected to have a substantial impact on the computed topography effect because it enters the Newton integral as a linear multiplier with height. The effects of assumptions about terrain corrections and density changes on the regional geoid model in the Konya Closed Basin (KCB) and the Auvergne region of France were investigated in this study. 1" resolution SRTM data and the UNB_TopoDensT global lateral density model were utilized for this purpose. In Auvergne, geoid heights indicate a terrain correction effect of up to 4.2 cm and the lateral density model effect of up to -6.7 cm. The change in geoid height in the KCB reaches 23.44 cm with terrain corrections and -26.72 cm with the density model included. For validation, absolute differences at GNSS/Level points were tested with 4 and 7 parameter similarity transformations. While using the density model mean square error reduces in the KCB, it increases in Auvergne. In Auvergne, the average value deviates from the geometric geoid heights of 2.4 mm in terms of relative differences, whereas in KCB, there is an improvement of 7.3 mm. As a result, it is not always expected that global density models based on geological maps improve geoid results. Because the GNSS/leveling points were not in rough areas in Auvergne and were few in number in the KCB, the effect of terrain corrections on the geoid could not be distinguished in terms of absolute differences. In relative comparison, the mean difference value decreases by 3.4 and 1.6 mm in KCB and Auvergne, respectively.

Keywords: *Geoid Determination, Terrain Correction, Lateral Density Model, Digital Elevation Model*

Gelişen Teknolojiler Işığında Türkiye’de Yerel Astrojeodezik Geoit Belirlemek

Determining Local Astrogeodetic Geoid in Turkey in Light of Developing Technologies

Fuat Cansever¹, Müge Albayrak^{1,✉}, Mustafa Tevfik Özlüdemir²

¹ Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

³ İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

✉muge.albayrak@harran.edu.tr

Özet

Astrojeodezik geoit hesaplarında temel veri seti olan astrojeodezik çekül sapmaları, geleneksel olarak astrojeodezik sistemlerle yapılan gözlemlerle elde edilmektedir. Günümüzde, çekül sapması bileşenleri, sayısal zenit kameralar veya robotik total station temelli astrojeodezik sistemler ile 10-20 dakikalık bir gözlem süresi ile elde edilebilmektedir. Robotik total station temelli QDaedalus sistemi (hassasiyeti Leica TCRM1101 robotik total station ile kullanıldığında yaklaşık 0.2 yaysaniyesidir), İstanbul’da 2018 yılında 6 aylık bir süre zarfında başarı ile kullanılmış ve sistemin bu konuda taşıdığı potansiyel ortaya konmuştur. 2018 yılında İstanbul’da gerçekleştirilen çalışmada astrojeodezik bir ağ oluşturulmuştur. QDaedalus sisteminin yakın bir gelecekte Türkiye’nin farklı bölgelerinde yeniden kullanılması planlanmaktadır. Planlanan yeni astrojeodezik ölçme kampanyasının bir jeodezik ağ yerine bir hat (profil) boyunca yapılması düşünülmektedir. Astrojeodezik çekül sapması verisi, her türlü jeodezik ve jeofizik veriden bağımsız olması sebebiyle, herhangi bir sapma olmadan diğer verilerle karşılaştırılabilme avantajına sahiptir. Bu avantaj sayesinde, Türkiye Geoit Modeli-2020’nin (TG-20) gibi resmi geoit modellerinin veya yükseklik sistemlerinin doğrulukları kontrol edilebilmekte ve olası noksanlıkları belirlenebilmektedir. Bu çerçevede, planlanan yeni kampanyanın asıl amacı, TG-20’nin doğruluğunun belirli bölgelerde test edilmesidir. Bu kampanyada seçilecek ilk bölgenin hem geoit belirlemede zorluk yaşanan hem de küresel gravite modellerinin oldukça zayıf olduğu deniz ve kara verilerinin birleştiği bir kıyı bölgesi olması önemlidir. Ayrıca, bu bölgenin seçiminde dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise TG-20’nin görece düşük performans sergilediği bir bölge olmasıdır. Bu bildiride, küresel ölçekte gerçekleştirilen astrojeodezik geoit çalışmaları ele alınarak, Türkiye’de gerçekleştirilmesi planlanan astrojeodezik geoit hesaplarının nasıl ve nerede yapılması gerektiği konusu tartışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Astrojeodezik Geoit, Çekül Sapması, Geoit, QDaedalus, TG-20

Abstract

Astrogeodetic deflections of the vertical, which form the basic dataset in astrogeodetic geoid calculations, are conventionally obtained through observations conducted with astrogeodetic systems. Currently, deflections of the vertical components can be obtained with digital zenith cameras or robotic total station-based astrogeodetic systems with an observation time of 10-20 minutes. The robotic total station-based QDaedalus system (the precision is 0.2 arcseconds with Leica TCRM1101 total station) was successfully used in Istanbul for a period of 6 months in 2018, during which the potential of the system was demonstrated. In that 2018 Istanbul study, an astrogeodetic network was created. A new study which will reuse the system in different regions of Turkey is planned for the near future. This newly planned astrogeodetic survey campaign will be carried out along a profile rather than in a geodetic network. Astrogeodetic deflections of the vertical data are independent of all geodetic and geophysical data; therefore, they have the advantage of being comparable against other data without any bias. This advantage is necessary to check the accuracy of official geoid models such as the Turkish Geoid Model-2020 (TG-20) and height systems or to show possible shortcomings. The main purpose of the new campaign is to test the accuracy of the TG-20 in certain regions. It is important that the first region selected for this campaign be a coastal region where sea and land data are combined, where there are difficulties in determining the geoid and where global gravity models (GGMs) are quite weak. Additionally, another consideration when choosing this region is that it should demonstrate a relatively low performance in the TG-20.

In this presentation, astrogeodetic geoid studies carried out on a global scale and how and where astrogeodetic geoid calculations will be carried out in Turkey will also be discussed.

Keywords: *Astrogeodetic Geoid, Deflections of the Vertical, Geoid, QDaedalus, TG-20*

Kara Araçlarıyla Çoklu Sensör Entegrasyonu ile Çekül Sapması Bileşenlerinin Belirlenme Potansiyeli

Potential Determination of Deflection of Vertical Components through Multi-Sensor Integration with Mobile Vehicles

Yunus Aytac AKDOĞAN^{1,✉}, Murat DURMAZ², Hasan YILDIZ³

¹ Harita Genel Müdürlüğü, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, 06590 Ankara

² Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 06800 Ankara

³ Harita Genel Müdürlüğü, Harita Yüksek Teknik Okulu, 06590 Ankara

✉yunusaytac.akdogan@harita.gov.tr

Özet

Harita Genel Müdürlüğü koordinatörlüğünde 2015-2020 yılları arasında “Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu ve Gravite Altyapısının İyileştirilmesi” projesi gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında; yersel, hava ve uzay gravimetrisi ile bölgesel gravite alanı iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Yersel gravimetri çalışmaları bağıl ve mutlak gravimetre ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen yersel veriler tarihsel gravite verilerinin kalite kontrolünde kullanılarak Türkiye Jeoid Modeli (TG-2020) hesaplanmıştır. Statik olarak ölçülen yersel gravimetrisinin çok zaman alması ve yüksek maliyetinden dolayı kara aracı ile mobil hale getirilmesi ve çekül sapması bileşenlerinin belirlenebilirliğinin araştırılması fikri geliştirilmiş ve bu amaçla Harita Genel Müdürlüğü ve Hacettepe Üniversitesi tarafından bir çalışma grubu oluşturulmuştur. Mobil gravimetrideki teknolojik gelişmelerle seyrüsefer dereceli Analitik Ataletsel Navigasyon Sistemi (SIMU) kullanan hareket halindeki araba ile gravitenin düşey bileşeni yüksek doğrulukla elde edilebilmektedir. Ayrıca, kara aracıyla kırsal ve ormanlık alanlarda da gravite verisi elde edilebilmekte ve doğrudan Yeryüzünde ölçüm gerçekleştirilebilmektedir. Böylelikle aşağı uzanım kaynaklı hataların önüne geçilebilmektedir. Ayrıca ölçüm yapılan güzergâh boyunca izlenebilirliğin sağlanması için tekrarlı ölçümler yapılabilen ve ilave güncelleme ölçümleri uygulanabilmektedir. Yer’e yakın ölçü yapılarak ve kara aracını düşük hızda kullanarak gravite verisinin konumsal çözünürlüğü artırılabilir. Hızlı, basit ve güvenilir bir yöntemle yüksek doğrulukta yersel gravite bilgisi elde edilebilmektedir. Mobil gravimetre ile çekül sapması bileşenlerinin hesaplanması gravitenin düşey bileşenine göre daha problemlidir. SIMU ile elde edilecek çekül sapması bileşenlerinin doğruluğuna ilişkin olarak literatürde yer alan çalışmalar incelenmiştir. Yönelim parametresindeki hata ile çekül sapması bileşenlerinin hatası arasında doğrudan bir ilişki olduğu raporlanmıştır. Yönelim parametresi dönüölçer sensörü ile hesaplandığından dolayı çekül sapması bileşeninin belirlenmesi için en büyük sınırlayıcının dönüölçerin hassasiyeti olduğu görülmüştür. Literatür bulguları göz önüne alındığında Harita Genel Müdürlüğü envanterinde yer alan iCORUS SIMU sisteminde yer alan dönüölçer doğruluğu ile gravite ve sıfır hız güncellemeleriyle 1 yay-saniye doğruluğundan daha iyi çekül sapması bileşenlerinin elde edebileceği değerlendirilmektedir. Harita Genel Müdürlüğü envanterinde yer alan SIMU, GNSS ve Odometre sensörleri bir kara aracına monte edilmiş ve yersel mobil gravimetre sistemi oluşturulmuştur. Bu çalışmada geliştirilen sistem tanıtılmış ve mobil gravimetre ile çekül sapması bileşenlerinin belirlenme potansiyeli incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yersel mobil gravimetri, Çekül sapması bileşenleri, SIMU, GNSS, Sensör entegrasyonu.

Abstract

The "Turkey Height System Modernization and Gravity Recovery" project, conducted under the coordination of the General Directorate of Mapping between 2015 and 2020, aimed to enhance the regional gravity field through terrestrial, airborne, and spaceborne gravimetry. Terrestrial gravimetry studies were performed using relative and absolute gravimeters. The obtained terrestrial data were used for quality control of historical gravity data, resulting in the calculation of the Türkiye Geoid Model (TG-2020). Due to the time-consuming and costly nature of static terrestrial gravimetry measurements, an idea was developed to make them mobile and to investigate the potential of determining the deflection of vertical (DOV) components using a land vehicle. As a result, a joint working group was established

by the General Directorate of Mapping and Hacettepe University. Recent advancements in technology in mobile gravimetry, using navigation-grade SIMU (Strapdown Inertial Measurement Unit) in a moving vehicle, enabled the acquisition of the DOV components with acceptable accuracy. Furthermore, gravity data can be obtained in rural and forested areas using a land vehicle, allowing for direct measurements on the Earth's surface and mitigating errors due to downward continuation. Additionally, repeated measurements can be made along the measurement route to ensure traceability and additional update measurements can be applied. By performing measurements close to the Earth's surface and using the land vehicle at low speeds, the spatial resolution of gravity data can be increased. This method provides a fast, simple, and reliable way to obtain high-precision local gravity information. Calculating the DOV components with a mobile gravimeter, particularly with respect to the vertical component of gravity, on the other hand, is more challenging. Studies from the literature regarding the accuracy of DOV components obtained with SIMU were reviewed. A direct relationship between the error in orientation parameters and the error in the DOV components has been reported. Thus the biggest limiting factor for determining the DOV component is reported as the accuracy of the gyroscopes. Taking into account the findings from the literature, it is evaluated that the iCORUS SIMU available in the General Directorate of Mapping inventory, with its gyroscope accuracy and updates based on gravity and zero velocity, can potentially achieve DOV components determinations better than 1 arc-second accuracy. The SIMU, GNSS, and odometry sensors available in the General Directorate of Mapping inventory were mounted on a land vehicle, creating a terrestrial mobile gravimetry system. This study introduces the developed system and examines the potential for determining DOV components with a mobile gravimeter.

Keywords: *Terrestrial mobile gravimetry, DOV components, SIMU, GNSS, Sensor integration.*

Düşey Kontrol Açısından GNSS/Nivelman Noktalarının Önemi: 20 Yıllık Perspektif

Importance of GNSS/Levelling Stations in Terms of Vertical Control: 20-Year Perspective

Aydın Üstün^{1,✉}

¹Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Umuttepe, İzmit

²İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Geomatik Mühendisliği Bölümü, Ayazağa, İstanbul

✉ aydin.ustun@kocaeli.edu.tr

Özet

Yaklaşık 200 yıldan uzun bir süredir kullanılan nivelman tekniği, kazanılan deneyimler ve I/II derece düşey kontrol ağları için uygulanan sıkı prosedürler sayesinde yüksek doğruluk ($0.1-1 \text{ mm/km}^{1/2}$) sağlar. Buna karşın, ulusal/bölgesel ölçekte düşey kontrol ağları tesis, ölçme, yaşatma ve yeniden ölçme-değerlendirme çalışmaları birlikte değerlendirildiğinde, jeodezik görevler arasında emek-maliyet-performans ölçütlerini en çok zorlayan jeodezik altyapı sistemidir. Bu yönüyle, düşey kontrol ağlarını yaşatma sorunu, 2000'li yıllardan sonra alternatif çözüm olarak görülen GNSS nivelmanı tekniğine karşı tartışılır hale gelmiştir. Benzer durum Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı (TUDKA) için de geçerlidir. 1935-1972 yılları arasında birinci, 1972-1999 arasında ikinci faz ölçüleri yapılan TUDKA, bazı hatların yenilenmesi dışında yeniden ölçüm ve değerlendirme işlemi gerçekleştirilmemiştir. Diğer yandan Türkiye Ulusal Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu kapsamında farklı bir bakış açısı geliştirilerek, Türkiye Gravimetrik Jeoidinin dış doğruluk analizini yapmak ve hibrit Türkiye Jeoidi 2020'yi oluşturmak için kısıtlı sayıda geçkide yeni GNSS/nivelman verilerinin elde edilmesi yoluna gidilmiştir. GNSS uygulamalarının yaygınlaşması ile birlikte, gerçekleştirilen çok sayıda araştırma sonuçları incelendiğinde, elipsoidal yükseklik farklarının statik ölçülerle 2-3 cm'den daha iyi doğrulukla belirlenebileceği anlaşılmıştır. Verilen doğruluk seviyesi ortalama rakamları temsil etmektedir. Bazı uzunluğu kısıtlamasının ortadan kalktığı en iyi sonuçlar, 24 saatlik ve uydu görüşünün açık olduğu istasyonlarda alınmaktadır. Elipsoidal yükseklikler aynı noktada nivelman ölçülerine dayalı ortometrik yüksekliklerle birleştirildiğinde, datum noktasına olan uzaklığın bir fonksiyonu olarak GNSS/nivelman jeoit yükseklikleri için birkaç cm'lik konum doğruluğunu yakalamak olasıdır. Yukarıda anlatıldığı şekliyle iki ayrı jeodezik konum belirleme tekniği olarak ele alınan ve jeoit yüksekliğine indirgenen konum bilgisi, düşey kontrol açısından yeni bir anlam kazanır. Topoğrafyanın her iki ölçme tekniğinde aynı uzay-zaman referansına ait olması, geometrik jeodin uzay-zaman ölçeğinde sabitlenmesi demektir. Elde edilen jeoit profilleri yer kabuğu deformasyonu ile sonuçlanan jeodinamik etkilerden oldukça arınmış olacak başka bir deyişle neredeyse kalıcı (referans) jeoit bilgisine dönüşecektir. Bu çalışmada yükseklik sistemi modernizasyonu göz önüne alınarak GNSS/nivelman noktaları hakkında durum tespiti yapılacak, ardından geleceğe dönük bazı yaklaşım ve öneriler sıralanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Düşey Kontrol Ağları, GNSS/Nivelman jeoidi, Türkiye Jeoidi, Yükseklik sistemi modernizasyonu

Abstract

The leveling technique, which has been used for more than 200 years, provides high accuracy ($0.1-1 \text{ mm/km}^{1/2}$) thanks to the experience gained and the stringent procedures applied for I/II degree vertical control networks. On the other hand, when the establishment, measurement, maintenance and re-measurement-evaluation works of vertical control networks on a national/regional scale are evaluated together, it is one of the geodetic infrastructure systems that challenge the labor-cost-performance criteria. In this respect, the problem of keeping vertical control networks alive has become debatable against the GNSS leveling technique, which is seen as an alternative solution after the 2000s. A similar situation also pertains to the Turkish National Vertical Control Network (TUDKA). TUDKA, where the first phase measurements were made between 1935-1972 and the second phase between 1972-1999, has not been re-measured and evaluated except for the renewal of some lines. Within the scope of the Modernization of the Turkish National Height System,

a different perspective was developed and new GNSS/levelling data were obtained in a limited number of lines to conduct the external accuracy analysis of the Turkish Gravimetric Geoid and to create the hybrid Turkish Geoid 2020.

With the widespread use of GNSS applications, from the results of numerous studies examined, it was understood that ellipsoidal height differences could be determined with an accuracy of better than 2-3 cm with static measurements. The accuracy level given represents average figures. The best results, where baseline restriction is eliminated, are obtained at stations where 24-hour observation duration and satellite visibility is open. When ellipsoidal heights are combined with orthometric heights based on leveling measurements at the same point, it is possible to achieve a position accuracy of a few cm for GNSS/leveling geoid heights as a function of the distance to the datum point.

Position information, which is considered as two separate geodetic co-location techniques as explained above and reduced to the geoid height, gains a new meaning in terms of vertical control. The fact that the topography belongs to the same space-time reference in both measurement techniques means that the geometric geoid is fixed in the space-time scale. The resulting geoid profiles will be quite free from geodynamic effects resulting in crustal deformation, in other words, they will turn into almost permanent (reference) geoid information.

In this study, the status of GNSS/leveling points will be determined, taking into account the modernization of the elevation system, and then some future approaches and suggestions will be listed.

Keywords: *Vertical Control Networks, GNSS/Leveling geoid, Türkiye Geoid, Height system modernization*

4. OTURUM

REFERANS KOORDİNAT SİSTEMLERİ

Oturum Başkanları: Doç. Dr. Tefik ÖZLÜDEMİR (İTÜ)

Doç. Dr. Kamil TEKE (HÜ)

REFERENCE COORDINATE SYSTEMS

Convenors: Doç. Dr. Tefik ÖZLÜDEMİR (İTÜ)

Doç. Dr. Kamil TEKE (HÜ)



The 3rd realization of the International Celestial Reference Frame 3 (ICRF3)

Robert Heinkelmann^{1,✉}

¹GFZ German Research Centre for Geosciences

✉ robert.heinkelmann@gfz-potsdam.de

Abstract

International Celestial Reference Frame 3 (ICRF3) is the current realization of the International Celestial Reference System (ICRS). ICRF3 is the third realization of ICRS based on very long baseline interferometry (VLBI) observations only. Its main advantage over its predecessor (ICRF2) is that for some hundreds of radio sources, positions are available at several wavelengths. For geodetic VLBI, the majority of observations has been obtained at S- and X-band by the IVS (International VLBI Service for Geodesy and Astrometry), but additionally X- and Ka-band (NASA, ESA, JAXA) and K-band observations (VLBA et al.) are part of ICRF3 as well. Each wavelengths solution is independent and provides interesting opportunities for comparisons and empirical quality assessments. One of the upcoming tasks will be to establish an ICRS realization for VGOS, the new generation of VLBI ground stations, which again observes at different wavelengths between 2 – 14 GHz.

Since 2012, the ESA mission Gaia is revolutionizing optical astrometry allowing for a multitude of detailed scientific studies and for improved technical applications. Gaia has been accepted as the realization of ICRS in optical wavelengths (IAU Resolution B3 2021). Currently, ESA works on the predecessor mission of Gaia that will include observations in infra-red spectrum.

The presentation will cover conceptual, qualitative and quantitative description of the ICRF3 including its objects and object categories. The presentation will address the role of the celestial frames for astrometry and geodesy. A focus will be on the technical advance of ICRF3 with respect to previous releases, such as ICRF2.

Keywords: *Celestial Reference Frames and Systems, VLBI, ICRF3*

Earth Orientation Parameters (EOP) – a general talk

Robert Heinkelmann^{1,✉}

¹GFZ German Research Centre for Geosciences

✉ robert.heinkelmann@gfz-potsdam.de

Abstract

Earth Orientation is the difference of celestial and terrestrial orientations of geocentric reference systems described in terms of orthogonal basic rotation matrices. The corresponding set of parameters are the Earth Orientation Parameters (EOP). The EOP are offsets to the celestial pole coordinates computed with the conventional IAU2000A model: dX, dY, called celestial pole offsets (CPO), the terrestrial pole coordinates xp, yp, called polar motion and the phase offset between celestial and terrestrial intermediate origins on the CIP (celestial intermediate pole) equator: ERA (Earth Rotation Angle). Besides these five parameters, there are other parameters in use, such as length of day (LOD). Official datasets of the International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS) date back to the early 80ies, since the advent of the space geodetic techniques. Other EOP datasets involve optical astrometric observations in addition and therefore start already in the 19th century.

The EOP have high practical relevance for connecting the terrestrial and celestial reference frames. Doing so, they enable the data analysis of space geodetic techniques and allow for ground-based astronomy. They are applied for the attitude control of satellites and for the planning and controlling of space missions and the associated trajectories. The rotational speed of Earth also serves as time scales, sidereal and solar time. For civil use, the most important time scale is UT1, a mean solar time, which is applied to keep the civil time (UTC) that is based on the atomic time compatible SI second attached to the local apparent position of Sun.

The presentation will address general aspects of Earth rotation and a review of the current official EOP products of IERS. The main part will be a conceptual, qualitative and quantitative description of the parameters including their definition and observation by space geodetic techniques. A special focus will be on consistency aspects

Keywords: Earth Orientation Parameters (EOP), Celestial Reference Frames and Systems, Terrestrial Reference Frames and Systems

ITRF2020 and usage of its station position kinematic model

Zuheir Altamimi, Paul Rebischung, Xavier Collilieux, Laurent Métivier, Kristel Chanard

¹IGN-IPGP, France

✉ zuheir.altamimi@ign.fr

Abstract

To adequately describe the shape of the deforming Earth's surface, the ITRF2020 is provided as an augmented reference frame where the temporal station positions are modeled by a piece-wise linear part, and parametric functions describing annual and semi-annual displacements, as well as Post-Seismic Deformation (PSD) for stations subject to major earthquakes. The presentation outlines the ITRF2020 analysis strategy and combination model that integrate time series of station positions and Earth Orientation Parameters provided by the IAG technique services of the four space geodetic techniques (DORIS, GNSS, SLR, VLBI). After recalling and discussing the main ITRF2020 features and results, we deliver some recommendations on how to consistently use the ITRF2020 station position kinematic model that includes the PSD parametric functions, the station seasonal signals expressed in either the Earth Center of Mass (CM) or the Center of Figure (CF) frames, the corresponding geocenter motion, that is the motion of the Center of Mass with respect to the Center of Figure of the solid Earth's surface.

Keywords: *ITRF, ITRF2020, nonlinear station motions*

6 Şubat Kahramanmaraş Depremlerinin Ulusal 3 Boyutlu Referans Ağlarındaki Etkileri

Impacts of the 6 February Kahramanmaraş Earthquakes on the National 3D Reference Networks

Ali İhsan Kurt^{1,✉}, Tunahan Gündoğan¹, Selçuk Peker¹, Özgür Özel¹

¹ Harita Genel Müdürlüğü, Tıp Fakültesi Cad., 06590 Çankaya, Ankara

✉ alihsan.kurt@harita.gov.tr

Özet

6 Şubat 2023 tarihinde Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde yaklaşık 9 saat arayla AFAD kayıtlarına göre Mw=7.7 ve Mw=7.6 büyüklüklerinde geniş bir coğrafyayı etkileyen iki deprem meydana gelmiştir. 3 Boyutlu Ülke Jeodezik Referans Koordinat Sistemlerinin gerçekleşiminin sağlandığı Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı (TUTGA) noktaları ve Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif) istasyonları bu depremlerden ağır bir biçimde etkilenmiştir. En büyük deprem anı yer değiştirme ikinci depremin merkez üssüne en yakın istasyon olan Ekinözü'nde tespit edilmiştir.

Ülkemizde 1990'lı yıllardan itibaren gerçekleştirilen GNSS ölçmeleri, tektonik hareketler ve çeşitli faylardaki deprem döngüsünün etkisi ile yatay hızların 2-3 cm/yıl mertebesinde olduğunu göstermektedir. Böylesine aktif tektoniğe sahip bir bölgede meydana gelen depremler güncel jeodezik ölçme doğruluğunun üzerinde ve istatistiksel olarak anlamlı büyüklüğe ulaşan yer kabuğu hareketleri meydana getirmektedir. Son yıllarda hız parametresi kestirimlerinin, noktalardaki kampanya tipi ölçme periyotlarının artırılması ile elde edilen zaman serileri ile doğruluğu iyileştirilmiş ve sürekli GNSS ağlarının sıklaştırılması ile mekânsal çözünürlüğü artırılmıştır. Hassasiyeti ve doğruluğu yüksek bir hız alanının oluşturulması temel olarak kampanya ile ölçülen GNSS noktalarının ve sürekli GNSS istasyonlarının verilerinin aynı stratejilerle ve tek bir referans sistemi kullanılarak değerlendirilmesine dayanmaktadır. Ülke çapında yüksek duyarlılıklı ve küresel bir referans koordinat sistemi gereksinimini karşılamak için TUTGA 1997-1999 yılları arasındaki ölçmelerle, homojen olarak dağılmış 594 noktada kurulmuş ve nokta sıklaştırmalarıyla bu sayı günümüzde 680'e ulaşmıştır. TUTGA'nın hesaplandığı dönemdeki güncel Uluslararası Yersel Referans Sistemi (ITRS)'nin çözümü olan ITRF96, Türkiye için referans koordinat sistemi olarak kabul edilmiş ve 2005.0 epoğu referans epoğu seçilerek ülkemizin ITRF tabanlı modern jeodezik datumu Türkiye Ulusal Referans Koordinat Sistemi (TUREF) tanımlanmıştır. Depremler nedeniyle meydana gelen atımlar nedeniyle TUTGA ve TUSAGA-Aktif noktalarının koordinat güncellemelerinde farklı yöntemler izlenmektedir. Anlık veri alınabilen TUSAGA-Aktif istasyonlarının koordinatları günlük olarak takip edilebilirken TUTGA noktalarının koordinat değişimleri ise kampanya ölçüleri ile güncellenmektedir.

Anahtar Kelimeler: 6 Şubat Depremleri, TUTGA, Deformasyon, TUSAGA-Aktif

Abstract

On 6 February 2023, two earthquakes (Mw=7.7 and Mw=7.6 respectively according to the AFAD records) occurred on the East Anatolian Fault Zone approximately 9 hours apart affecting a wide geographical area. Turkish National Fundamental GNSS Network (TNFGN) sites and Continuously Operating Reference Stations-Türkiye (CORS-TR) stations that provided the realization of the National 3D Reference Frame were severely affected by these earthquakes. The largest co-seismic displacement was recorded at Ekinözü Station which is located nearest to the epicenter of the second earthquake. GNSS observations starting in the beginning of 1990s in Turkey show that horizontal velocities reach to an order of 2-3 cm/y due to the tectonic activities and earthquake cycles at various fault systems. Earthquakes happening in such an active tectonic region cause statistically significant displacements well above geodetic measurement accuracy. In recent years, accuracy of the geodetic velocity estimation has been improved via time series obtained with long campaign duration periods and spatial resolution is increased with densification of continuous GNSS networks. Determination of a precise and accurate velocity field depends on the combination of campaign type and continuous GNSS observations using a unique reference system and utilizing data with same strategies. In order to meet the need for a three dimensional modern reference coordinate system nationwide, Turkish National

Fundamental GPS Network (TNFGN) was established between 1997-1999 with 594 homogenously distributed sites and by the densification works this number has reached to 680. International Terrestrial Reference Frame-96 (ITRF96) which was the realization of International Terrestrial Reference System (ITRS) at the time TNFGN calculated, was adopted as the Turkish reference coordinate frame at epoch 2005.0 and Turkish Reference Frame (TUREF) was named as an ITRF based national modern geodetic datum. Different methods are followed on the coordinate updating of the TNFGN and CORS-TR sites for the co-seismic displacements due to the earthquakes. While the coordinates of the CORS-TR stations are monitored on a daily basis TNFGN site coordinates are updated via campaign type observations.

Keywords: 6 February Earthquakes, TNFGN, Deformation, CORS-TR

Türkiye’de Düşey Koordinat Referans Çerçevesinin Belirlenmesine İlişkin Çalışmalar

Studies on Determining the Vertical Coordinate Reference Frame in Turkey

Erdinç Sezen^{1,✉}, Ali İhsan Kurt¹

¹Harita Genel Müdürlüğü, Tıp Fakültesi Caddesi, 06590, Cebeci/ANKARA

✉erdinc.sezen@harita.gov.tr

Özet

Türkiye’de Düşey Koordinat Referans Çerçevesinin belirlenmesine ilişkin çalışmalar Haziran 1935’te Antalya’da ilk mareograf istasyonunun kurulması ile başlamıştır. Ülke nivelman ağının kurulumuna ilişkin ilk ölçüler ise 1935-1936 yıllarında Antalya–Dinar hattındaki toplam 220 km’lik güzergâhta gerçekleştirilmiştir. Nirengi ağı kurulum çalışmalarına öncelik verilmesi nedeniyle ara verilen nivelman çalışmalarına 1944 yılında yeniden başlanmış, ülke nivelman ağının tesisine ilişkin ilk periyot ölçüler 1970 yılına kadar devam etmiştir. Bu çalışmalarda, farklı denizlerde belirlenen sıfır yüzeylerine göre karanın içlerine doğru geometrik nivelman ile taşınan yükseklikler, nivelman hatlarının kesişim noktalarında (düğüm noktalarında) farklı yüksekliklerin bulunmasına neden olmuştur. Bu nedenle, Konya/Kulu yakınlarındaki NRN (Normal Rakım Noktası) noktası, kendisine bağlanan tüm hatlardan gelen yüksekliklerin ortalaması alınarak ülkenin ilk düşey datum noktası olarak tayin edilmiştir. Normal ortometrik yükseklik sisteminin kullanıldığı birinci periyot sonrasında ikinci periyot nivelman ölçüleri 1970’lerin ortasında başlamış ve 2000’li yılların başına kadar devam etmiştir. Gravite ölçülerinin de gerçekleştirildiği ikinci periyot ölçülerinin 1999 yılında jeopotansiyel sayı sisteminde topluca dengelenmesi ile Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı – 1999 (TUDKA-99) oluşturulmuştur. TUDKA-99 ile birlikte Antalya mareograf istasyonunda 1936-1971 yılları arasında ölçülen deniz seviyesi verilerinin aritmetik ortalaması ile bulunan yüzey düşey datum olarak kullanılmaya başlanmış ve Helmert ortometrik yüksekliklerin kullanımına geçilmiştir. Yine bu dönemde ilk defa astrojeodezik çalışmalarla başlayan ve sonrasında gravimetrik olarak devam eden çok sayıda ülke jeoidi belirleme çalışmaları olmuştur. Sonraki dönemlerde ülke genelinde meydana gelen $M_s \geq 6$ şiddetindeki depremin TUDKA üzerindeki etkilerini tespit ederek gerekli güncelleştirmeleri yapmak üzere nivelman hatlarında revizyon ölçüm çalışmaları gerçekleştirilmiştir. 2011 yılında Harita Genel Müdürlüğü ve Bulgaristan Askeri Coğrafya Servisinin Kapıkule ve Dereköy sınır kapılarında gerçekleştirdiği ortak ölçüm çalışmaları ile TUDKA’nın Avrupa Düşey Referans sistemine bağlantısı ve tanımlaması gerçekleştirilmiştir. 2000’li yıllar ile birlikte ülke genelinde başlayan yoğun bölünmüş yol çalışmaları nedeniyle ana karayolları boyunca tesis edilmiş nivelman noktalarının büyük oranda tahrip olduğu, sağlam kalan az sayıda noktanın ise tektonik hareketler nedeniyle güncel değerleri yansıtmadığı yapılan arazi ölçümleri ile tespit edilmiştir. Özellikle uydu teknolojisinin de haritacılık çalışmalarında yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmasıyla, nokta bazlı ve fiziksel tahribata açık nivelman ağına dayalı yükseklik sistemi yerine uydu ölçüm teknikleri ile uyumlu yüzey bazlı yükseklik sistemine geçilmesine karar verilmiştir. Bu kapsamda 2015-2020 yılları arasında Harita Genel Müdürlüğü’nün yürütücülüğünde beş kamu kurum ve kuruluşunun katılımı ile “Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu ve Gravite Altyapısının İyileştirilmesi” projesi hayata geçirilmiştir. Proje kapsamında hesaplanan Türkiye Jeoidi-2020 (TG-20) 2020 yılının başından itibaren başta imar ve kadastral çalışmalar olmak üzere tüm haritacılık uygulamaları için kullanıma sunulmuştur. TUDKA-99 ile aynı düşey datuma sahip TG-20 jeoidinin yersel ve havadan gerçekleştirilen ilave ölçüler ile daha da iyileştirilmesi çalışmalarına Harita Genel Müdürlüğü’nün devam edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Düşey Datum, Nivelman Ağı, Yükseklik Sistemi Modernizasyonu, Düşey Koordinat Referans Çerçevesi.

Abstract

Studies on determining the Vertical Coordinate Reference Frame in Turkey started with the establishment of the first tide gauge station in Antalya in June 1935. The first measurements regarding the establishment of the national leveling network were carried out on the 220km Antalya-Dinar leveling line in 1935-1936. The leveling works, which were interrupted due to the priority given to the

triangulation network installation works, were restarted in 1944, and the first period measurements regarding the establishment of the national leveling network continued until 1970. In these studies, the heights carried into the interior of the land by geometric leveling according to the zero surfaces determined in different seas caused different heights to be found at the intersections (nodes) of the leveling lines. For this reason, the NRN (Normal Height Benchmark) benchmark near Konya/Kulu was determined as the first vertical datum point of the country by taking the average of the heights from all levelling lines connected to it. After the first period in which the normal orthometric height system was used, the second period leveling measurements started in the mid-1970s and continued until the early 2000s. Turkish National Vertical Control Network - 1999 (TUDKA-99) was established by collectively adjustment of the second period measurements, which also included gravity measurements, in the geopotential number system in 1999. With TUDKA-99, the surface found with the arithmetic average of the sea level data measured between 1936 and 1971 at the Antalya tide gauge station had been begun to be used as a vertical datum and the use of Helmert orthometric heights was started. Also in this period, there were many national geoid determination studies, which started with astro geodetic studies and continued with gravimetric studies. In the following periods, revision measurement studies were carried out on the leveling lines in order to determine the effects of the earthquake with a magnitude of $M_w \geq 6$ that occurred throughout the country on TUDKA and to make the necessary revisions. In 2011, TUDKA's connection and definition to the European Vertical Reference System was carried out with the joint measurement studies carried out by the General Directorate of Mapping and the Bulgarian Military Geography Service at the Kapikule and Dereköy border gates. It has been determined through field measurements that the leveling benchmarks established along the main highways have been largely destroyed due to the double highway works that started throughout the country in the 2000s, and the few remaining undamaged benchmarks do not reflect valid values due to tectonic movements. Especially with the extreme use of satellite technology in surveying studies, it was decided to adopt a surface-based elevation system compatible with satellite measurement techniques, instead of a point-based elevation system based on a leveling network that is open to physical destruction. In this context, the "Modernization of Turkey's Height System and Improvement of Gravity Infrastructure" project was implemented between 2015 and 2020, under the leadership of the General Directorate of Mapping, with the participation of five public institutions and organizations. Turkish Geoid-2020 (TG-20) calculated within the scope of the project has been made available for all mapping applications, especially reconstruction and cadastral studies, since the beginning of 2020. The General Directorate of Mapping continues to work on improving the TG-20 geoid, which has the same vertical datum as TUDKA-99, with additional ground and airborne measurements.

Keywords: *Vertical Datum, Levelling Network, Height System Modernization, Vertical Coordinate Reference Frame.*

CGPS Günlük Koordinat Zaman Serilerinin Birleştirilmesi ve GPS Hızlarının Kestirimi

Combination of Daily CGPS Coordinate Series and Estimation of GPS Velocities

Mehmet Emin Ayhan^{1,2,✉}

¹Harita Genel Müdürlüğü, Ankara – Emekli

²Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara – Yarı Zamanlı Öğretim Üyesi

✉ meminayhan@gmail.com

Özet

Deprem döngüsü yerdeğiştirmeleri (deprem öncesi, deprem anı, deprem sonrası), yerel hareketler (toprak kayması, çökme, vb.), iklim değişikliği v.b nedenlerle oluşan konum değişikliklerini izlemek ve modellemek için sabit GNSS (CGNSS) istasyonlarında uzun dönemli günlük koordinat zaman serileri kullanılır. Ancak değişik nedenlerle CGNSS istasyonlarının sürekliliği sağlanamamakta, yerine yakınlarında (< 10 km) yeni istasyon(lar) kurulmaktadır. Birbirine yakın bu istasyonlardaki günlük koordinat zaman serileri ve hızlar, sistematik etkiler, değerlendirme strateji değişiklikleri, GNSS alıcı/anten değişikliği, tektonik ve yerel hareketler nedeniyle farklı karakterde olabilirler. Farklı istasyonlarda birbirini izleyen koordinat zaman serilerinin birleştirilmesi koordinat zaman serilerinde sürekliliği sağlayabilir. Deprem riski düşük, tektonik olarak durağan ve diri faylardan uzak olan Trabzon'da konumlu, aralarında yaklaşık 5.5 km uzaklık olan TRAB (1999.9452 - 2007.9042) ve TRBN (2009.0431 - 2015.8303) sabit GNSS istasyonlarında ölçüler arasında 2007.9069 - 2009.0412 döneminde boşluk bulunmaktadır. Bu istasyonlardaki günlük GPS ölçüleri NGL (Nevada Geodesy Laboratory, USA) tarafından değerlendirilmekte, günlük koordinat serileri (doğu-batı, kuzey-güney, düşey) ve GPS hızları (doğu (Ve), kuzey (Vn), yukarı (Vu)) web sitesinde (<https://www.unr.edu/>) yayınlanmaktadır. Koordinat zaman serilerinde trend, sistematik sinyaller, veri boşlukları, olası uyuşumsuz ölçüler ve sıçramalar (offset) bulunmakta, TRAB ile TRBN koordinat serileri arasında yaklaşık bir yıllık boşluk ve offset dikkat çekmektedir. TRAB ve TRBN istasyonlarındaki koordinat serilerini birleştirmek için öncelikle koordinat bileşenleri zaman serileri ayrı ayrı analiz edilmiştir. Koordinat serileri zaman serilerinin analizi üç aşamada gerçekleştirilmiştir: sistematik sinyallerin periyodlarının belirlenmesi, STL (Seasonal-Trend-Loess) ayrıştırma yöntemi ile trend, mevsimlik etkiler ve artık bileşenlerin belirlenmesi, mevsimsel etkilerden arındırılan zaman serileri ve artık ölçü serilerindeki uyuşumsuz ölçü ve offsetlerin ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)'ya dayalı çoklu uyuşumsuz ölçü ve offset yöntemi ile belirlenmesi. TRAB istasyonundaki uyuşumsuz ölçü ve offsetlerden arındırılan zaman serileri STL ile analiz edilip ARIMA ile ileri kestirimle TRAB ve TRBN serileri arasındaki boşluk doldurulmuştur. Böylece sanal TRBZ CGPS istasyonunda 1999.9452 - 2015.8303 dönemini kapsayan günlük koordinat serileri elde edilmiştir. TRBN serilerinde belirgin olan offsetler kestirilmiştir. TRBZ istasyonunda offset etkisi giderilmiş koordinat serilerin STL ayrışımı yapıldıktan sonra mevsimsel etkiler giderilen seriler doğrusal trend ve ARMA hata modeli ile modellenerek hızlar: $V_e=25.55 \pm 0.05$ mm/yıl, $V_n=13.35 \pm 0.01$ mm/yıl, $V_u= 0.02 \pm 0.04$ mm/yıl bulunmuştur. Bulunan sonuçların dış kontrolü için, TRBN istasyonunda 2009.01233 - 2023.24520 dönemini kapsayan günlük koordinat serileri Harita Genel Müdürlüğü websitesinden (<https://www.harita.gov.tr/>) indirilmiştir. Bu koordinat zaman serileri değerlendirilmiş ve TRBN istasyonundaki hızlar ($V_e=25.45 \pm 0.02$ mm/yıl, $V_n=13.42 \pm 0.02$ mm/yıl, $V_u= 0.01 \pm 0.09$ mm/yıl) TRBZ istasyonu hızları ile uyumlu bulunmuştur. Ayrıca TRAB istasyonu yakınında konumlu Trabzon mareograf istasyonunda Buzul Isostatik Dengeleme düzeltmesi (- 0.05 mm/yıl) TRBZ ve TRBN yukarı hızları ile uyumludur.

Anahtar Kelimeler: CGPS Günlük Koordinat Serisi, CGPS Hızı, Zaman Serisi Analizi, STL, ARIMA, Offset

Abstract

Long term daily coordinate time series at CGNSS sites are used for modeling and monitoring positional changes due to earthquake cycle displacements (inter-seismic, co-seismic, post-seismic), local motions (such as land slide, subsidence, etc.), climate change, etc. However, continuity of the stations may not

be ensured due to various reasons, and new close by stations (< 10 km) are installed. Daily coordinate time series and velocities at these stations may have different characters due to systematic effects, different processing strategies, receiver/antenna change, and tectonic and local motions. Combination of the coordinate time series adjacent in time at close by sites can ensure continuity of the series. Two CGNSS sites, TRAB and TRBN intervened about 5.5 km, located in Trabzon, where earthquake risk is low and far away from active faults, are spanning periods respectively 1999.9452 - 2007.9042 and 2009.0431 - 2015.8303 with a gap of 2007.9069 - 2009.0412 in between. Daily GPS observations at the two sites are being processed by Nevada Geodesy Laboratory (NGL), and daily coordinate series and GPS velocities (east (V_e), north (V_n), up (V_u)) are released on the website (<https://www.unr.edu/>). The series include trend, systematic signals, gaps, likely outliers and offsets, while a long gap and a large offset in between the series at the two sites are noted. In order to combine the two series at TRAB and TRBN sites, first the daily coordinate series for each component is analyzed independently in three steps: detection of periods of systematic signals, decomposition of the series in trend, seasonal and remainder components by using STL (Seasonal Trend-Loess) filtering, detection of outliers and offsets in the remainder and seasonally adjusted series by using ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) based multiple outlier/offset detection method. Corrected daily coordinate series for outliers and offsets at TRAB site are first decomposed by STL then the one-year gap is filled by an ARIMA forecasting. Hence, daily coordinate series spanning 1999.9452 - 2015.8303 are obtained at a visual CGPS site called TRBZ. The large offset dominating the series at TRBZ site are detected first and their effects are eliminated. Corrected series for the offsets at TRBZ site are first decomposed by STL. Then fitting a linear trend and ARMA error model to the seasonally adjusted series results in velocity estimates: $V_e = 25.55 \pm 0.05$ mm/yr, $V_n = 13.35 \pm 0.01$ mm/yr, $V_u = 0.02 \pm 0.04$ mm/yr. For external validation of the results, daily GPS coordinate series spanning a long period (2009.01233 - 2023.24520) at TRBN site downloaded on the website of General Directorate of Mapping (<https://www.harita.gov.tr/>) are analyzed similarly. Velocities estimated at TRBN site ($V_e = 25.45 \pm 0.02$ mm/yr, $V_n = 13.42 \pm 0.02$ mm/yr, $V_u = 0.01 \pm 0.09$ mm/yr) are coincident with the TRBZ velocities. Moreover, Glacial Isostatic Adjustment (GIA) correction at Trabzon tide gauge station where close by TRAB site is -0.05 mm/yr which is in coincident with up velocity at TRBZ and TRBN sites.

Keywords: CGPS Daily Coordinate Series, CGPS Velocity, Time Series Analysis, STL, ARIMA, Offset

5. OTURUM

JEODEİNAMİK

Oturum Başkanları: Prof. Dr. Bahadır AKTUĞ (AÜ)

Doç. Dr. Gonca OKAY AHI (HÜ)

GEODYNAMICS

Convenors: Prof. Dr. Bahadır AKTUĞ (AÜ)

Doç. Dr. Gonca OKAY AHI (HÜ)



Havran-Balıkesir Fay Zonunda Potansiyel Deprem Büyüklüklerinin Belirlenmesi

Determination of Potential Earthquake Magnitudes in Havran-Balıkesir Fault Zone

Eda Esma Eyübagil^{1,✉}, İbrahim Tiryakioğlu^{1,2}, Halil İbrahim Solak^{2,3}, Hasan Hakan Yavaşoğlu^{4,5}, Cemal Özer Yiğit⁶, Bahadır Aktuğ⁷, Çağlar Özkaymak^{8,2}, Mehmet Ali Uğur¹, Ece Bengünaz Çakanşimşek¹

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Ahmet Necdet Sezer Kampüsü, Gazlıgöl Yolu, 03200 Afyonkarahisar

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ahmet Necdet Sezer Kampüsü, Gazlıgöl Yolu, 03200 Afyonkarahisar

³ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Uzaktan Eğitim Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Ahmet Necdet Sezer Kampüsü, Gazlıgöl Yolu Afyon Meslek Yüksekokulu Binası Kat-3 03200 Afyonkarahisar

⁴ İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

⁵ TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Kutup Araştırmaları Enstitüsü, Gebze Yerleşkesi, Barış Mah. Dr. Zeki Acar Cad. No:1 21 41470 Gebze/Kocaeli

⁶ Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Cumhuriyet, 2254. Sk. No:2, 41400 Gebze/Kocaeli

⁷ Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 50. Yıl Yerleşkesi, Bahçelievler Mahallesi, 306. Sokak 11/H, 06830 Gölbaşı, Ankara,

⁸ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ahmet Necdet Sezer Kampüsü, Gazlıgöl Yolu, 03200 Afyonkarahisar

✉ itiryakoglu@aku.edu.tr

Özet

Ülkemizde 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Maraş depremleri sonrası sismik boşluk-susunluk olarak bulunan fay zonlarının araştırılması önem kazanmıştır. Havran-Balıkesir Fay Zonu (HBFZ) bu fay zonlarından birisi olarak düşünülmektedir. HBFZ, 2 ana faydan oluşmaktadır. Havran-Balya Fayı batıdan doğuya; Havran (HS), Osmanlar (OS), Turplu (TS), Ovacık (OvS) olmak üzere 4 farklı fay segmentini içermektedir. Balıkesir Fayı ise batıdan doğuya; Gökçeyazı (GS) ve Kepsut (KS) olmak üzere 2 farklı fay segmentine ayrılmaktadır. Sözbilir vd. (2016) tarafından yapılan paleosismolojik çalışmalarla fay zonunun Kepsut, Ovacık, Gökçeyazı segmentleri için depremsizlik süreleri belirlenmiştir. Bu süreler sırasıyla sırasıyla 125, 725 ve 2000 yıldır. 121Y295 numaralı TÜBİTAK projesi kapsamında HBFZ özelinde 58 noktalı bir GNSS ağı kurulmuştur. Ağda 2022 ve 2023 yıllarında iki kampanya GNSS ölçüsü gerçekleştirilmiştir. Ağ içerisinde yer alan daha önce farklı çalışmalarda kullanılan noktaların geçmiş verileriyle beraber tüm ölçüler GAMIT/GLOBK yazılımında değerlendirilmiştir. Çalışma bölgesinin Avrasya plakası sabit hız alanı ve jeodezik gerinim alanı elde edilmiştir. Jeodezik gerinim alanı analizi Geosuit yazılımında yapılmıştır. Hız alanı incelendiğinde Batı Anadolu hız alanı ile uyumlu şekilde güneybatı yönlü 20-30 mm/yıl olduğu görülmüştür. Bölgenin güncel gerinim alanı incelendiğinde; bölgede KKD-GGB yönlü açılma bileşenleri hakimdir. Gerinim alanları segment bazlı incelendiğinde ise en büyük açılma ve sıkışma bileşenlerinin Gökçeyazı segmenti civarında olduğu belirlenmiştir. Jeodezik gerinim alanları ve Sözbilir vd. (2016) tarafından belirlenen depremsizlik süreleri kullanılarak, segment bazlı potansiyel deprem büyüklükleri hesaplanmıştır. Segmentlerin üretebilecekleri maksimum deprem büyüklükleri hesaplanmıştır. Potansiyel deprem büyüklükleri ile maksimum deprem büyüklükleri karşılaştırılmıştır. Bu sonuçlar, öncül sonuç niteliği taşımaktadır. HBFZ özelinde jeodezik çalışmalar, 121Y295 numaralı TÜBİTAK projesi kapsamında devam etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sismik boşluk, GNSS, Potansiyel deprem büyüklüğü

Abstract

After the Maraş earthquakes that occurred in our country on February 6, 2023, the investigation of fault zones located as seismic gap-silence has gained importance. Havran-Balıkesir Fault Zone (HBFZ) is considered as one of these fault zones. HBFZ consists of two main faults. Havran-Balya Fault includes 4 different fault segments from west to east; Havran (HS), Osmanlar (OS), Turplu (TS), Ovacık (OvS). Balıkesir Fault is divided into two different fault segments from west to east; Gökçeyazı (GS) and Kepsut (KS). Paleoseismological studies conducted by Sözbilir et al. (2016) determined the seismicity periods for Kepsut, Ovacık and Gökçeyazı segments of the fault zone. These durations are 125, 725 and 2000 years, respectively. Within the scope of the TUBITAK project numbered 121Y295, a 58-point

GNSS network was established for the HBFZ. Two campaign GNSS measurements were carried out in the network in 2022 and 2023. All measurements were evaluated in GAMIT/GLOBK software together with the data from previous years of the points in the network that were previously used in different studies. Eurasian plate constant velocity field and geodetic strain field of the study region were obtained. Geodetic strain field analysis was performed in Geodisuit software. When the velocity field was analyzed, it was observed that it was 20-30 mm/year in the southwest direction in line with the Western Anatolian velocity field. When the current strain field of the region is analyzed, it is observed that the region is dominated by the NE-SW strike-slip components. When the strain fields are analyzed on a segment basis, it is determined that the largest opening and compression components are around the Gökçeyazı segment. Using the geodetic strain fields and the seismicity periods determined by Sözbilir et al. (2016), segment-based potential earthquake magnitudes were calculated. The maximum earthquake magnitudes that the segments can generate were calculated. Potential earthquake magnitudes and maximum earthquake magnitudes were compared. These results are preliminary results. Geodetic studies specific to HBFZ are ongoing within the scope of TUBITAK project number 121Y295.

Keywords: *Seismic gap, GNSS, Potential earthquake magnitude*

Artçı Depremler Öncesinde Görülen Jeoelektrik Anomalileri: 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri Sonrası

Geoelectric Anomalies Before Aftershocks: After the February 6, 2023 Kahramanmaraş Earthquakes

Mustafa ULUKAVAK^{1,✉}, Sabri Mert İNANÇ¹

¹Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, 63300 Haliliye / ŞANLIURFA
✉ mulukavak@harran.edu.tr

Özet

Yer içinde meydana gelen jeoelektrik değişimlerin izlenmesi ve deprem öncesi ortaya çıkabilecek muhtemel sismik-elektrik sinyali (SES) anomalilerinin araştırılması dünyanın birçok bölgesinde yapılmaktadır. Jeoelektrik değişimlerin (anomalilerin) izlenmesi çalışmaları ilk olarak Varotsos ve Alexopoulos (1984) tarafından depremlerden önce Dünya'nın elektrik alan değişimlerinde meydana gelen anomalilerin incelenmesi ile gerçekleştirilmiştir. Günümüzde birçok ülke tarafından yürütmekte olan bu yöntem Türkiye'de 12 Eylül 2021 tarihinde Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü arazisinde yapılmaya başlanmıştır. Jeoelektrik gözlemler, uzunluğu 98 metre olan ve birbirine dik olarak tesis edilen iki profil üzerinde yapılmaktadır. Kuzey-Güney ve Doğu-Batı doğrultulu bu profiller üzerinde 6 Şubat 2023 tarihli Kahramanmaraş depremleri sonrasında 08:00-17:00 saatleri arasında jeoelektrik gözlemleri yapılmıştır. Yapılan bu gözlemler ile artçı depremler öncesinde gözlemlenen muhtemel SES anomalileri ortaya çıkarılmıştır. Artçı depremlerin yaşandığı günlere ait jeoelektrik değişimlerin ve depremler öncesi ortaya çıkan muhtemel anomalilerin gözlemlendiği ve gözlemlenmediği zamanlara ait zaman ve uzay ortamında analiz yapılmıştır. Ayrıca deprem öncesi ortaya çıkan muhtemel jeoelektrik öncülerin genlikleri ve frekansları incelenmiştir. Buna ek olarak ölçüm yapılan bölgede ortaya çıkan diğer sinyaller ve frekansları da belirlenerek ilgili fiziksel olayların belirlenmesine yönelik araştırmalar yapılmıştır. Araştırmalardan elde edilen bulgular jeoelektrik değişimlerin incelenmesi sonucunda ortaya çıkan deprem öncesi muhtemel SES anomalilerinin bir deprem öncülü olarak kullanılabileceğinin göstergesi niteliğindedir. Sahada yapılan gözlemler ve araştırma bulguları 122Y365 numaralı kabul edilen TÜBİTAK projesinin pilot çalışması niteliğindedir.

Anahtar Kelimeler: Jeoelektrik, SES, Deprem, Doğu Anadolu Fay Zonu, Kahramanmaraş

Abstract

The monitoring of geoelectrical variations in the Earth and the investigation of possible seismic-electrical signal (SES) anomalies that may occur before earthquakes are carried out in many regions of the world. The monitoring of geoelectric variations (anomalies) was first carried out by Varotsos and Alexopoulos (1984) by examining the anomalies that occur in the Earth's electric field variations before earthquakes. This method, which is being carried out by many countries today, started to be carried out in Turkey on September 12, 2021 at Harran University Osmanbey Campus. Geoelectric observations are made on two profiles with a length of 98 meters and installed perpendicular to each other. Geoelectric observations were made on these profiles in the North-South and East-West directions between 08:00-17:00 hours after the Kahramanmaraş earthquakes on February 6, 2023. With these observations, possible SES anomalies observed before the aftershocks were revealed. The geoelectric changes on the days of the aftershocks and the times when the possible anomalies that occurred before the earthquakes were observed and when they were not observed were analyzed in time and space. In addition, the amplitudes and frequencies of possible geoelectric precursors before the earthquake were analyzed. In addition, other signals and their frequencies in the measured region were also determined and investigations were carried out to determine the related physical phenomena. The findings obtained from the researches indicate that the possible pre-earthquake SES anomalies that emerge as a result of the examination of geoelectric changes can be used as an earthquake precursor. The field observations and research findings are the pilot study of the accepted TUBITAK project number 122Y365.

Keywords: Geoelectric, SES, Earthquake, Eastern Anatolian Fault Zone, Kahramanmaraş

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinin (M_w 7.7 ve M_w 7.6) Deprem Anı (Kosismik) Yer Değiştirmeleri ve Kayma Dağılımlarının GNSS Tekniği ile Belirlenmesi

Determination of Coseismic Displacements and Slip Distributions of the February 06, 2023 Kahramanmaraş Earthquakes (M_w 7.7 and M_w 7.6) by GNSS Technique

Ali Özkan^{1,✉}, Halil İbrahim Solak^{2,4}, İbrahim Tiryakioğlu^{3,4}, Murat Doruk Şentürk⁵, Bahadır Aktuğ⁵, Cemil Gezgin⁶, Fatih Poyraz⁷, Hüseyin Duman⁷, Frédéric Masson⁸, Göksu Uslular⁹, Cemal Özer Yiğit¹⁰, Hasan Hakan Yavaşoğlu^{9,11}

¹Osmaniye Meslek Yüksekokulu, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye

²Uzaktan Eğitim Meslek Yüksekokulu, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, Türkiye

³Geomatik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, Türkiye

⁴Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, Türkiye

⁵Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

⁶Harita Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Aksaray Üniversitesi, Aksaray, Türkiye

⁷Harita Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, Türkiye

⁸Institut de Physique du Globe; UMR 7516, Université de Strasbourg/EOST CNRS, Strasbourg, France

⁹TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Kutup Araştırmaları Enstitüsü, Gebze, Kocaeli, Türkiye

¹⁰Harita Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye

¹¹Geomatik Mühendisliği Bölümü, İnşaat Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

✉ aliozkan@osmaniye.edu.tr

Özet

Anadolu ve Arabistan levhalarının sınırını oluşturan Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) boyunca önemli sismik aktiviteler meydana gelmektedir. Yakın geçmişte, merkezleri Kahramanmaraş'ın ilçeleri olan 6 Şubat 2023 tarihli ardışık depremler (Pazarcık, M_w 7.7; Elbistan, M_w 7.6) hem DAFZ ana fay sistemi hem de DAFZ'nin KD-GB ana gidiş doğrultusuna göre oblik kolları üzerinde oldukça büyük kırılmalar neden olmuştur. Bu depremler öncesinde, yüksek uzaysal çözünürlüğe sahip bir GNSS gözlem ağı ile bölgedeki başlıca diri fayların deprem öncesi (intersismik) dönem kayma hızlarını ve kilitleme derinliklerini kullanarak bir sismik tehlike analizi gerçekleştirdik. Uluslararası bilimsel dergilerde paylaşılan bu deprem öncesi çalışmanın sonuçları 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri sonrasında gerçekleştirilen jeolojik ve jeodezik gözlemler ile doğrulanmıştır. Bu çalışmada, 6 Şubat Kahramanmaraş depremleri sonrası kosismik etkilerin jeodezik açıdan araştırılması amacıyla, mevcut GNSS ağına sıklaştırılmasıyla 73 sabit istasyon ve 40 kampanya gözlem noktasından oluşan daha geniş ve kendine özgü bir ağ tasarlanmıştır. Bu sayede, Pazarcık ve Elbistan depremlerinin ardından gerçekleştirilen GNSS gözlemleri neticesinde özgün bir jeodezik veri seti elde edilmiştir. Bir elastik yarı uzayda sonlu atıma dayalı bir ters çözüm stratejisi ile GNSS gözlemlerinden hesaplanan deprem anı yüzey yer değiştirmeleri kullanılarak fay düzlemi üzerindeki kayma dağılımları modellenmiştir. Kırılan fay segmentleri için fay düzlemi üzerinde fay doğrultusu ve ona dik doğrultuda kayma vektörleri hesaplanmıştır. Bu çalışma sonucunda, deprem anı yüzey yer değiştirmelerinin çoğunlukla fay kayma vektörleri ile uyumlu olduğu görülmüştür. DAFZ ve oblik kollarının baskın sol yanal doğrultu atım mekanizması, burada yeni jeodezik kısıtlar kullanılarak hesaplanan fay doğrultusu yönündeki kaymalar ile doğrulanmıştır. Fay doğrultuları nedeniyle, bu çalışmada gözlem yapılan GNSS noktaları doğu bileşenlerinde rölatif olarak daha büyük deprem anı yer değiştirmelere sahiptir. Pazarcık ve Elbistan depremlerinin neden olduğu en büyük toplam yer değiştirmeler sırasıyla 466 cm, 362 cm ve 360 cm ile EKZ1, CRDK ve BNCA noktalarında hesaplanmıştır. Her iki depremin dış merkezlerine (episantr) yakın gözlem noktalarında dahi düşey yer değiştirmeler, yatay yer değiştirmelere oranla görece 10-40 kat daha küçüktür. 6 Şubat 2023'teki ilk ana şok (yerel saat ile 04.17'de) birbirleriyle etkileşim halindeki DAFZ, Amanos ve Narlı Segmentlerini kırarak sırasıyla 494 cm, 373 cm ve 152 cm'lik doğrultu atımlara neden olmuştur. İlk ana şoka dair odak mekanizması çözümlerindeki bindirme bileşeni, Narlı Segmenti boyunca fay mekanizmasında 141 cm'lik ters kaymaya karşılık gelmektedir. İkinci ana şok (yerel saat ile 13.24'te) Çardak Fayı boyunca normal ve sol yanal transform faylanma nedeniyle 141 cm normal atım ve 391 cm doğrultu atım tetiklemiştir. Modelimizde bölgenin doğusundaki 407 cm sol yanal doğrultu atım ve 52 cm normal atım Doğanşehir Fay Zonu ile ilişkilendirilmiştir. Modelin en batı segmenti olan Savrun Fayı'nın ise 72 cm sol yanal doğrultu atımı ve 149 cm ters atımı tetiklediği sonucuna varılmıştır. Bu çalışma, DAFZ ve civarında deprem döngüsünün araştırılması çerçevesinde birinci yazarın doktora tez çalışmasının devamı niteliğindedir. Deprem öncesi ve anı kinematik model sonuçları detaylı olarak birinci yazar tarafından uluslararası

makalelerde yayımlanmıştır. Bu çalışmanın finansal desteği Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 1002-C Doğal Afetler Odaklı Saha Çalışması Acil Destek Programı (Proje No. 123D005) ve İstanbul Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü (Proje No. MGA-2019-42243) tarafından sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: GNSS, Doğu Anadolu Fay Zonu, Kahramanmaraş, Deprem anı yer değiştirme, Kayma dağılımı

Abstract

Major seismic activities occur along the East Anatolian Fault Zone (EAFZ), which forms the boundary of the Anatolian and Arabian plates. Recently, the consecutive earthquakes on February 06, 2023 with the epicentres in the districts of Kahramanmaraş (Pazarcık, M_w 7.7; Elbistan, M_w 7.6) caused quite large ruptures on both the main fault system of the EAFZ and its oblique branches with respect to the NE-SW main direction of the EAFZ. Before these earthquakes, we accomplished a seismic hazard analysis using the pre-earthquake (interseismic) slip rates and locking depths of the main active faults in the region with a high-spatial-resolution GNSS network. The results of this pre-earthquake study presented in the international scientific journals were validated by the geological and geodetic observations accomplished after the Kahramanmaraş earthquakes on February 06, 2023. In this study, in order to investigate the coseismic implications through a geodetic perspective after the February 6th Kahramanmaraş earthquakes, a wider and specific network consisting of 73 permanent stations and 40 campaign observation sites was designed with the densification of the existing GNSS network. Thus, a unique geodetic data set was achieved as an outcome of GNSS observations performed after the Pazarcık and Elbistan earthquakes. The slip distributions on the fault plane were modelled using the coseismic surface displacements derived from GNSS observations with an inversion strategy based on finite dislocation in an elastic half-space. The slip vectors along the strike and dip directions on the fault plane were calculated for the ruptured fault segments. As a result of this study, it was revealed that the coseismic surface displacements were mostly consistent with the fault slip directions. The dominant left-lateral strike-slip mechanism of the EAFZ and its oblique branches were verified by the slips along fault strike calculated herein using the new geodetic constraints. Due to the fault strikes, the GNSS sites observed in this study had relatively larger coseismic displacements on their east component. The largest total displacements caused by Pazarcık and Elbistan earthquakes were calculated at the EKZ1, CRDK and BNCA sites, with displacements of 466 cm, 362 cm, and 360 cm, respectively. The vertical displacements were relatively smaller than the horizontal displacements by about 10–40 times, even at the sites closest to the epicentres of the two consecutive earthquakes. As the first main shock on February 6, 2023 (at 04.17 local time) ruptured DAFZ, Amanos and Narlı Segments, which interact with each other, it was caused with the strike slips of 494 cm, 373 cm and 152 cm, respectively. The thrust component in the focal mechanism solutions for the first main shock corresponds to a reverse slip of 141 cm in the fault mechanism along the Narlı Segment. The second main shock (at 13.24 local time) triggered 141 cm normal slip and 391 cm strike-slip due to normal and left-lateral transform faulting along the Çardak Fault. In our model, the left-lateral strike-slip of 407 cm and normal slip of 52 cm in the east of the region were associated with the Doğanşehir Fault Zone. It was also concluded that the Savrun Fault, which is the westernmost segment of the model, induced the left-lateral strike slip of 72 cm and reverse slip of 149 cm. This study is the continuation of the first author's doctoral dissertation within the framework of investigating earthquake cycle on the EAFZ and its surroundings. The results about the interseismic and coseismic kinematic models have been published in detail in the international articles by the first author. The financial support of this study was provided by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK) 1002-C Emergency Support Program for Field Study Focusing on Natural Disasters (Project No. 123D005) and the Coordinator of Scientific Research Projects (BAP) of Istanbul Technical University (Project No. MGA-2019- 42243).

Keywords: GNSS, East Anatolian Fault Zone, Kahramanmaraş, Coseismic displacement, Slip distribution

Doğu Anadolu Fay Zonu'nun (DAFZ) Erkenek ve Sürgü Segmentlerinin Deprem Davranışının Çok Disiplinli Yöntemlerle İncelenmesi: GNSS Çalışmaları

Deformations Investigation of Earthquake Behavior of the Erkenek and Sürgü Segments of the Eastern Anatolian Fault Zone (EAFZ) with Multi-Disciplinary Methods: GNSS Studies

İbrahim Tiryakioğlu^{1,2}, Ercan Aksoy³, Halil İbrahim Solak^{4,2}, Fatih Poyraz⁵, Cemil Gezgin⁶, Eda Esmâ Eyübagıl¹, Ece Bengünaz Çakanşimşek¹, Ergin Dönmez⁷, Kayhan Aladoğan⁸, Kemal Özgür Hastaoğlu⁹, Hüseyin Duman⁵, Hasan Sözbilir⁹, Orhan Tatar¹⁰, Fikret Koçbulut¹¹, Mustafa Softa⁹, Serap Çolak Erol³, Elif Akgün³, Mehmet Yüksel¹²

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Ahmet Necdet Sezer Kampüsü, Gazlıgöl Yolu, 03200 Afyonkarahisar

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ahmet Necdet Sezer Kampüsü, Gazlıgöl Yolu, 03200 Afyonkarahisar

³ Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ

⁴ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Uzaktan Eğitim Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Ahmet Necdet Sezer Kampüsü, Gazlıgöl Yolu Afyon Meslek Yüksekokulu Binası Kat-3 03200 Afyonkarahisar

⁵ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 58140, Kampüs/Sivas

⁶ Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü E90 yolu yanı, Kampüs, 68100, Aksaray

⁷ Pamukkale Üniversitesi, Çivril Atasay Kamer Meslek Yüksekokulu, Emlak Yönetimi Bölümü, Kızılcaşöğüt Mahallesi Atatürk Bulvarı, No : 6/1 20600 Çivril / DENİZLİ

⁸ Hitit Üniversitesi, Osmancık Ömer Derindere Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Eymir Mahallesi Rifat Göbel Bulvarı No:160 Osmancık/Çorum

⁹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kuruçeşme Mahallesi, Deü Kaynaklar Yerleşkesi, 35370 Buca/İzmir

¹⁰ T. C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Üniversiteler Mahallesi Dumlupınar Bulvarı No:159, Çankaya/Ankara

¹¹ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140, Kampüs/Sivas

¹² Çukurova Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Sarıçam/Balcalı/Adana

✉ itiryakoglu@aku.edu.tr

Özet

Anadolu, neotektonik dönemde oluşan önemli yapısal unsurlardan biriside Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) dur. Duman vd. (2020) ise, DAFZ'yi kuzey ve güney olmak üzere iki kola ayırmıştır. Güney kol anakol olarak isimlendirilip Karlıova (Bingöl) ve Antakya arasındaki yaklaşık 580 km uzunluğa sahiptir. kuzey kolu ise Sürgü-Misis Fay Sistemi (SMF) olarak adlandırmışlar ve dokuz segmentten oluşmaktadır. Sürgü segmenti yaklaşık D-B doğrultusunda uzanan ve Çelikhan (Adıyaman) yakınlarında DAFZ ile birleşen ya da ondan ayrılan bir görüntü vermektedir. Bu segment bazı yazarlar tarafından (Perinçek ve Kozlu,1984) Çardak-Sürgü Fayı olarak isimlendirilirken, bazı çalışmalarda ise (Şaroğlu vd., 1992) batı bölümünün ayrı bir fay olduğu belirtilmiş ve bu bölüme Çardak Fayı adı verilmiştir. Bu çalışma kapsamında jeolojik haritalama ve kinematik analiz çalışmaları, paleosismoloji çalışmaları, GNSS-InSAR çalışmaları, yaşlandırma (tarihlendirme) çalışmaları ve tüm verilerin değerlendirme çalışmaları olmak üzere 5 iş paketi şeklinde yürütülmesi planlanmıştır. Bu çalışmada bu iş paketlerinden GNSS çalışmaları ve sonuçları anlatılmıştır. Çalışma kapsamında fay kayma hızlarının belirlenmesi ve güncel hareketleri hakkında detaylı bilgilere ulaşmak amacıyla toplam 23 nokta içeren bir GNSS ağı oluşturulmuştur. 2022-2024 yıllarında 3 kampanya ölçü yapılması planlanmıştır. İlk kampanya ölçü 2022 yılı içerisinde gerçekleştirilmiştir. Ancak 6 Şubat 2023 tarihinde ülkemizde Gaziantep ve Kahramanmaraş il sınırları içerisinde (Mw:7.7 ve Mw:7.6) iki büyük deprem meydana gelmiştir. Projeye konu olan Doğu Anadolu Fay Zonu'na ait Erkenek ve Sürgü Segmentlerinin yer aldığı çalışma bölgesi, bu depremlerden en çok etkilenen ve depremler nedeniyle en çok hasarın görüldüğü yerlerdendir. Bu depremler sonrası ağ cosismik yer değiştirmeler nedeniyle deformasyona uğramıştır. 2023 yılı içerisinde 2. Kampanya ölçüler gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 121Y410 nolu proje numarası ile desteklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sürgü, Erkenek, GNSS, Deformasyon

Abstract

One of the important structural elements formed in Anatolia during the neotectonic period is the Eastern Anatolian Fault Zone (EAFZ). Duman et al. (2020) divided the DAFZ into two branches, north and south. The southern branch is called the main branch and has a length of approximately 580 km between Karlıova (Bingöl) and Antakya. The northern branch is called the Sürgü-Misis Fault System (SMF) and consists of nine segments. The Sürgü segment extends in the D-W direction and either merges with or separates from the DAFZ near Çelikhan (Adıyaman). While some authors (Perinçek and Kozlu, 1984) named this segment as Çardak-Sürgü Fault, some studies (Şaroğlu et al., 1992) stated that the western part is a separate fault and named this segment as Çardak Fault. Within the scope of this study, it is planned to carry out 5 work packages as geological mapping and kinematic analysis studies, paleoseismology studies, GNSS-InSAR studies, dating studies and evaluation of all data. In this study, GNSS studies and results of these work packages are described. Within the scope of the study, a GNSS network including a total of 23 points was established in order to determine fault slip rates and to obtain detailed information about their current movements. It was planned to carry out 3 campaign measurements in 2022-2024. The first campaign measurement was carried out in 2022. However, on February 6, 2023, two major earthquakes (Mw:7.7 and Mw:7.6) occurred in Gaziantep and Kahramanmaraş provinces. The study region, where the Erkenek and Sürgü Segments of the Eastern Anatolian Fault Zone, which is the subject of the project, is one of the most affected and damaged areas due to these earthquakes. After these earthquakes, the GNSS network was deformed due to coseismic displacements. In 2023, the 2nd Campaign measurements were carried out. All data were evaluated in GAMIT/GLOBK software. A velocity field was created before the Maraş earthquakes by TUTGA and TUSAGA active data in the region. Using this velocity field, deformations in the network after the Maraş earthquakes were determined. This study is supported by TÜBİTAK with project number 121Y410.

Keywords: Sürgü, Erkenek, GNSS, Deformation

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinin Hasan Dağı Volkan İzleme İstasyonlarına Etkilerinin İncelenmesi

Investigation of the Impacts of the 6 February 2023 Kahramanmaraş Earthquakes on Mount Hasan Volcano Monitoring Stations

Cemil Gezin^{1,✉}, Hacı Murat Yılmaz¹, İbrahim Tiryakioğlu^{2,3}, Hediye Erdoğan¹, Süleyman Sefa Bilgilioglu¹, Esra Gürbüz¹, Osman Orhan⁴, Alper Gürbüz⁵, Halil İbrahim Gündüz¹, Gökhan Atıcı⁶, Cezmi Türkmen⁷, Erkan Yıldırım⁸, Selami Kılıçel⁹, Kaan Öcal⁹,

¹Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Aksaray, Türkiye

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

³Afyon Kocatepe Üniversitesi, Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi (DUAM), Afyonkarahisar, Türkiye

⁴Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Mersin, Türkiye

⁵Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Niğde, Türkiye

⁶Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Ankara, Türkiye ⁷Aksaray İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü (AFAD), Aksaray, Türkiye

⁸Aksaray Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Aksaray, Türkiye

⁹Niğde İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü (AFAD), Niğde, Türkiye

✉ cemilgezin.jfm@gmail.com

Özet

Türkiye'nin en genç volkanlarından biri olan Hasan Dağı'nda gerçekleştirilen radyometrik tarihlendirme çalışmaları, belli bölgelerde görülen gaz çıkışları ve kar tutmama gözlemleri ile altında güncel bir magma odasının varlığı Hasan Dağı'nın halen aktif bir volkan olduğunu teyit etmektedir. Buna ek olarak uzun yıllardır Hasan Dağı ve çevresinde meydana gelen depremlerin kaynaklarının sayısal veriler yardımıyla ortaya konulabilmesi için Hasan Dağı volkanizmasıyla ilişkili deformasyonların izlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle 121Y401 no'lu TÜBİTAK projesi kapsamında volkanın kuzey, güney ve batı yamaçlarına üç adet Sabit GNSS (Global Navigation Satellite Systems) istasyonu tesis edilerek bölgedeki yüzey deformasyonunun gerçek-zamanlı olarak izlenilmesi amaçlanmıştır. Sabit GNSS istasyonlarına ait kayıt oturumları, olası bir deprem meydana gelmesi durumunda bu depremin kaydedilebilmesi ve bölge tektoniği ile ilgili önemli verilerin edinilebilmesi amacıyla kayıt aralığı 1 ve 30 sn, volkanik veya tektonik aktivite sonucunda GNSS anteninde meydana gelen anlık ve belirlenen eşik değeri (3cm/sn) aşan değişimlerin yüksek doğrulukta (VADASE-Variometric Approach for Displacement Analysis Stand-alone Engine) izlenmesi ve uyarı verilmesi amacıyla 20 hertz (0.05sn) halinde konfigüre edilmiştir. Ardışık epoklar arasında meydana gelen dinamik yer değiştirmeleri ham GNSS ölçülerinden gerçek zamanlı elde edilen efemeris bilgileri ve taşıyıcı faz gözlemleri ile belirleyebilen VADASE, günümüzde deprem, yapı sağlığı izleme ve hızlı risk değerlendirmesi alanlarında kullanılmaktadır. Ülkemizde 6 Şubat 2023 tarihinde Sofalaca-Şehitkamil Gaziantep (Mw:7.7) ve Ekinözü Kahramanmaraş (Mw:7.6)'da meydana gelen depremler çevre illerde de büyük yıkıma neden olmuş ve bu depremlerin etkileri tüm ülkede hissedilmiştir. Yerel saat ile 04:17 ve 13:24'te meydana gelen depremlere ait yer değiştirme ve hız değerleri VADASE sisteminde anlık olarak hesaplanmıştır. Deprem dalgası bölgeye ulaştıktan sonra gerçekleşen anlık hareket üç istasyon tarafından da ara yüz sisteminde alarm olarak gösterilmiş ve bu verilere depremden yaklaşık iki dakika sonra erişim sağlanabilmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmada, depremlerin odak merkezine yaklaşık 250 km uzaklıkta bulunan Hasan Dağı volkan izleme sisteminde, iki farklı deprem anı için yatay ve düşeyde meydana gelen anlık yer değiştirmelere ilişkin elde edilen sonuçlar sunulmaktadır. Buna ek olarak mevcut sistemin depremler ve volkanik hareketlerle ilgili önemli verileri anlık olarak elde edebilme kabiliyetinden dolayı aktif fay zonlarının izlenmesinde kullanıldığı takdirde bilimsel alanda önemli katkılar sunacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hasan Dağı, Deprem, GNSS, Yer değiştirme, VADASE

Abstract

The findings of the radiometric dating studies carried out on Mount Hasan, one of the youngest volcanoes in Turkey, observations of gas outflows and observations of not holding snow in winter in certain regions, and the existence of a current magma chamber underneath confirm that Mount Hasan is still an active volcano. In addition, it is of great importance to monitor the deformations associated with

Mount Hasan volcanism in order to reveal the sources of the earthquakes that have occurred in Mount Hasan and its surroundings for many years with the help of digital findings. For this reason, three continuously operating reference GNSS (Global Navigation Satellite Systems) stations were built on the northern, southern and western hillsides of the volcano within the scope of the TÜBİTAK project as numbered 121Y401 in order to monitor the surface deformation of the region in real-time. The recording intervals of the GNSS stations were set as 1 and 30 seconds in order to record the earthquake in case of a possible tremor and to obtain important data about the tectonics of the region, and to monitor with high accuracy (VADASE- Variometric Approach for Displacement Analysis Stand-alone Engine) and get a warning of instantaneous changes that occur in the GNSS antenna as a result of volcanic or tectonic activity that exceed the specified threshold value (3cm/sec), these intervals also configured as 20 hertz (0.05 sec). VADASE, which can determine the dynamic displacements occurring between consecutive epochs with real-time ephemeris information and carrier phase observations obtained from raw GNSS measurements, is currently used in the fields of earthquake, structure health monitoring and rapid risk assessment. The earthquakes that occurred in Sofalaca-Şehitkamil Gaziantep (Mw: 7.7) and Ekinözü Kahramanmaraş (Mw: 7.6) on February 6, 2023 in our country caused massive destruction in the surrounding cities and the impacts of these earthquakes were felt all over the country. Displacement and velocity values of the earthquakes that occurred at 04:17 and 13:24 local time were calculated instantly in the VADASE system. The rapid movement that occurred after the earthquake wave reached the region was shown as a warning in the interface-system by all three stations, and this data could be accessed approximately two minutes after the earthquake. In this study, the results obtained regarding the rapid horizontal and vertical displacements for two different earthquake moments in the Mount Hasan volcano monitoring system, which is approximately 250 km away from the epicenter of the earthquakes, are presented. In addition, it is thought that the current system will make significant contributions to the scientific field if used in monitoring active fault zones due to its ability to instantly obtain important data about earthquakes and volcanic movements.

Keywords: *Mount Hasan, Earthquake, GNSS, Displacement, VADASE*

Seferihisar Depreminin Neden Olduğu İyonosferik Anamolilerin İncelenmesi

Investigation of Ionospheric Anamoles Caused by Seferihisar Earthquake

Sercan BÜLBÜL^{1,✉}, Fuat BAŞÇİFTÇİ², Cevat İNAL¹, Tunahan GÜNDOĞAN³

¹Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya

²Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Harita ve Kadastro Programı, Karaman

³Harita Genel Müdürlüğü, Ankara

✉ sbulbul@ktun.edu.tr

Özet

Dünya atmosferi, sıcaklığa göre beş ana katmana bölünür ve yerçekimi tarafından korunur. Dünya yüzeyinin en yakınından en yükseğe doğru olan katmanları sırasıyla troposfer, stratosfer, mezosfer, termosfer ve ekzosferdir. İyonosfer, üst atmosferin 60 km ile 1000 km arasında değişen iyonize kısmıdır ve termosfer ile mezosfer tamamını ve ekzosferin bazı kısımlarını içerir. İyonosferin büyük bir kısmı nötr gazlardan oluşmaktadır. İyonize olmuş gazlar ise çoğunlukla güneşten gelen kısa dalga (mor ötesi ve X ısınımı) ışınlar ile iyonlaşma sonucu oluşur. İyonosferdeki serbest elektron miktarı zaman, konum, jeomanyetik hareketlilik gibi birçok etkene bağlıdır. İyonosfer, günlük, 27 günlük, mevsimsel, altı aylık, yıllık ve 11 yıllık olmak üzere bazı düzenli, zamansal ve bölgesel değişimler sergilemektedir. Bu değişiklikler modellenabilir ve etkileri büyük ölçüde belirlenebilir. Düzenli değişimlerin yanı sıra iyonosferdeki beklenmedik düzensiz değişimler, uzay hava koşulları (Güneş patlamaları, jeomanyetik fırtınalar, vb.), jeolojik doğal tehlikeler (Deprem, volkanik patlamalar vb.), insan kaynaklı olaylar (Roket fırlatmaları, nükleer patlamalar, vb.) gibi birçok faktörden kaynaklanır ve iyonosferinde kolaylıkla tespit edilebilir bir iz bırakır. Depremin yıkıcı etkilerine karşı önlem alabilmek için bu değişimlerin depremin meydana geliş zamanının önceden kestirilebilmesi önemlidir. Deprem tahmini için dikkate alınması gereken parametrelerden biri iyonosferik değişimlerdir. Yapılan bilimsel çalışmalarda depremden önce veya sonra iyonosfer tabakasında bazı değişimler olduğu görülmüştür. Bu değişimler farklı yöntem ve cihazlarla tespiti yapılacak şekilde modellenilmektedir. Bu yöntemlerin incelenmesindeki temel parametrelerden birisi de Toplam Elektron İçeriği (TEC) değerinin değişimidir. Küresel Konumlandırma Uydu Sistemleri (GNSS) gözlemleri ile iyonosferdeki Toplam Elektron Miktarı (TEC) değişimleri deprem öncesi, deprem anı ve deprem sonrası belirlenebilmektedir. Bu çalışmada, Seferihisar-İzmir açıklarında meydana gelen depremin (37.8881o N 26.7770o E, 30 Ekim 2020, Mw 6.6) iyonosferde meydana getirdiği değişimler deprem öncesi, deprem günü ve deprem sonrası olmak üzere 20 günlük zaman aralığında araştırılmıştır. Öncelikle deprem öncesi, deprem günü ve deprem sonrası iyonosfer değişimine etki edebilecek Güneş Aktivitesi (F10.7), Jeomanyetik Aktivite (Dst) ve Jeomanyetik Fırtına (Kp) indisleri incelenmiştir. İndisler, uzay ortamının ve manyetik alanın durumunun 20 Ekim ile 08 Kasım 2020 tarihleri arasında sessiz olduğunu göstermiştir. Daha sonra deprem bölgesi ve çevresinde bulunan 10 tane CORS-Tr istasyonundan toplanan RINEX verileri Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen bölgesel iyonosferik TEC (RIM-TEC) ve global TEC haritaları (CODE) kullanılarak 10 istasyonun koordinatlarından yararlanarak enterpolasyon ile elde edilen GIM-TEC değerleri ile depremin iyonosferdeki TEC değişimlerine etkisi incelenmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada, deprem gibi büyük epizodik olayların varlığında, TEC değerlerini yalnızca GIM TEC haritalarına güvenmek yerine bölgesel olarak hesaplamamanın daha gerçekçi olduğunu göstermektedir. Gerçekleştirilen bu çalışmanın depremden birkaç hafta ya da gün sonra yapıldığı göz önüne alınırsa, iyonosferin gerçek zamanlı olarak izlenmesi, deprem erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: İyonosfer, RIM-TEC, CODE-TEC, Seferihisar Depremi, Uzay İklim Koşulları

Abstract

The Earth's atmosphere is divided into five main layers based on temperature and is held in place by gravity. The layers, in order from closest to the Earth's surface to the highest, are the troposphere, stratosphere, mesosphere, thermosphere, and exosphere. The ionosphere is the ionized portion of the upper atmosphere, ranging from 60 km to 1000 km, and it encompasses the entirety of the thermosphere and mesosphere, as well as some parts of the exosphere. A significant portion of the ionosphere consists

of neutral gases, while ionized gases primarily result from ionization due to short-wave solar radiation, such as ultraviolet and X-rays. The amount of free electrons in the ionosphere depends on various factors, including time, location, and geomagnetic activity. The ionosphere exhibits regular, temporal, and regional variations, including daily, 27-day, seasonal, semi-annual, annual, and 11-year cycles. These variations can be modeled, and their effects can be largely determined. In addition to regular changes, unexpected irregular variations in the ionosphere are caused by various factors, including space weather events (solar flares, geomagnetic storms, etc.), geological natural hazards (earthquakes, volcanic eruptions, etc.), and human-made events (rocket launches, nuclear detonations, etc.). These irregular changes leave easily detectable traces in the ionosphere. Detecting and understanding these changes are important for taking precautions against the destructive effects of earthquakes, and ionospheric variations are one of the parameters to consider in earthquake prediction. In scientific studies, some changes in the ionosphere before or after earthquakes have been observed. These changes can be modeled and detected using various methods and devices. One of the fundamental parameters in studying these methods is the variation in Total Electron Content (TEC) in the ionosphere. Observations of Global Navigation Satellite Systems (GNSS) can be used to determine changes in TEC in the ionosphere before, during, and after earthquakes.

In this study, the changes in the ionosphere caused by the earthquake that occurred off the coast of Seferihisar-Izmir (37.8881o N 26.7770o E, October 30, 2020, Mw 6.6) were investigated over a 20-day time period, including before the earthquake, on the day of the earthquake, and after the earthquake. Firstly, the Solar Activity (F10.7), Geomagnetic Activity (Dst), and Geomagnetic Storm (Kp) indices, which could affect ionospheric changes, were examined. The indices indicated that the space environment and magnetic field were quiet between October 20 and November 8, 2020. Then, the regional ionospheric Total Electron Content (RIM-TEC) obtained by processing RINEX data collected from 10 Continuously Operating Reference Stations-Turkey (CORS-Tr) in the earthquake region and its surroundings using Bernese v52 Scientific GNSS software, and GIM-TEC values obtained by interpolation via the coordinates of 10 stations using global TEC maps (CODE) were used to investigate the effect of the earthquake on ionospheric TEC changes. The study shows that in the presence of major episodic events like earthquakes, it is more realistic to calculate TEC values regionally rather than relying solely on Global TEC maps. Given that this study was conducted a few weeks or days after the earthquake, monitoring the ionosphere in real-time is believed to contribute to the development of earthquake early warning systems.

Keywords: *Ionosphere, RIM-TEC, CODE-TEC, Seferihisar Earthquake, Space Weather Conditions*

30 Ekim 2020 Mw:6.9 Sisam Depremi Sonrası İzmir ve Çevresindeki Postsismik Deformasyonun İzlenmesi

Monitoring Postseismic Deformation in Izmir and Its Surroundings After the 30 October 2020 Mw:6.9 Samos Earthquake

Halil İbrahim SOLAK^{1,2,✉}, İbrahim TİRYAKİOĞLU^{2,3}, Bahadır AKTUĞ⁴, Sefa YALVAÇ⁵, Cemal Özer YİĞİT⁶, Ergin DÖNMEZ⁷, Ertuğrul DEMİRELLİ³, Eda Esmâ EYÜBAGİL³, Ece Bengünaz ÇAKANŞİMŞEK³

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Uzaktan Eğitim Meslek Yüksekokulu Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Afyonkarahisar, TÜRKİYE

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi, Afyonkarahisar, Türkiye

³Afyon Kocatepe Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

⁴Ankara Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

⁵Gümüşhane Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane, Türkiye

⁶Gebze Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye

⁷Pamukkale Üniversitesi, Çivril Meslek Yüksekokulu Emlak ve Emlak Yönetimi Bölümü, Denizli, Türkiye

✉hisolak@aku.edu.tr

Özet

TÜBİTAK 121Y259 numaralı proje kapsamında 30 Ekim 2020 Mw:6.9 Sisam depremi sonrası İzmir ve güneyinde postsismik deformasyonun izlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma bölgesi İBTZ'nin güney kısmını oluşturan İzmir-Gümüşdör-Karaburun üçgeninde yer alan bölgeyi kapsamaktadır. Bu bölgede Mordoğan (MF), Seferihisar (SF), Tuzla (TF), Kuşçular (KuF), Kenelidağ (KF), Yağcılar (YF), Gümüşdör (GuF), Güzelhisar (GFZ), Alaçatı (AF) ve Gülbahçe (GF) fayları yer almaktadır. Çalışma bölgesinde postsismik deformasyonu izlemek için kullanılabilecek ve aynı zamanda kosismik yer değiştirmeleri belirlemek için de kullanılan GNSS noktaları yer almaktadır. Bu noktalar aynı zamanda çalışma ekibi tarafından uzun süredir takip edilen noktalardır. Bölgede yer alan noktalara ek olarak TUSAGA-Aktif ve TUTGA noktalarının da dahil edilmesiyle 27 noktalık bir GNSS ağı oluşturulmuştur. Ağda yer alan noktalarda deprem sonrasında 6 aylık periyotlar halinde toplam 4 kampanya daha GNSS ölçümü gerçekleştirilmiştir. Kosismik etkinin belirlenmesi amacıyla Kasım 2020 tarihinde gerçekleştirilen bir kampanya GNSS ölçümünden elde edilen verilerle birlikte postsismik dönemde elde edilen tüm veriler GAMIT/GLOBK bilimsel yazılımı ile değerlendirilmiş ve her bir noktaya ait deprem öncesi ve deprem sonrası Avrasya sabit (ITRF2014) GNSS hızları ve zaman serileri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bölge postsismik dönemde 14-32 mm/yıllık ($\pm 1-3$ mm) hızlarla güneybatı yönünde hareket etmektedir. Ayrıca bölgede yer alan noktalara ait zaman serilerindeki düzensizliğin devam ettiği görülmüştür. 30 Ekim 2020 Mw:6.9 Sisam depremi sonrası bölgede postsismik hareketin devamlılığının analiz edilebilmesi için ağda yer alan noktaların deprem öncesi hızları deprem sonrası verilerde aynı değerlendirme stratejisi kullanılarak yeniden elde edilmiştir. Postsismik dönemdeki hızlarda deprem öncesi hızlara göre hem vektörel hem de açısal farklılıkların bulunduğu görülmüştür. Bu durum bölgede postsismik dönemin devam ettiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Postsismik deformasyon, Sisam Depremi, GNSS Hızları, İzmir-Balıkesir Transfer Zonu

Abstract

With the support of TUBITAK project number 121Y259, it was aimed to monitor the postseismic deformation in Izmir and its south after the 30 October 2020 Mw: 6.9 Samos earthquake. The study area covers the region located in the Izmir-Gümüşdör-Karaburun triangle, which constitutes the southern part of IBTZ. In this region, Mordoğan (MF), Seferihisar (SF), Tuzla (TF), Kuşçular (KuF), Kenelidağ (KF), Yağcılar (YF), Gümüşdör (GuF), Güzelhisar (GFZ), Alaçatı (AF) and Gülbahçe (GF)) faults are located. There are GNSS sites in the study area that are used to determine coseismic displacements and can also be used to monitor postseismic deformation.

These are also sites that have been followed by the study team for a long time. A 27-sites GNSS network was established by including TUSAGA-Aktif stations and TUTGA sites in the region. After the earthquake, a total of 4 more campaigns of GNSS measurements were carried out at the sites in the network in 6-month periods. All data obtained during the coseismic and postseismic periods were evaluated with GAMIT/GLOBK scientific software, and pre-earthquake and post-earthquake Eurasian fixed (ITRF2014) GNSS velocities and time series for each sites were obtained. According to the results obtained, the region moves in the southwest direction at velocities of 14-32 mm/year (with sigmas of $\pm 1-3$ mm) during the postseismic period. In addition, it was observed that the irregularity in the time series of sites in the region continued. In order to analyze the postseismic movement in the region after the 30 October 2020 Mw:6.9 Samos earthquake, the pre-earthquake velocities of the sites in the network were obtained again using the same evaluation strategy in the post-earthquake data. It has been observed that there are both vectorial and angular differences in the velocities in the post-seismic period compared to the pre-earthquake velocities. This situation shows that the postseismic period continues in the region.

Keywords: Postseismic Deformation, Samos Earthquake, GNSS Velocities, İzmir-Balıkesir Transfer Zone

GRACE/GRACE-FO Uydu Verileri ile Fırat-Dicle Nehri Su Kütlesi Değişiminin Zaman Serisi Analizi

Time Series Analysis of Euphrates-Tigris River Water Mass Change with GRACE/GRACE-FO Satellite Data

Murat Bektaşoğlu^{1,✉}, Emine Tanır Kayıkcı²

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Kanuni Kampüsü, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği

²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Kanuni Kampüsü, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği

✉muratbektasoglu2@gmail.com

Özet

Günümüzde su kaynaklarının korunmasını, etkili yönetimini ve sürdürülebilir kullanımının önemini vurgulayan ulusal ve uluslararası birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalarda en yaygın yöntem olarak kullanılan uzaktan algılama tekniği GRACE/-FO (Gravity Recovery and Climate Experiment/-Follow On) uydu misyonudur. GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment/-Follow On) uydusu DLR (Alman Havacılık ve Uzay Merkezi) ve NASA (Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Merkezi) iş birliği ile Mart 2002 tarihinde başlatılmış olup Haziran 2017 tarihine kadar veri sağlamıştır. 2018 Mayıs ayında GRACE uydusunun devamı niteliğinde geliştirilen GRACE-FO uydusu NASA ve GFZ (Alman Yer Bilimleri Araştırma Merkezi) tarafından ortaklaşa olarak hayata geçirilmiştir. GRACE/-FO uydularının gerçekleştirilmesinin temel sebebi yerçekimi alanı ve iklim değişikliği ile ilgili verilerin daha yüksek doğrulukta ve kapsama alanında elde etmektir. Bu sebepler ışığında ikiz uydu sistemi olarak geliştirilen GRACE/-FO uydusu araştırmacılara su kütleleri hakkında veri sağlamaktadır. GRACE/-FO uydusundan elde edilen Toplam Su Kütlesi (TWS) verileri ile küresel ölçekte veya istenilen bölgeye ait su kütlelerindeki değişimler incelenebilmektedir. Bu veriler GRACE/-FO uydusuna ait Veri Bilim Sistemi (SDS) tarafından oluşturulmaktadır. SDS içerisinde GFZ, CSR (University of Texas Center of Space Research), JPL (NASA Jet Propulsion Laboratory) analiz merkezleri yer almaktadır. Her analiz merkezine göre TWS verileri üretilir ve yayınlanır. COST-G (International Combination Service for Time-variable Gravity Fields) uluslararası kombinasyon servisedir ve GRACE/-FO uydu verilerinin kombinasyonunu sağlamaktadır. Bu sayede her bir analiz merkezinin verileri kullanılarak daha yüksek doğrulukta TWS verileri elde edilebilmektedir. G3P (Global Gravity-based Groundwater Product) dünya çapında değişen yeraltı suyu kaynaklarına ilişkin tutarlı, gözlem temelli ve küresel kapsamlı operasyonel bilgi sağlayan veri kaynağıdır. Alfred Wegener Enstitüsü (AWI) ve Dresden Teknik Üniversitesi iş birliğiyle GFZ Yerçekimi Bilgi Hizmeti olan GravIS (Gravity Information Service) GRACE/-FO uydusundan elde edilen verileri yayınlayan ve görselleştiren servistir. GravIS sayesinde çeşitli su kaynaklarının belirli bölgelerde nasıl değiştiği incelenebilir ve bu verilere erişilebilir. Çalışmada GRACE/-FO uydu verilerine COST-G, GravIS ve G3P üzerinden TWS verilerine erişilmiştir. Bu verilerin konumsal çözünürlüğü 1° enlem×1° boylam; zamansal çözünürlüğü aylıktır. Çalışma bölgesi olarak Fırat-Dicle Nehri seçilmiştir. Elde edilen veriler bölgesel olarak indirgenip zaman serisi analizi yapılmıştır. Bölgede TWS değerlerinde yaklaşık olarak yıllık 0.2 cm'lik azalış olduğu gözlemlenmiştir. TWS verilerinin arasındaki korelasyon da incelenmiştir. Pearson Korelasyon katsayıları 0,99 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak Fırat-Dicle Nehri'nde zaman serilerinde de görüldüğü üzere TWS değerlerinin azalış eğiliminde olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: GRACE/GRACE-FO, COST-G, GravIS, G3P, Su kütlesi değişimi, Zaman serisi analizi.

Abstract

Numerous national and international studies emphasize the importance of conserving water resources, effective management, and sustainable utilization. The remote sensing technique known as GRACE/-FO (Gravity Recovery and Climate Experiment/-Follow On) satellite mission is commonly used as the primary method in these studies. The GRACE satellite mission, jointly initiated by DLR (German Aerospace Center) and NASA (National Aeronautics and Space Administration) in March 2002,

provided data until June 2017. In May 2018, the GRACE-FO satellite was developed as a continuation of the GRACE mission, in collaboration between NASA and GFZ (German Research Centre for Geosciences). The main purpose of implementing the GRACE/-FO satellite system is to obtain data on gravity field and climate change with higher accuracy and coverage. Developed as a twin satellite system for these reasons, the GRACE/-FO satellite provides researchers with data on water masses. The Total Water Storage (TWS) data obtained from the GRACE/-FO satellite enables the examination of changes in water masses on a global scale or in specific regions. These data are generated by the Satellite Data System (SDS) associated with the GRACE/-FO satellite. The SDS includes the analysis centers GFZ, CSR (University of Texas Center for Space Research), and JPL (NASA Jet Propulsion Laboratory). TWS data is produced and published according to each analysis center. COST-G (International Combination Service for Time-variable Gravity Fields) is an international combination service that combines and integrates GRACE/-FO satellite data, resulting in TWS data with higher accuracy by utilizing data from each analysis center. G3P (Global Gravity-based Groundwater Product) is a data source that provides consistent, observation-based, and globally comprehensive operational information on varying groundwater resources worldwide. GravIS (Gravity Information Service), a collaboration between the Alfred Wegener Institute (AWI) and Dresden University of Technology, is the service that publishes and visualizes the data obtained from the GRACE/-FO satellite, serving as GFZ's Gravity Information Service. GravIS allows the examination of how various water resources change in specific regions and enables access to this data. In this study, TWS data was accessed through COST-G, GravIS, and G3P using GRACE/-FO satellite data. The spatial resolution of these data is 1° latitude by 1° longitude, with a monthly temporal resolution. The study area selected is the Euphrates-Tigris River. The obtained data were spatially reduced for the region, and time series analysis was performed. It was observed that the TWS values in the region decreased by approximately 0,2 cm annually. The correlation between TWS data was also examined, and Pearson correlation coefficients were calculated as 0.99. Consequently, as observed in the time series of the Euphrates-Tigris River, a decreasing trend in TWS values can be observed.

Keywords: GRACE/GRACE-FO, COST-G, GravIS, G3P, Water mass change, Time series analysis.

6. OTURUM

KONUM BELİRLEME VE UYGULAMALAR

Oturum Başkanları: Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU (AKÜ)

POSITIONING AND APPLICATIONS

Convenors: Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU (AKÜ)



TUSAGA-Aktif Jeodezik Alt Yapısının Güçlendirilmesi

Strengthening of CORS-TR Geodetic Infrastructure

Ayhan CİNGÖZ¹, ✉

¹Atay Mühendislik, Mutlukent Mahallesi 2010. Cadde, Beysu Villakent Sitesi No:1 Beysukent, Çankaya, Ankara

✉ acingoz@ataymuhendislik.com

Özet

Anadolu büyük depremler oluşturan Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu fay sistemlerinin üzerinde yer almaktadır. Özellikle 6 ve daha büyüklükteki depremler sonucunda kadastro doğruluk sınırlarını aşan deformasyon yani yer değiştirmeler meydana gelmektedir. Bu durumda kamu kurumları ve özel sektöre ait nirengi noktaları ile konumlama hizmeti veren referans istasyonlarının üç boyutlu koordinat bilgilerinin yeniden hesaplanması zorunludur. Deprem atımlarından ayrı olarak, nokta konumlarında büyüklük ve yönü bölgeden bölgeye değişen, yatay yönde yılda 2- 3 cm'e ulaşan sürekli hareketler mevcuttur. Bu tektonik yapıya uygun olarak, TUTGA ve TUSAGA-Aktif gibi modern jeodezik ağlar hız bilgileriyle birlikte 4 Boyutlu olarak tanımlanmıştır (X,Y,Z,t). B derece ağ ve noktalar arasında sınıflandırılan TUSAGA-Aktif sisteminden, gerek Gerçek Zamanlı Kinematik düzeltme verileri kullanılarak yersel, Kinematik GNSS veya GNSS-IMU destekli uçuşlarda ise sabit yer istasyonu olarak, gerekse statik ölçü yöntemi ile yapılacak uygulamalarda izlenecek kurallar Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHKBÜY)'nde tanımlanmıştır. Bu bildiride, birçok farklı disiplinde sonuç ürünlerinden yararlanılan TUSAGA-Aktif sisteminde işletilen referans istasyonlarına ait koordinat ve hızların en yüksek hassasiyette hesaplanmasının aşamaları ile mevcut yazılıma ek olarak kurulan Tersus PNW kontrol merkezi yazılımı tanıtılacak, TUREF hız alanının kullanımı ele alınacaktır. Yönetmeliğe göre kullanıcılar, ölçme epoğunda ürettikleri jeodezik nokta koordinatlarını referans epoğuna (2005.0) kaydırmak amacıyla güncel TUTGA/TUSAGA-Aktif nokta hızlarından idare tarafından belirlenen enterpolasyon yöntemini kullanarak hız bilgisi hesaplamaktadır. Bu çerçevede, Harita Genel Müdürlüğü koordinatörlüğünde hesaplanan Türkiye Hız Alanının TUSAGA-Aktif sisteminde kullanılmasına yönelik yöntem önerilecektir. Ayrıca, sistemin daha verimli ve etkin çalışabilmesi amacıyla; istasyonlar arası mesafelerin azaltılması amacıyla ilave istasyonların eklenmesi, alıcıların tüm GNSS sinyallerini alabilecek şekilde modernizasyonu, Azerbaycan, Gürcistan, Yunanistan ve Bulgaristan gibi komşu ülkelerle entegrasyon, TUREF'in ve dolayısıyla ITRF96 datumu ve 2005.0 epoğunun güncellenmesi hususlarında öneriler getirilecektir.

Anahtar Kelimeler: Hız Alanı, ITRF, TUREF, TUSAGA-Aktif

Abstract

Anatolia is located on the North and East Anatolian fault systems that cause major earthquakes. Especially because of earthquakes of magnitude 6 and above, deformations, that is, displacements, that exceed the cadastral accuracy limits occur. In this case, it is necessary to re-estimate the three-dimensional coordinate information of the landmarks belonging to public institutions and the private sector, and the reference stations that provide positioning services. Apart from the earthquake displacements, there are continuous movements at point locations, whose size and direction vary from region to region, reaching 2-3 cm per year in the horizontal direction. In accordance with this tectonic structure, modern geodetic networks such as TUTGA and CORS-TR are defined in 4D with velocity information (X,Y,Z,t). By using the data of CORS-TR system, which is classified among B-degree networks and points, the rules to be followed in applications to be made either locally using Real-Time Kinematic correction data, as a reference station in Kinematic GNSS or GNSS-IMU supported flights, or with the static measurement method are defined at Regulation on Large Scale Map and Map Information Production (BÖHKBÜY). In this presentation, the stages of calculating the precise coordinates and velocities of the reference stations operated in the CORS-TR and the Tersus PNW which was installed in addition to the existing control center software, will be introduced and the use of the TUREF velocity field will be discussed. According to the regulation, users calculate velocity information using the interpolation method determined by the Administration from the current TUTGA/CORS-TR site velocities to shift the geodetic coordinates they produce in the

measurement/current to the reference epoch (2005.0). In this context, a method will be proposed for the use of TUREF velocity field, estimated under the coordination of General Directorate of Mapping, in the CORS-TR. In addition, for the system to work more efficiently and effectively; suggestions will be made regarding the addition of more stations to reduce the inter-station distances, the modernization of receivers to collect all GNSS signals, integration with neighboring countries such as Azerbaijan, Georgia, Greece and Bulgaria, and updating TUREF and therefore the ITRF96 datum and 2005.0 epoch.

Keywords: CORS-TR, ITRF, TUREF, Velocity Field

Filistin Ulusal Jeodezik Referans Çerçevesinin Oluşturulması

Coşkun Demir¹, Ali Kılıçoğlu¹, Saed Ideas², Mohammad Maraheel², Omar Abusharar², Samuel Awawdi³

¹Geokspor Hrt.Müh.Ltd.Şti. Kuru Mah. Kavaklı Sok. No. 8/41 Çayyolu, Ankara, Türkiye

²Palestinian Land Authority (PLA), Surveying General Directorate, Nablus Main Str. Al-Bireh, West Bank

³Axis- GPS for Advanced Engineering Solutions, Al Ersal Street, Ramallah, West Bank

✉ csdemir@gmail.com

Özet

Dünya Bankası tarafından desteklenen “Filistin Ulusal Jeodezik Referans Çerçevesinin Geliştirilmesi (PAL-GRF)” projesi, tüm kullanıcılara her yönüyle yüksek doğrulukta, homojen ve standart konumlandırma olanağı sağlayacak modern bir jeodezik altyapının kurulmasını hedeflemektedir.

Jeodezik altyapı, konumla ilgili her türlü teknik çalışmanın ana temelini oluşturur. Modern ve güncel kadastral ve topoğrafik haritaların üretimi, CBS'nin geliştirilmesi, Ulusal Mekansal Veri Altyapısının (NSDI) temel bileşenleri vb. için modern ve ülke çapında bir tutarlı ve doğruluğu yüksek bir jeodezik altyapının kurulması önkoşuldur.

Filistin jeodezik referans sistemi (PAL1923), tüm dünyada olduğu gibi, başlangıçta klasik haritacılık teknikleri kullanılarak oluşturulmuş ancak modern anlamda küresel jeodezik referans sistemleriyle henüz entegre edilememiştir. Nirengi ağı ve yükseklik ağı, yaklaşık 100 yıl önce Filistin Araştırma Dairesi tarafından kurulmuştur.

Bu ağlar, konum doğruluğunun düşük olması, noktaların önemli bir kısmının tahrip olması gibi çeşitli nedenlerle günümüzün beklenen doğruluk kriterlerini ve modern konumlandırma ihtiyaçlarını karşılamaktan uzaktır. Bir diğer önemli faktör ise Filistin'in bulunduğu bölgede zamanla noktaların konumunu değiştiren kabuk deformasyonunun etkisidir.

PAL-GRF, temel olarak gerçek zamanlı kinematik (RTK) konumlandırma hizmeti sağlayan Sürekli Çalışan Referans İstasyonları ağına hayata geçirilmesini amaçlamaktadır. Ancak mevcut durumda, gelecekte aktif istasyonlara dönüştürülecek şekilde pasif yapıda bir jeodezik ağ oluşturulması yoluna gidilmiştir. Bu amaçla, ülkeye dağıtılan 10 adet istasyonda GNSS ölçü kampanyası düzenlenerek ITRF2020 referans sistemine dayalı olarak nokta koordinatları hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra, ülkenin hemen civarındaki 58 adet sabit GNSS istasyonunda elde edilen 3 yıllık veriler zaman serileri ile analiz edilerek PAL-GRF noktalarındaki hızlar kestirilmiştir. Bu sayede, Referans Çerçevesi tanımında hız bileşeninin etkisi ortaya konmuştur.

Filistin'de kullanılabilir bir düşey kontrol ağı bulunmadığından ortometrik yüksekliklerinin belirlenebilmesi için bir yerel jeoid modeli hesaplanmıştır. Elde mevcut global jeopotansiyel model, sayısal arazi modeli ve GNSS/Nivelman jeoid yüksekliklerinin kombinasyonu ile yerel jeoid modeli oluşturulmuştur. Hesaplanan jeoid modeli; GNSS ile belirlenen elipsoid yüksekliklerinden ortometrik yüksekliklerin doğrudan belirlenmesinde kullanılabilecektir.

Ayrıca, ülkeye dağılmış 53 adet eski nirengi ağı noktasında GNSS ölçümleri yapılmış ve yeni tanımlanan PAL-GRF ile PAL1923 arasında iki ve üç boyutlu dönüşüm parametreleri hesaplanmış ve datum dönüşümlerinin ve koordinat dönüşümlerinin internet üzerinden yapılmasına yönelik bir Web arayüz sayfası hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Referans Çerçevesi, Zaman Serisi Analizi, Koordinat Transformasyonu, Koordinat Dönüşümü

Türkiye'nin Antarktika Kıtasındaki İlk Sabit GNSS İstasyonu: Dismal (DISM) İstasyonu

The First Permanent GNSS Station of Türkiye in Antarctica: Dismal (DISM) Station

Özgür ÖZEL, Yusuf URAL, Abdullah KELLEVEZİR, Tunahan GÜNDOĞAN, Faruk YALÇIN, Selçuk PEKER, Soner ÖZDEMİR, Hakan KILINÇ, İbrahim Cihan DEMİREL, İlyas AKPINAR

Harita Genel Müdürlüğü, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Ankara

selcuk.peker@harita.gov.tr

Özet

Bu çalışmanın temel amacı, Antarktika kıtasında Türkiye'nin ilk sabit Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS) istasyonu olan Dismal (DISM) noktasının kurulum aşamaları hakkında bilgi vermek, koordinat zaman serisini incelemek ve analiz etmektir. Verilerin analizi GAMIT/GLOBK v10.71 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. DISM istasyonunun günlük çözümleri, koordinat ve hızları ITRF2014 datumunda belirlenmiştir. DISM istasyonunun yer değiştirme vektörü kuzeydoğu yönüne hareket ettiği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde noktanın bölgesindeki diğer sabit istasyonlarla aynı hareketi yaptığı değerlendirilmektedir. DISM noktasının zaman serisi incelendiğinde yılın aynı dönemlerinde harmonik salınımlar yaptığı görülmektedir. Analizler sonucunda DISM noktasının NEU bileşenlerinin hızı $V_n=9.56$ mm/yıl, $V_e=13.15$ mm/yıl ve $V_u=-0.25$ mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Analize dahil edilen noktaların dengeleme sonucunda elde edilen koordinatlarının karesel ortalama hataları kuzey-güney bileşeninde 1.62 mm, doğu-batı bileşeninde 1.74 mm ve yükseklik bileşeninde 4.89 mm olarak, hızların karesel ortalama hatası ise kuzey-güney bileşeninde 0.51 mm/yıl, doğu-batı bileşeninde 0.43 mm/yıl ve yükseklik bileşeninde 2.10 mm/yıl olarak elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: GNSS, Antarktika, İstasyon Hızı

Abstract

The main purpose of this study is to provide information about the installation stages of the Dismal (DISM) station which is Turkey's first permanent Global Navigation Satellite System (GNSS) station on the Antarctic continent, and to examine and analyze the coordinate time series. Data analysis was carried out using GAMIT/GLOBK v10.71 software. Daily solutions, coordinates and velocities of the DISM station were determined in the ITRF2014 datum. It has been determined that the displacement vector of the DISM station moves towards the northeast. As a result of the results obtained, it is evaluated that the station moves in the same way as other permanent stations in its region. When the time series of the DISM station is examined, it is seen that it makes harmonic oscillations in the same periods of the year. As a result of the analysis, the velocity of the NEU components of the DISM station was calculated as $V_n=9.56$ mm/year, $V_e=13.15$ mm/year and $V_u=-0.25$ mm/year. The root mean square errors of the coordinates obtained as a result of adjustment of the points included in the analysis are 1.62 mm in the north-south component, 1.74 mm in the east-west component and 4.89 mm in the up component. The root mean square error of the velocities is 0.51 mm/year in the north-south component, 0.43 mm/year in the east-west component and 2.10 mm/year in the up component.

Keywords: GNSS, Antarctica Station velocity

Arktik Kutup Bölgesindeki Farklı Jeomanyetik Etkiler Altında Tek-Frekanslı Hassas Nokta Konum Belirleme (SF-PPP) Tekniğinin Konum Belirleme Performansının Araştırılması

An Investigation of the Positioning Performance of the Single-Frequency Precise Point Positioning (SF-PPP) Technique under Different Geomagnetic Conditions in the Arctic Polar Region

Çağan Soysal^{1,✉}, Mert Bezicioğlu¹

¹Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli

✉c.soyasal2020@gtu.edu.tr

Özet

Tek-frekanslı GNSS gözlemleri Arktik ve Antarktika gibi bölgelerde ölçme ve donanım maliyetlerinin düşürülmesinde son derece kritik bir rol oynamaktadır. Belirtilen avantajlara ek olarak, tek-frekanslı alıcıların düşük batarya tüketimi de zorlu ölçme koşullarını barındıran bu bölgeler için oldukça önemlidir. Son yıllarda GNSS alıcı ve algoritma modellerinin geliştirilmesi ile çift-frekanslı geleneksel-Hassas Nokta Konum Belirleme (PPP) tekniğine ek olarak, Tek-frekanslı (SF)-PPP yöntemi de GNSS kullanıcıları için erişilebilir duruma gelmiştir. Ancak, tek-frekanslı gözlemlerin iyonosfer gecikmesinden yüksek oranda etkilenmesi nedeniyle, SF-PPP tekniğinden elde edilecek olan konum doğruluğunun düşeceği son derece açıktır. Dolayısıyla, Arktik kutup bölgesinde tek-frekanslı GNSS gözlemlerine dayalı PPP tekniğinin konum belirleme performansının araştırılması, bölgede gerçekleştirilecek olası GNSS-tabanlı çalışmalar için son derece kritiktir. Bu çalışmada, Arktik bölgesindeki farklı jeomanyetik koşullar altında SF-PPP tekniğinin konum belirleme performansı incelenmiştir. Çalışmanın amacı doğrultusunda, Arktik bölgede faaliyet gösteren Uluslararası GNSS Servisi-Polar Dünya Gözlem Ağı (IGS-POLENET) ağına bağlı yüksek, orta ve alçak enlemde üç farklı istasyon seçilmiştir. Bu istasyonlar sırasıyla sakin, ortalama ve aşırı jeomanyetik etkiler altında SF-PPP tekniği ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, IGS günlük çözümleri referans alınarak analiz edilmiştir. Bulgular, sakin jeomanyetik koşullar altında söz konusu üç istasyondan elde edilen Karesel Ortalama Hata (KOH) değerlerinin sağa, yukarı ve h bileşenleri için sırasıyla 26.4 cm, 30.9 cm ve 36.8 cm olduğunu göstermektedir. Buna karşılık, ortalama jeomanyetik etkiler altında SF-PPP tekniğinden elde edilen KOH değerlerinin sakin güne kıyasla sağa ve yukarı bileşenler için sırasıyla 9.0 cm ve 4.7 cm arttığı, ek olarak h bileşeninden elde edilen KOH değerinin ise 17 cm yükseldiği gözlemlenmiştir. Aşırı jeomanyetik koşullar altında elde edilen SF-PPP sonuçları ise sakin günden elde edilen iki boyutlu konum doğruluğunu yaklaşık olarak 3 kat daha kötüleştirdiğini, buna ek olarak ise yükseklik bileşeninden elde edilen KOH değerinin ise 2.4 kat daha arttığını ifade etmektedir. Son olarak, güçlü jeomanyetik koşullar altında elde edilen SF-PPP çözümlerinin KOH değerleri, ortalama günden elde edilene kıyasla iki boyut ve h bileşenleri için sırasıyla 2.4 kat ve 3.4 kat daha yüksektir. Çalışmada elde edilen bulgular, SF-PPP tekniğinin kutup bölgelerinde yüksek hassasiyet gerektiren jeodezik çalışmalar için jeomanyetik koşullardan bağımsız olarak yüksek doğruluk sağlayamadığını, buna karşılık navigasyon amaçlı kullanılabileceğine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: SF-PPP, Arktik, İyonosferik Etki

Abstract

Single-frequency GNSS observations play a critical role in reducing survey and equipment costs in regions such as the Arctic and Antarctic. In addition to the aforementioned advantages, the low battery consumption of single-frequency receivers is also very important for these regions with harsh surveying conditions. Thanks to the development of GNSS receiver and algorithm models in recent years, the Single-Frequency-Precise Point Positioning (SF-PPP) method has become accessible to GNSS users in addition to the traditional dual-frequency PPP. However, since the single-frequency observations are highly affected by the ionosphere delay, it is obvious that the position accuracy of the SF-PPP technique will be degraded. Therefore, investigating the positioning performance of the PPP technique based on single-frequency GNSS observations in the Arctic is critical for possible GNSS-based research in the region. This investigation presents the positioning performance of the SF-PPP technique under different geomagnetic conditions in the Arctic region. In this regard, three different stations operating in the

Arctic, which are located in high, middle, and low latitude regions and connected to the International GNSS Service-The Polar Earth Observation Network, IGS-POLENET network, were selected. Observations were evaluated with the SF-PPP technique under quiet, unsettled, and minor geomagnetic conditions, respectively. IGS daily solutions were considered ground truth for the investigation of the SF-PPP technique under different geomagnetic conditions. The findings under quiet geomagnetic conditions demonstrated that the mean of Root Mean Square Error (RMSE) values obtained from three stations are 26.4 cm, 30.9 cm, and 36.8 cm for the east, north, and h components, respectively. Moreover, the RMSEs of the SF-PPP technique under unsettled geomagnetic conditions were increased by 9.0 cm and 4.7 cm for the east and north components, respectively, and this increase was 17 cm for the h component, compared to the quiet geomagnetic conditions. Furthermore, it was also concluded that the minor geomagnetic conditions worsened the two-dimensional (2D) positioning accuracy obtained from minor conditions by approximately a factor of 3, and they increased the RMSEs of the h component by 2.4 times. Finally, the 2D and h RMSE values of SF-PPP solutions under minor geomagnetic conditions were 2.4 times and 3.4 times higher than the unsettled day. The outcomes revealed that the SF-PPP technique does not provide high accuracy independent of geomagnetic conditions for geodetic studies, which require high precision, but it can be used for navigation applications in the Arctic region.

Keywords: SF-PPP, Arctic, Ionospheric Effect

Türkiye kıyılarında deniz seviyesi değişiminin GNSS-IR yöntemine dayalı olarak belirlenmesi

Determination of sea level changes based on GNSS-IR on Türkiye coastlines

Cemali ALTUNTAŞ^{1,✉}, Nursu TUNALIOĞLU¹, Taylan ÖCALAN¹, İbrahim Haktan KESKİN²,
Özgür ÖZEL², Erdinç SEZEN², Ali İhsan KURT²

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Davutpaşa Kampüsü, 34220, Esenler/İstanbul

²Harita Genel Müdürlüğü, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Tıp Fakültesi Caddesi, 06590, Cebeci/Ankara

✉cemali@yildiz.edu.tr

Özet

Deniz seviyesi değişimi hem iklim bilimsel çalışmalarda hem de yer kürenin jeodinamik süreçlerinin izlenmesinde ve açıklanmasında ihtiyaç duyulan, sürekli olarak gözlemlenmesi gereken önemli bir değişkendir. Deniz seviyesi gözlemleri günümüzde uydu ve yer tabanlı ölçme sistem ve teknolojileri kullanılarak küresel, bölgesel ve yerel ölçeklerde gerçekleştirilmektedir. GNSS Interferometrik Reflektometri (GNSS-IR) adı verilen yöntem, son on yıldır, deniz seviyesinin belirlenmesinde geleneksel yöntemlere alternatif bir teknik olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Yıldız Teknik Üniversitesi ve Harita Genel Müdürlüğü arasındaki iş birliği alt protokolü kapsamında gerçekleştirilen “Türkiye Kıyılarında Deniz Seviyesi Değişiminin SNR Verileri ile GNSS-IR Yöntemine Dayalı Olarak İzlenmesi ve Doğruluk Araştırması” başlıklı üniversite bilimsel araştırma projesinin çıktıları sunulmuştur. Çalışma kapsamında Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES) ağına yer alan, mareograf istasyonları ile ortak yerleşkeli, dört adet GNSS istasyonunun (İskenderun/Arsuz, Gökçeada, Trabzon, Yalova) 1 Mayıs 2020 – 1 Mayıs 2021 tarihleri arasında gözlemlendiği bir yıllık GNSS SNR verisi değerlendirilmiştir. GNSS-IR deniz seviyesi kestirimlerinin doğruluk analizi mareograf ölçüleriyle karşılaştırılarak gerçekleştirilmiştir. İstasyonlarda yer seçimine ilişkin koşullar sağlandığı takdirde günlük ortalama deniz seviyesi değerlerinin mareograf ölçüleri ile korelasyon katsayısının %90’ın üzerinde olduğu, karesel ortalama hatanın ise 10 cm’nin altında kaldığı gözlemlenmiştir. GNSS veri toplama sıklığı yeterli olduğu ve ilgili istasyonun yer seçimi GNSS-IR konsepti dikkate alınarak yapıldığı takdirde, GNSS-IR yönteminin deniz seviyesi değişimlerinin etkin belirlenmesinde mareograf ölçülerine alternatif bir teknik olarak kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: GNSS-IR, SNR, Deniz Seviyesi, TUDES, Mareograf İstasyonu

Abstract

Sea level change is an important variable that needs to be continuously observed, both in climatological studies and in monitoring and explaining the geodynamic processes of the Earth. Sea level observations are currently carried out at global, regional, and local scales using satellite and ground-based measurement systems and technologies. The method called GNSS Interferometric Reflectometry (GNSS-IR) has been used as an alternative technique to traditional methods in determining sea level for the last decade. In this study, the outputs of the university scientific research project titled "Monitoring and Accuracy Research of Sea Level Change on Türkiye Coastlines Based on SNR Data with the GNSS-IR Method", carried out under the sub-protocol of cooperation between Yıldız Technical University and the General Directorate of Mapping, are presented. Within the scope of the study, the one-year GNSS SNR data (between May 1, 2020, and May 1, 2021) observed by four GNSS stations (İskenderun/Arsuz, Gökçeada, Trabzon, Yalova) from the Türkiye National Sea Level Monitoring System (TUDES) network, which are co-located with tide gauge stations, have been evaluated. The accuracy analysis of GNSS-IR sea level estimates was carried out by comparing them with tide gauge measurements. It was observed that when the conditions related to site selection at the stations are met, the correlation coefficient of daily mean sea level values with tide gauge measurements is over 90%, and the root mean square error remains below 10 cm.

It has been demonstrated that the GNSS-IR method can be used as an alternative technique to tide gauge measurements in effectively determining sea level changes, assuming the GNSS data sampling frequency is sufficient and the site selection for the relevant station is made considering the GNSS-IR concept.

Keywords: *GNSS-IR, SNR, Sea Level, TUDES, Tide Gauge Station*

GPS Meteorolojisi İle Elde Edilen Yağışa Dönüşebilir Su Buharının Önemi ve Hava Tahmininde Kullanılması

The Importance of Precipitable Water Vapor Obtained by GPS Meteorology and Its Use in Weather Forecasting

Özkan KOCAASLAN¹, Ekrem TUŞAT^{2,✉}

¹ Milli Savunma Bakanlığı Harita Genel Müdürlüğü, Cebeci - Ankara

² Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Selçuklu - KONYA

✉ etusat@ktun.edu.tr

Özet

Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif), 70-90 km aralıklı istasyonlar arası uzaklıkla homojen dağılımlı 166 istasyon ile haritacılık çalışmalarına zamansal ve mekânsal çözünürlük sağlamaktadır. Genelde jeodezik, jeodinamik ve navigasyon amaçlı çalışmalara yönelik olarak kurulan Sabit GNSS ağlarından elde edilen veriler meteorolojik çalışmalara da katkı sağlamaktadır. Söz konusu bu verilerden olan yağışa dönüşebilir su buharı (PWV : Precipitable Water Vapor-) miktarı ve toplam zenit gecikmesi (ZTD : Zenith Total Delay) hava tahmini için kullanılan değerli bir yöntemdir. Alt atmosferde mevcut su buharı miktarının bilinmesi, sele sebep olacak kadar kuvvetli yağışların tahmininde önemli rol oynamaktadır. Son yıllarda, kuvvetli yağışların tahmin ve takibinde; klasik ve geleneksel tahmin yöntemlerine ilave olarak, hava kütlelerinin su buharı içeriği ve değişimini yansıtan ve büyük zaman çözünürlüğüne sahip, yer esaslı GPS-PWV verisinin kullanımının önemi ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma ile GNSS-PWV verileri; hava tahminlerinde kullanılan Radyasonda-PWV değerleri birlikte analiz edilerek, kuvvetli yağışlarla ilişkisi ortaya konulmuştur. Örnek olarak 11 Ağustos 2021 yılında meydana gelen Batı Karadeniz sel felaketi ele alınmıştır. Yapılan çalışmada her iki yöntem ile hesaplanan PWV değerlerinin birbirleriyle uyumlu oldukları, GNSS-PWV değerlerinin Radyasonda-PWV değerlerine göre daha doğru ve gerçekçi hava tahmini yapmaya imkan sağlayabileceği yapılan analizler sonucunda gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: TUSAGA-Aktif, Yağışa Dönüşebilir Su Buharı (PWV) miktarı, Toplam Zenit Gecikmesi (TZD), 2021 Batı Karadeniz Sel Felaketi

Abstract

Continuously Operating GNSS Reference Stations of Türkiye (CORS-TR) provides temporal and spatial resolution to surveying studies with 166 homogeneously distributed stations with 70-90 km intervals between stations. The data obtained from reference GNSS stations, which are generally established for geodetic, geodynamic and navigation purposes, also contribute to meteorological studies. PWV (Precipitable Water Vapor-PWV) and ZTD (Total Zenith Delay) from these data is a valuable method used for weather forecasting. Knowing the amount of water vapor present in the lower atmosphere plays an important role in estimating precipitation strong enough to cause flooding. In addition to classical and traditional forecasting methods, the importance of using ground-based GPS-PWV data with large time resolution, which reflects the water vapor content and variation of the air mass, is emerging. With this study, GPS-PWV data; The WRF forecast model was analyzed together and its relationship with heavy precipitation was revealed. As an example, the Western Black Sea Flood disaster, which occurred on August 11, 2021, was taken. In the study, it was observed as a result of the analyzes that the PWV values calculated by both methods were compatible with each other, and that the GNSS-PWV values allowed more accurate and realistic weather forecasting than the Radiosonde-PWV values.

Keywords: CORS-TR, Precipitable Water Vapor (PWV), West Black Sea Flood Disaster in 2021

Düşük Maliyetli GNSS Sistemlerinin Jeodezik Uygulamalarda Kullanımı

The use of Low-Cost GNSS Systems in Geodetic Applications

Burak Akpınar^{1,✉}, Cüneyt Aydın¹, Nedim Onur Aykut¹, Seda Özarpacı¹, Fahri Karabulut¹, Güldane Oku Topal¹, Özge Güneş¹

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Esenler İstanbul

✉ bakpinar@yildiz.edu.tr

Özet

1960'lı yıllarda askeri amaçlarla geliştirilmeye başlanan GNSS (Küresel Navigasyon Uydu Sistemi) günümüzde her alanda aktif olarak kullanılmaktadır. Jeodezik çalışmalar kapsamında sağladıkları yüksek doğruluk nedeniyle çift frekanslı ve çoklu uydu sistemine uyumlu GNSS ekipmanları uygulamalarda yer almaktadır. Tektonik hareketlerinin ve heyelanların izlenmesi, yapı sağlığı izleme ve deformasyon ölçmeleri gibi yüksek konum doğruluğu gerektiren çalışmalarda jeodezik GNSS sistemleri ve uygun ölçme-değerlendirme yöntemleri ile santimetre altı doğruluğa ulaşmak mümkün olmaktadır. Bu doğruluk kriteri ölçme ve değerlendirme yöntemi ile ilişkili olduğu kadar aynı zamanda kullanılan GNSS alıcısı ve anteni ile de doğrudan ilişkilidir. Söz konusu doğruluk kriterlerini sağlamak üzere, günümüzde maliyetleri yaklaşık olarak 5.000 – 20.000 \$ (Amerikan doları) seviyelerinde değişen jeodezik GNSS sistemleri benzer çalışmalarda aktif olarak kullanılmaktadır.

Günümüzde yaşanan teknolojik gelişmelere de bağlı olarak, yukarıda açıklanan jeodezik GNSS sistemlerine benzer şekilde çift frekanslı (L1/L2) ve çoklu uydu sistemleri ile uyumlu elektronik devre kartı şeklinde GNSS alıcıları üretilerek satışa çıkarılmaya başlanılmıştır. Elektronik kart şeklinde üretilip satılmaları nedeniyle jeodezik GNSS sistemlerine kıyasla yaklaşık onda bir maliyetle temin edilebilmektedir. Ancak bu sistemler çoklu uydu sistemleri ve frekanslarında veri toplamasına rağmen klasik jeodezik sistemler gibi kullanıcı dostu bir arayüze sahip değildir. Elektronik devre şeklinde temin edilebilmeleri nedeniyle de arazi şartlarına ve dış etkilere karşı korumasız kalmaktadır. Arazide yapılan ölçümlerde söz konusu GNSS sistemlerinin konfigürasyonu, ölçüme hazırlanması ve başlatılması ile veri kaydı için taşınabilir bilgisayarlar, güç kaynakları vb. ek donanımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenen, FBA-2023-5897 numaralı ve “Yer Değiştirmelerin İzlenmesine Yönelik Düşük Maliyetli Bir GNSS Ölçme Sistemi Geliştirilmesi” başlıklı araştırma projesi kapsamında, mühendislik yapılarının, tektonik hareketlerin, heyelanların izlenmesi gibi çalışmalarda uygulanan jeodezik GNSS ölçmeleri için geliştirilen düşük maliyetli bir GNSS ölçme sistemi açıklanmıştır.

Geliştirilen GNSS ölçme sistemi, düşük maliyetli GNSS alıcı ve anten donanımları ile arazi şartlarında elektrik enerjisinin sağlanamadığı bölgelerde güneş enerji sistemi, iletişim donanımları ve kullanıcı dostu konfigürasyon ve veri aktarım yazılımlarından oluşmaktadır. Bu sayede sistemin uzun süreli 7/24 prensibine göre referans istasyon olarak çalışması ve arazi şartlarında toplanan GNSS verilerinin merkezi bir sunucu ortamına otomatik olarak aktarılabilmesi mümkün olmaktadır. Bu çalışmada ayrıca geliştirilen sistemin sağladığı doğruluk açısından irdelenebilmesi için gerçekleştirilen uygulamalar ile ilgili bilgiler de açıklanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Düşük maliyetli GNSS sistemi, mühendislik ölçmeleri, deformasyon ölçmeleri, tektonik hareketlerin izlenmesi

Abstract

The GNSS (Global Navigation Satellite System), which was initially developed for military purposes in the 1960s, is now actively used in various fields. In geodetic studies, high-precision GNSS equipment compatible with dual-frequency and multi-satellite systems is used due to the high accuracy it provides. In studies requiring high positional accuracy, such as monitoring tectonic movements, landslides, structural health, and deformation measurements, geodetic GNSS systems, along with appropriate measurement and processing methods, can achieve sub-centimeter accuracy. This accuracy criterion is not only related to the measurement and evaluation method but also directly associated with the GNSS

receiver and antenna used. To meet these accuracy criteria, geodetic GNSS systems, with costs ranging from approximately \$5,000 to \$20,000 (US dollars), are actively used in similar studies today.

Due to the technological advancements of our era, low-cost GNSS measurement systems have been developed and introduced to the market in the form of electronic circuit boards that are compatible with dual-frequency (L1/L2) and multi-satellite systems, similar to the geodetic GNSS systems described above. These electronic board-based GNSS receivers can be acquired at approximately one-tenth the cost of traditional geodetic GNSS systems. However, unlike classical geodetic systems, these systems do not have a user-friendly interface, despite their ability to collect data from multiple satellite systems and frequencies. Additionally, their electronic circuit board format makes them vulnerable to field conditions and external influences. In field measurements using these GNSS systems, a portable computer, power sources, and additional equipment are required for configuring the GNSS system, preparing it for measurement, initiating data recording, and dealing with various field conditions. In this study, a low-cost GNSS measurement system developed for geodetic GNSS measurements, applied in tasks such as monitoring engineering structures, tectonic movements, and landslides, is explained. This system was developed as part of a research project FBA-2023-5897, “Development of a Low-Cost GNSS Surveying System for Monitoring Displacements” supported by the Scientific Research Projects Coordination Unit of Yıldız Technical University.

The developed GNSS measurement system comprises low-cost GNSS receiver and antenna hardware, a solar power system for regions where electrical energy is not readily available in the field, communication equipment, and user-friendly configuration and data transfer software. This setup allows the system to function as a reference station according to a 24/7 long-term principle and enables the automatic transfer of GNSS data collected in field conditions to a central server environment. In this study, information is also provided regarding the applications carried out to examine the accuracy provided by the developed system.

Keywords: *Low-cost GNSS System, Engineering measurements, deformation measurements, monitoring the tectonic movements*

Simülasyon, Optimizasyon ve Kestirim *Simulation, Optimization, and Estimation*

Orhan KURT^{1,✉}

¹Kocaeli Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Yerleşkesi, Müh. Fak. Harita Müh. Böl., 41380 /Kocaeli

✉orhnkrt@gmail.com

Özet

Simülasyon, optimizasyon ve kestirim yöntemleri bir çok mühendislik alanında kullanılmaktadır. Bilgisayar teknolojilerinin gelişmesine paralel olarak esnek hesaplama tekniklerinin yaygınlaşması, bu tekniklerin birinin ya da birkaçının aynı anda yapay zeka bileşenleri içerisinde yer alması nedeni ile farklı disiplinler içerisinde bu kavramların birbirleri yerine kullanılmasına neden olmuştur. Bu çalışmanın temel amacı bu kavramların doğru anlamda kullanılmasını sağlayacak teorik altyapıyı kurup ve gerçek bir jeodezik ağı planlaması, ölçülmesi ve değerlendirmesi aşamaları üzerinden bu üç kavramın mühendislik çalışmaları içerisindeki yerini belirginleştirmektir.

Genelde doğrusal olmayan fonksiyonel modellerin çözümünde üç temel durum ile karşılaşılır. Deneysel verilerin (ölçülerin, y) sayısı (n) ve bu verileri temsil eden fonksiyonları $\{y=f(x)\}$ tanımlayan model parametre (bilinmeyen, x) sayısı (u) bu üç durumu belirler. Veri sayısı bilinmeyen sayısından az ($n < u$), fazla ($n > u$) ve eşit ($n = u$) olabilir. Doğrusal olmayan problemlerin çözümü aşamasında bu üç durumda da tek anlamlı çözüm elde edilemez. Birinci ve ikinci durumda tek anlamlı çözüm sırası ile $x^T x$ ($n < u$) ve $v^T v$ ($P=I$) ($n > u$) koşullarının en küçük yapılması ile sağlanır. Doğrusal olmayan problemlerin çözümünde $n=u$ ise istenen çözüm yaklaşık değerlerin iyi belirlenmesine bağlıdır. Sadece doğrusal problemlerde $n=u$ durumu tek anlamlı çözüm verir. Simülasyon, ölçme tekniğinin kısıtına (ölçünün çözünürlüğüne ve sınırına) bağlı olarak türetilen yapay deneysel verilerdir. Optimizasyon ise kalite, güvenilirlik ve maliyet kriterlerinden birini ya da birkaçını sağlayacak özel bir simülasyondur. Eğer gereğinden fazla deneysel veri ($n > u$) var ise bilinmeyenlerin çözümü belirli bir amaç fonksiyonu $\{L_p$ -norm ya da En Küçük Kareler (EKK)} seçilerek yapılır. Bu işleme kestirim denir. Amaç fonksiyonuna göre kestirim sonuçları değişir. Normal dağılmış veriler (ölçüler) ile EKK en optimum kestirim sonuçlarını verir. EKK bir kestirim yöntemidir, optimizasyon tekniği değildir.

Bu çalışmada yukarıda kısaca bahsedilen kavramların tamamı, dört ilimizi (Yozgat, Nevşehir, Kayseri, Sivas) içeren bir hızlı tren seferi projesinin jeodezik altyapısının planlaması (simülasyon, optimizasyon), ölçülmesi ve kestirimi aşamaları üzerinden tartışılacaktır. “TCDD Kayaş-Irmak-Kırıkkale-Çetinkaya Elektrifikasyon Tesisleri Yapım Projesi III., IV., V. Kısımlar’ında Jeodezik Ağ Tesisi ve Şeritvari Halihazır Harita Üretimi İş Jeodezik Altyapı Çalışmaları” olarak isimlendirilen bu proje yaklaşık olarak 25*300 km² şeritsi bir alan içerisinde yer alan 42 {35 tane C1-C2 ve 7 tane B (TUTGA) seviye} noktadan oluşan ana ağı planlanması, ölçülmesi ve ülke datumuna bağlanması aşamalarını kapsamaktadır. Bütün aşamaları yazar tarafından yapılan bu proje simülasyon, optimizasyon ve kestirim kavramlarının okuyucu tarafından kolay anlaşılmasını sağlayacak en uygun jeodezik uygulamalarından biridir. Ayrıca bu projenin ulusal ağına bağlanması aşamasında karşılaşılan ulusal datum belirleme problemi üzerinde de durulacak, bu problemin uygulayıcılara yansımaları tartışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Simülasyon, Optimizasyon, Jeodezik Ağ, Ulusal Datum.

Abstract

Simulation, optimization, and estimation methods are used in many engineering fields. The spread of soft computing techniques in parallel with the development of computer technologies has led to the use of these concepts interchangeably in different disciplines, as one or more of these techniques are included in artificial intelligence components at the same time. The main purpose of this study is to establish the theoretical infrastructure that will enable the correct use of these concepts and to clarify the place of these three concepts in engineering studies through the planning, observation, and evaluation stages of a real geodetic network.

In general, three basic cases are encountered in solving nonlinear functional models. The number (n)

of experimental data (observables, y) and the number (u) of model parameters (unknowns, x) that define the functions representing these data $\{y=f(x)\}$ determine these three situations. The number of data can be less ($n < u$), more ($n > u$) than or equal ($n = u$) to the number of unknowns. In the solution phase of nonlinear problems, a unique consistent solution cannot be obtained in these three cases. In the first and second cases, the only consistent solution is achieved by minimizing the xTx ($n < u$) and vTv ($P=I$) ($n > u$) conditions, respectively. In solving nonlinear problems, if $n = u$, the expected solution depends on the well-defined approximate values of the unknowns. Only linear problems in the $n = u$ case give a unique consistent solution.

Simulation is artificial experimental data derived depending on the limitation of the measurement technique (resolution and ranges of observables). Optimization is a special simulation that will meet one or some critters which are quality, reliability, and observing cost. If there is redundant experimental data ($n > u$), the solution of the unknowns is done by choosing a certain objective function $\{Lp\text{-norm or Least Squares (LS)}\}$. This process is called estimation. Estimation results vary depending on the objective function. LS gives the most optimum estimated results with normally distributed data. LS is an estimation method, not an optimization technique. In this study, all of the concepts briefly mentioned above will be discussed through the planning (simulation, optimization), measurement, and estimation stages of the geodetic infrastructure of a high-speed train service project involving four provinces (Yozgat, Nevşehir, Kayseri, Sivas). This project, called "Geodetic Network Establishment and Longitudinal Base Map Production Geodetic Infrastructure Studies in TCDD Kayaş-Irmak-Kırıkkale-Çetinkaya Electrification Facilities Construction Project III., IV., V. Sections", covers an approximately 25*300 km² longitudinal area. The project includes the stages of planning, observing, and connecting the main network, which consists of 42 $\{35 \text{ C1-C2 \& } 7 \text{ B (TUTGA) levels}\}$ points, to the national datum.

This project, all stages of which were carried out by the author, is one of the most suitable geodetic applications that will enable the reader to easily understand the concepts of simulation, optimization, and estimation. In addition, the national datum determination problem encountered during the connection of this project to the national network will be emphasized, and the reflections of this problem on practitioners will be discussed.

Keywords: *Simulation, Optimization, Estimation, Geodetic Network, National Datum.*

Jeodezik Veriler Kullanılarak 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinin Ardından (Mw 7.7 - Mw 7.6) Post-Sismik Kabuk Deformasyonlarının Web Tabanlı Açık Kaynak Kodlu Yazılımla Araştırılması

Investigation of Post-Seismic Crustal Deformations After the 06 February 2023 Kahramanmaraş Earthquakes (Mw 7.7 - Mw 7.6) Using Geodetic Data with Web-Based Open Source Software

Mehmet Bak^{1,✉}, Rahmi Nurhan Çelik¹

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Ayazağa Kampüsü, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Sarıyer, İstanbul, Türkiye.

✉bakmehmet@gmail.com

Özet

Anadolu ve Arap Levhalarının sınırında yer alan Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) ülkemizdeki en aktif fay sistemidir ve Ölü Deniz Fay Sistemi'nin kuzeydeki uzantısı olarak kabul edilir. 06 Şubat 2023 tarihinde Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) segmentlerinde art arda meydana gelen Richter ölçeğine göre moment büyüklükleri Mw 7,7 ve 7,6 olan iki büyük deprem, yüzlerce yıllık levha tektonik hareketlerinin bir sonucu olarak meydana gelmiştir. Bu depremlerin ardından çok sayıda artçı sarsıntılar yaşanmıştır. Bu artçı sarsıntılar Ölü Deniz ile Doğu Anadolu fay sistemleri arasındaki geçiş bölgesinde yer almaktadır. Birçok büyük depremin ardından post-sismik kabuk deformasyonlarının gözlenmesi ve özelliklerinin incelenmesi, gelecekte olabilecek depremlerin potansiyellerinin araştırılmasında hayati bir öneme sahiptir. Böylece depremin tekrarlanma sürecini anlamak mümkün olacaktır. Ayrıca deprem olaylarının neden olduğu post-sismik kabuk deformasyonları, depremlerin merkez üssü yakınındaki fay davranışlarının anlaşılmasında da önemlidir. Bu çalışmada; Arap, Afrika ve Anadolu levhaları arasındaki üçlü kavşakta, DAFZ segmentlerinde meydana gelen depremlerin ardından kabuk deformasyonlarının araştırılması jeodezik GNSS (Global Navigation Satellite System) verileri ve web tabanlı açık kaynak kodlu 3 boyutlu statik deformasyon analiz platformu olan Web-NDefA aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Bölge için güncel jeodezik veri seti sağlayan Sürekli Gözlem Yapan GNSS İstasyonlarından IGS ve TUSAGA-Aktif noktaları kullanılarak jeodezik GNSS ağı oluşturulmuş, bu ağı ilişkin deformasyon bilgileri elde edilmiştir. Bu doğrultuda yaklaşık 7 aylık periyodik GNSS gözlemleri kullanılarak veriler değerlendirilmiş, post-sismik deformasyon analizi sonuçları elde edilmiş, yatay ve düşey yer değiştirmeler ve kayma dağılımları belirlenmiştir. Bulgular, DAFZ boyunca fay etkileşimlerinin açıkça ortaya çıktığını ve iki büyük depremin her ikisinin de sol yanal doğrultu atımlı depremler olduğunu göstermektedir. Bu depremlerin neden olduğu yüzey deformasyonu çoğunlukla doğu-batı yönündedir. Ayrıca sonuçlar, 3 boyutlu deformasyonun incelenmesi için referans olarak kullanılabilecektir ve bu şekilde muhtemel yıkımlara karşı önleyici tedbirlerin alınması sağlanacaktır.

Anahtar Kelimeler: GNSS, Jeodezik Deformasyon Analizi, Açık Kaynaklı Yazılım

Abstract

The East Anatolian Fault System (DAFS), which lies on the boundary between the Anatolian and Arabian plates, is the most active fault system in our country and is considered the northern extension of the Dead Sea Fault System. Two major earthquakes with moment magnitudes of Mw 7.7 and 7.6 on the Richter scale, which occurred consecutively in the sections of the East Anatolian Fault Zone (DAFZ) on February 6, 2023, are the result of centuries of plate tectonic movements. These earthquakes were followed by numerous aftershocks. These aftershocks are located in the transition zone between the Dead Sea and East Anatolian fault systems. The observation of post seismic crustal deformations and the study of their properties after many large earthquakes are of crucial importance for research into the potential of future earthquakes. In this way, it will be possible to understand the process of earthquake recurrence. However, the post seismic crustal deformations caused by earthquakes are also important for understanding the faulting behaviour near the epicentre of earthquakes. In this study, the post-earthquake crustal deformations in the EAFZ segments at the triple junction between the Arabian, African and Anatolian plates were investigated using geodetic GNSS (Global Navigation Satellite

System) data and Web-NDefA, a web-based open-source platform for 3D static deformation analysis. In this context, a geodetic network was created using IGS and TUSAGA-Active points, which are continuously observing GNSS stations that provide an updated geodetic dataset for the region, and deformation information was obtained over this network. In this direction, the data were analysed using approximately 7 months of periodic GNSS observations, the results of post-seismic deformation analysis were obtained, horizontal and vertical displacements and slip distributions were determined. The results show that fault interactions clearly occur along the EAFZ and that the two large earthquakes were left-lateral strike-slip earthquakes. The surface deformations caused by these earthquakes mainly run in an east-west direction. In addition, the results can be used as a reference for the study of 3D deformation so that preventive measures can be taken against possible destruction.

Keywords: GNSS, Geodetic Deformation Analysis, Open-Source software

Gerçek-Zamanlı Varyometrik Yaklaşım Değerlendirme Yazılımı: PPPH-VA

A Real-Time Variometric Approach Processing Software: PPPH-VA

Berkay Bahadır¹, Mert Bezcioglu², Cemal Özer Yiğit²✉

¹Hacettepe Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 06800, Çankaya, Ankara

²Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli

✉cyigit@gtu.edu.tr

Özet

Bu çalışma, “GNSS Varyometrik yaklaşımıyla düşey yönlü dinamik hareketlerin izlenmesi ve gerçek zamanlı değerlendirme yazılımının geliştirilmesi” başlıklı TÜBİTAK ARDEB 1001 projesi kapsamında geliştirilen açık-kaynak kodlu PPPH-VA yazılımını içermektedir. Varyometrik Yaklaşım (VA) tekniği yaklaşık olarak 10 yıl önce GNSS kullanıcılarına tanıtılmıştır. VA yönteminin yapı sağlığı izlemeleri ve GNSS-sismolojisi (deprem ve tsunami erken uyarı) çalışmalarındaki uygulanabilirliği son on yılda yürütülen çalışmalarda öne sürülmüş ve Gerçek-Zamanlı Kinematik (RTK) ve Hassas Nokta Konum Belirleme (PPP) tekniklerine üçüncü bir alternatif olabileceği vurgulanmıştır. VA tekniğinin gerçek-zamanlı modda kısa süreli dinamik davranışları belirleyebilme kabiliyeti, açık-kaynak kodlu VA yazılımına olan ilgiyi de arttırmış durumdadır. Ancak, tek-frekanslı (SF) ve çift-frekanslı (DF) çoklu-GNSS gözlemlerine dayalı olarak gerçek-zamanlı modda VA işleme yeteneğine sahip açık-kaynak kodlu yazılım sayısı son derece kısıtlıdır. Güncel literatürde bulunan bu eksiği gidermek için, SF ve DF GPS, GLONASS, Galileo ve BeiDou-2 BeiDou-3 gözlemlerini gerçek-zamanlı modda işleyebilme yeteneğine sahip PPPH-VA adında MATLAB ortamında çalışan açık-kaynak kodlu bir VA işleme yazılımı geliştirilmiştir. Yazılımın gerçek-zamanlı modda çalışabilirliğini test etmek için IGS ağına bağlı bir noktadan gerçek-zamanlı modda gözlem verisi değerlendirilerek sıfır deplasman deneyi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, yazılımın yatay yönlü kısa süreli dinamik davranışları tespit edebilme yeteneğini test etmek için sarsma tablası deneyleri de gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar PPPH-VA yazılımının gerçek-zamanlı modda başarılı bir şekilde çalışabildiğini ve kısa süreli dinamik davranışları yüksek doğrulukta tespit edebildiğini göstermektedir. Yazılım, yatay yönlü dinamik davranışların baskın frekans değerini başarılı bir şekilde tespit ederken, baskın frekansa karşılık gelen genlik değerlerini de mm-altı mertebede elde edebilmektedir. Ayrıca, zaman alanında gerçekleştirilen analizler, yazılımın dinamik davranışları mm hassasiyetinde tespit edebildiğini göstermiştir. Son olarak yazılımı tanıtan makale GPS Solutions-Springer dergisinde <https://link.springer.com/article/10.1007/s10291-023-01560-z> kabul edilmiş olup, PPPH-VA yazılımı açık kaynak kodlu olarak <https://geodesy.noaa.gov/gps-toolbox/> web sitesinde GNSS topluluğunun kullanımına açık erişimlidir. Ayrıca, 122Y100 nolu projeye ilişkin gelişmeler <https://gnssshm.gtu.edu.tr/> web sitesinden takip edilebilir. Bu çalışmaya destek veren TÜBİTAK’a teşekkür ederiz.

Anahtar Kelimeler: Varyometrik Yaklaşım, Gerçek-Zamanlı, Açık kaynak kodlu yazılım.

Abstract

This study includes the open-source PPPH-VA software developed in the TÜBİTAK ARDEB 1001 project titled "Monitoring vertical dynamic movements with the GNSS Variometric Approach and developing real-time processing software". The Variometric Approach (VA) technique was introduced to GNSS users in the early 2010s. The applicability of the VA method in structural health monitoring and GNSS-seismology (earthquake and tsunami early warning) studies has been revealed in studies conducted in the last decade, and it has been emphasized that it can be a third alternative to Real-Time Kinematics (RTK) and Precise Point Positioning (PPP) techniques. The ability of the VA technique to determine short-term dynamic behaviors in real-time mode has increased interest in open-source VA software. However, the number of open-source software capable of processing VA in real-time mode based on single-frequency (SF) and dual-frequency (DF) multi-GNSS observations is extremely limited. To fill this gap in the current literature, an open-source VA processing software called PPPH-VA, running in the MATLAB environment, has been developed that is capable of processing SF and

DF GPS, GLONASS, Galileo, and BeiDou-2 BeiDou-3 observations in real-time mode. To test the operability of the software in real-time mode, a zero displacement experiment was carried out by evaluating observation data in real-time mode from a station based on the IGS network. Moreover, shake table experiments were also conducted to test the software's ability to detect horizontal short-term dynamic behaviors. The results demonstrated that the PPPH-VA software can work successfully in real-time mode and detect short-term dynamic behaviors with high accuracy. While the software successfully detects the dominant frequency value of horizontal dynamic behaviors, it can also obtain the amplitude values corresponding to the dominant frequency at the sub-mm level. Furthermore, outcomes in the time domain indicate that the software can detect dynamic behaviors at mm-level. Finally, the article introducing the software was accepted in the GPS Toolbox collection of the GPS Solutions journal <https://link.springer.com/article/10.1007/s10291-023-01560-z>, and the PPPH-VA software will be available as open source to the GNSS community on the website <https://geodesy.noaa.gov/gps-toolbox/>. Additionally, developments regarding the project number 122Y100 can be followed on the website <https://gnssshm.gtu.edu.tr/>. We would like to thank TÜBİTAK for supporting this study.

Keywords: *Variometric Approach, Real-Time, Open-Source Software*

Deprem Sonucu Oluşan Deformasyon Alanının Kümeleme Yöntemiyle Araştırılması

Investigation of Earthquake Deformation Field with Clustering Method

Seda Özarpacı^{1,✉}

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Esenler İstanbul

✉ozarpaci@yildiz.edu.tr

Özet

Doğu Anadolu Fayı (DAF), Anadolu ve Arap levhaları arasındaki sınırı oluşturmakta ve tarihsel kayıtlarda yıkıcı depremlere ev sahipliği yaptığı görülmektedir. Karlıova'dan Ölü Deniz Fay zonuna kadar ulaşan yaklaşık 600 km uzunluğundaki sol yanal atımlı DAF üzerinde meydana gelen 06 Şubat 2023 tarihli Mw7.8 ve Mw7.7 büyüklüğündeki depremler sadece Türkiye'yi sarsmakla kalmamış, dünyanın her yerinden araştırmacıları ve yer bilimcileri bölgeye çekmiştir. 9 saat arayla meydana gelen Kahramanmaraş deprem serisi, binlerce kişinin yaşamına mal olmuştur. Aynı zamanda, yüzeyde metrelerce varan yerdeğiştirmeler meydana gelmiştir. Bu deformasyonlar jeodezik verilerle incelemektedir. Türkiye'de sürekli olarak çalışan TUSAGA-Aktif verileri depremin neden olduğu yüzey deformasyonlarını hesaplamaya olanak tanımaktadır. Bu çalışmanın amacı, GNSS verileri yardımıyla depremin neden olduğu deformasyon alanını belirlemektir. Bu amaç kapsamında, TUSAGA-Aktif ağına ait deprem öncesi ve deprem sonrası veriler çevrimiçi servisler yardımıyla değerlendirilerek, deprem anı deformasyonlar belirlenmiştir. GNSS istasyonlarında, ilk depremde maksimum yer değiştirmenin görüldüğü ANTE istasyonunda 0.4 m'lik bir öteleme gözlenirken, ikinci depremde ise meydana gelen en büyük yer değiştirmenin ikinci depremin merkez üssüne yaklaşık 1.5 km uzaklıktaki EKİZ (Ekinozu) istasyonunda olduğu ve bu yer değiştirmenin yaklaşık 4.5 metre olduğu gözlenmiştir. Deprem anında meydana gelen bu yer değiştirme değerleri k-ortalamlar kümeleme algoritmasıyla incelenerek deformasyon alanı ortaya konmuştur. K-ortalamlar kümeleme algoritması kullanılarak iki depreme ait deformasyonlar ayrı ayrı incelenerek deformasyon alanlarındaki farklılıklar irdelenmiştir. Ayrıca depremden sonra meydana gelen yakın tarihli deprem sonrası etkiler de incelenerek, deprem anı deformasyonla ilişkilendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Deprem Serisi, GNSS, Deprem Anı Deformasyonu, Kümeleme Algoritması

Abstract

The Eastern Anatolian Fault (EAF) delineates the boundary between the Anatolian and Arabian plates and is known for hosting destructive earthquakes according to historical records. The earthquakes of Mw7.8 and Mw7.7 magnitudes that occurred on February 6, 2023, along the approximately 600 km long left-lateral strike-slip EAF, from Karlıova to the Dead Sea Fault Zone, not only shook Turkey but also attracted researchers and geoscientists from around the world to the region. The Kahramanmaraş earthquake sequence, occurring with a 9-hour interval, claimed thousands of lives and resulted in surface displacements reaching meters. These deformations can be studied using geodetic data. The continuously operating TUSAGA-Active data in Turkey allows for the calculation of surface deformations caused by the earthquake. The aim of this study is to determine the deformation field caused by the earthquake using GNSS data. In this context, pre- and post-earthquake TUSAGA-Active GNSS data, evaluated through online services, were used to identify coseismic deformations. While a 0.4 m displacement was observed at the ANTE GNSS station, where the maximum displacement occurred during the first earthquake, the largest displacement observed during the second earthquake was approximately 4.5 meters at the EKİZ (Ekinozu) station, located about 1.5 km from the epicenter. The displacement values during the earthquake were analyzed using the k-means clustering algorithm to reveal the deformation field. The deformations for the two earthquakes were separately examined using the k-means clustering algorithm, and differences in the deformation fields were investigated. Additionally, the recent post-seismic effects were examined, and they were correlated with the coseismic deformations.

Keywords: February 6, 2023 Kahramanmaraş Earthquake Sequence, GNSS, Coseismic Deformation, Clustering Algorithm

Simüle edilmiş GNSS zaman serilerinde beyaz gürültü yaklaşımında dalgacık varyans kullanılması

Wavelet variance capability in white noise approximation of simulated GNSS time series

Khosro Moghtasad-Azar^{1,✉}, Emine Tanır Kayıkcı², Ramin Tehranchi³

¹Tabriz University, Faculty of Civil Engineerin, Department of Geomatics Engineering, Tabriz, Iran

²Karadeniz Technical University, Engineering Faculty, Department of Geomatics Engineering, Trabzon, Türkiye.

³Tabriz University, Faculty of Civil Engineerin, Department of Geomatics Engineering, Tabriz, Iran

✉moghtased@tabrizu.ac.ir

Özet

GNSS zaman serisinin gürültü yapısının, beyaz gürültü (zamana bağlı olmayan) ve renkli gürültünün (zamanla ilişkili) bir kombinasyonu olduğu bilinmektedir. Genellikle GNSS zaman serisinin renkli gürültüsü, kırpışma gürültüsüdür (-1 spektral indexli güç yasası) ve bazı durumlarda rastgele yürüyüş (2 spektral indexli güç yasası). Renkli gürültü, muhtemelen zamanla değişen uydu geometrisi, uzun dönemli yanlış yörünge modellemesi, çok yolluluk hatası ve büyük ölçekli atmosferik veya hidrosferik etkilerle ilgilidir. Fonksiyonel modelin bilinmeyenlerinin ve belirsizliklerinin yansız tahmini, farklı gürültü bileşenlerinin genliklerinin doğru tahmin edilmesini gerektirir. Gürültü genlikleri, Kısıtlı Maksimum Olabilirlik kestiricisi (REML) ve En Küçük Kareler Varyans Bileşeni Kestiricisi (LS-VCE) gibi Varyans Bileşen Kestirimi (VCE) prosedürleriyle tahmin edilir. Bu yöntemler, N'nin zaman serisinin uzunluğu olmak üzere NxN matrislerinin tekrarlı inversinin alınması ve çarpılmasını kullanır. Bu yöntemler $O(N^3)$ düzeyinde olduğundan, zaman serisinin uzunluğu arttıkça hesaplama yükleri de artar. Son zamanlarda gürültü genliklerinin tahmin edilmesinin hızını artırmak için yöntemler ve yazılım paketleri sağlanan birçok çalışma vardır. Bu çalışmada, Maksimum Örtüşme Kesikli Dalgacık Dönüşümünün (MODWT) Dalgacık Varyansını (WV) kullanarak simüle edilmesi yoluyla, GNSS zaman serilerinde beyaz gürültü genliğinin hızlı tahmini için bir yöntem sunulacaktır. Önerilen algoritmanın performansını test etmek için farklı uzunluklarda (N=2000, 4000 ve 8000) 180 sentetik günlük zaman serisi kullanıldı. Bunlar doğrusal eğilimler, periyodik sinyaller, sapmalar, geçici yer değiştirmeler, boşluklar (%10'a kadar) ve beyaz, kırpışma ve rastgele yürüyüş gürültülerinin kombinasyonundan oluşur. Önerilen yöntemin sonuçları REML yaklaşımının sonuçlarıyla karşılaştırıldı. Bu karşılaştırma, beyaz gürültü genlikleri için her iki yöntemin sonuçlarının iyi bir uyum içinde olduğunu gösterdi. Ayrıca, önerilen algoritma $O(N)$ mertebesinde hesaplama karmaşıklığına sahiptir ve zaman serisinin uzunluğuna bağlı olarak REML yönteminden yaklaşık 450-10000 kat daha hızlıdır.

Anahtar Kelimeler: GNSS Zaman Serisi, Beyaz Gürültü, Varyans Parametre Kestirimi (VCE), Dalgacık Varyansı (WV), Maksimum Örtüşme Kesikli Dalgacık Dönüşümünün (MODWT).

Abstract

The noise structure of the GNSS time series is known to be a combination of white noise (no time dependency) and colored noise (time-correlated). Usually the colored noise of GNSS time series is flicker noise (power-law noise with a spectral index of -1) and in some cases random walk (power-law noise with a spectral index of -2). The origins of colored noise are probably related to the time-variable satellite geometry, long-term orbit mismodeling, multipath errors and large-scale atmospheric or hydro-spheric effects. The unbiased estimation of unknowns of functional model and their uncertainties requires correct estimation of amplitudes of different noise components. Noise amplitudes are estimated by Variance Component Estimation (VCE) procedures such as Restricted Maximum Likelihood estimator (REML) and Least-Squares Variance Component Estimator (LS-VCE). These methods use repeated inversion and multiplication of NN matrices where N is the length of time series. Since these methods are of order $O(N^3)$, as the length of the time series increases, their computational burden increases. Recently many efforts provided methods and software packages to increase the speed of noise amplitudes estimation. In this paper we present a method for fast estimation of white noise amplitude in simulated GNSS time series using Wavelet Variance (WV) of Maximal Overlap Discrete Wavelet Transform (MODWT). To test the performance of the proposed algorithm, we used 180 synthetic daily

time series with different lengths ($N=2000, 4000$ and 8000). They composed of linear trends, periodic signals, offsets, transient displacements, gaps (up to 10%), and a combination of white, flicker, and random walk noises. The results of proposed method were compared to those of REML approach. This comparison showed that the results of both methods for white noise amplitudes are in good agreement. Moreover, the proposed algorithm has computational complexity of order ON and was about 450-10000 times faster than REML method depending on the length of time series.

Keywords: GNSS time series, white noise, Variance Component Estimation (VCE), Wavelet Variance (WV), Maximal Overlap Discrete Wavelet Transform (MODWT).

Konya Şehir Merkezi Yerleşiminde Düşey Yönlü Değişim Analizi

Vertically Change Analysis in Konya City Center Settlement

Kemal YURT^{1,✉}, Erhan CİVCİK^{2,✉}

¹Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Bahçesaray Mah. Necmettin Erbakan Blv. Merkez/AKSARAY

²Konya Ovası Projesi (KOP) Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, Konevi Mah. Feritpaşa Cad. No:18 Meram/KONYA

✉erhancivcik@hotmail.com

Özet

Yerkabuğu ve üzerindeki yapılarda zamana bağlı olarak bazı etkenlerden dolayı geometrik şekillerinde meydana gelen değişimlerin analizinin yapılması ve buna dayalı gelişim planlarının oluşturulması büyük önem arz etmektedir.

Birçok kriter üzerinde ve özellikle tarım sektöründe ülkemizin lokomotifi konumunda olan, fiziki olarak en büyük yüzölçümüne sahip ve tarihi olarak Anadolu Selçuklu Devletine Başkentlik yapmış olan Konya İli Kent Merkezi düz ve çanak bir arazi üzerinde konumlanmış olup, her geçen gün aldığı göç ve artan nüfusu sebebiyle hızla gelişen ve bu nedenle yatay-dikey yapılaşmanın yoğun olarak tesis edildiği bir yerleşim merkezi konumundadır.

Bu sebepler ışığında çalışmaya konu olan Konya Kent Merkezinde öncelikle geçmiş dönemlere ait jeodezik nivelman ağı çalışmaları incelenmiş ve literatür taranmıştır. Geçmiş ağlara dayalı yeni jeodezik nivelman ağı 2015 yılı ölçülerinden yararlanılarak oluşturulmuş ve tek boyutlu statik modelde deformasyon analizine esas ölçülerin analizi gerçekleştirilmiştir. Yıllara sâri deformasyonun olup olmadığı ya da varsa tek boyutlu vektörel büyüklüğünün belirlenmesi amacıyla, kıyas olarak 1973 yılı, 2004 yılı ve 2015 yılı ölçülerinin analiz sonuçları değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada farklı yıllara ait ölçülerden yararlanılarak yapılan analizlerin karşılaştırılması sonucunda, gerçekleştirilen yaklaşık 42 yılı kapsayan düşey yönlü değişim analizi bulgularına göre Konya Kent Merkezinin ortalama 50 cm civarında oturma hareketi sergilediği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Deformasyon, Deformasyon Analizi, Konya, Nivelman Ağı, Statik Model

Abstract

It is of great importance to analyze the changes in the geometric shapes of the earth's crust and the structures on it due to some factors depending on time and to create development plans based on this. The city center of Konya, which is the locomotive of our country on many criteria and especially in the Agricultural Sector, has the largest physical area and historically served as the Capital of the Anatolian Seljuk State, is located on a flat and flat land and is rapidly growing due to the migration and increasing population it receives day by day. It is in the position of a settlement center that is developing and therefore horizontal-vertical structuring is intensely established.

In the light of these reasons, first of all, geodetic leveling network studies of the past periods were examined in the Konya City Center, which is the subject of the study, and the literature was reviewed. The new geodetic leveling network based on the past networks was created by using the 2015 measurements and the analysis of the measurements based on the deformation analysis was carried out in the one-dimensional static model. In order to determine whether there is deformation extending to years or if there is, to determine the one-dimensional vector size, the results of the analysis of the measurements of 1973, 2004 and 2015 were evaluated as comparison.

As a result of the comparison of the analyzes made using the measurements of different years in this study, it was seen that the Konya City Center exhibited an average of 50 cm of sitting movement, according to the findings of the vertical change analysis covering approximately 42 years.

Keywords: Deformation, Deformation Analysis, Konya, Leveling Network, Static Model

Yapay Çığ Makinelerinin CBS ile Yer Seçiminin Yapılması: Palandöken Örneği

The Location Selection Of Artificial Avalanche Machines With GIS: A Case Study Palandöken

Mehmet Alper ÖZCAN^{1,✉}, Mustafa DİHKAN²

¹Erzurum Büyükşehir Belediyesi, Muratpaşa Mahallesi, No:6A, 25100, Yakutiye, Erzurum

²KTÜ, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Fotogrametri ABD, 61080, Ortahisar, Trabzon

✉ alper.ozcan@std.yildiz.edu.tr

Özet

İnsanlık tarih boyunca afetlerden korunmak için yerleşim yerlerini değiştirmiş; fakat artan nüfus, kaynakların kısıtlılığı ve modern dünyanın siyasal sınırları gibi sebeplerle artık afetlerle iç içe yaşamak zorunda kalmıştır. Literatürde, deprem, sel, kaya düşmesi gibi birçok afet türü tanımlanmakla beraber, bir kütle hareketi olan çığ da yıkıcılığı azami ölçüde olan bir afet türüdür. Çığ afetinden korunmak için aktif veya pasif birçok önlem bulunmaktadır ve GAZ-EX (Gas Explode) makineleri veya diğer bir deyişle çığ düşürücüler de bu önlemlerden biridir. Çığın yıkıcılığını azaltmak için yapay ve kontrollü olarak çığlar üreten GAZ-EX makineleri, pasif çığ önlemlerinden biridir. Söz konusu makinelerin, potansiyel çığ bölgelerinde yer seçiminin yapılabilmesi için doğru bir jeodezik bilgi gerektirmesinin yanında coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanılmasını da zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, söz konusu makinelerin yer seçimlerinin yapılması için öncelikle topoğrafyanın tüm ayrıtları bilinmelidir. Sonrasında literatürde çığa neden olan eğim, bakı, yüzey pürüzlülüğü, eğrisellik gibi önemli topoğrafik parametrelerin çıkarılması ile parametre haritalarının üretilmesi gerekmektedir. Parametre haritalarının değerlendirilmesi sonucunda potansiyel çığ bölgelerinin tespit edilerek yapay çığların oluşturulacağı akma ve afet bölgeleri belirlenir. Çalışmada, topoğrafik altlık olarak Erzurum İline ait 2017 yılına ait fotogrametrik halihazır haritalar, SAM (Sayısal Arazi Modeli), SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) verileri ve ortofotolar kullanılmıştır. Çalışma kapsamında, günümüz CBS programlarından biri olan ArcGIS programı tercih edilmiş ve veriler bu sayede CBS ortamında derlenebilmiştir. Bu verilerle, eğim, bakı, eğrisellik, yüzey pürüzlülüğü, ana tepe sırtlarına uzaklık ve orman parametre haritaları hazırlanmış ve literatürde tavsiye edilen akış diyagramı ile potansiyel çığ alanları belirlenmiştir. Belirlenen alanlara göre, olası bir afet durumunun önüne geçilebilmesi için, yapay çığ makinelerinin yerleşimi noktasında önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yapay Çığ Makineleri, Potansiyel Çığ Alanları, Tehlike Haritaları, GAZ-EX

Abstract

Throughout history, humanity has changed settlements to protect itself from disasters, but due to reasons such as increasing population, limited resources and the political borders of the modern world, it has now had to live side by side with disasters. Although many types of disasters are described such as earthquakes, floods and rockfalls in the literature, avalanche, which is a mass movement, is also a type of disaster with maximum destructiveness. There are many active or passive measures to protect against avalanche disasters, and GAZ-EX (Gas Explode) machines, or in other words avalanche reducers, are one of these measures. GAZ-EX machines, which produce avalanches artificially and in a controlled manner to reduce the destructiveness of avalanches, are one of the passive avalanche measures. These machines also require the use of geographic information systems. In addition to requiring accurate geodetic information to select locations in potential avalanche areas. In this context, firstly, all details of the topography must be known in order to make choose the location of the machines. Afterwards, parameter maps must be produced by extracting important topographic parameters such as slope, aspect, surface roughness and curvature that cause avalanches in the literature. As a result of the evaluation of the parameter maps, potential avalanche areas are determined and flow and disaster areas where artificial avalanches will be created are determined. In the study, photogrammetric base maps of Erzurum Province from 2017, DTM (Digital Terrain Model), DEM (Digital Elevation Model) data and orthophotos were used as topographic base. Within the scope of the study, ArcGIS program, one of

today's GIS programs, was preferred and thus the data could be compiled in the GIS. With these data, slope, aspect, curvature, surface roughness, distance to main hill ridges and forest parameter maps were prepared, and potential avalanche areas were determined with the flow diagram recommended in the literature. Suggestions have been made for the placement of artificial avalanche machines in order to prevent a possible disaster situation according to the determined areas.

Keywords: *Artificial Avalanche Machines, Potential Avalanche Areas, Hazard Maps, GAZ-EX*

Akıllı telefon LiDAR sensörü ile elde edilen nokta bulutlarının doğruluğunun değerlendirilmesi

Assessment of the accuracy of point clouds obtained with a smartphone LiDAR sensor

Cemali Altuntaş^{1,*}, Duygu Arıcan¹, Okan Yılmaz¹

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Davutpaşa Kampüsü, 34220, Esenler/İstanbul

*cemali@yildiz.edu.tr

Özet

Günümüzde bilim ve teknolojiye yaşanan gelişmelerle birlikte, LiDAR sensörü entegre edilen akıllı telefon/tabletlerin, farklı kapsam ve nitelikteki çalışmalar için yoğun üç boyutlu (3B) nokta bulutu ve/veya model üretimi için kullanılması mümkün hale gelmiştir. Jeomorfoloji, ekoloji, arkeoloji, mühendislik ve mimarlık başta olmak üzere beklenen doğruluk düzeyleri birbirinden farklı olan pek çok alanda 3B modellemeye duyulan ihtiyaç, görece düşük maliyetli olan sensörlerin geliştirilmesini ve elde edilen LiDAR verilerinin doğruluğunun belirlenmesini ve iyileştirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu çalışmada, LiDAR sensörlerine sahip akıllı telefonlar kullanılarak farklı senaryolar altında elde edilen 3B nokta bulutlarının doğruluk değerlendirilmesinin yapılması amaçlanmıştır. Çalışma alanına yatay ve düşey düzlemlerde olmak üzere homojen olarak dağılmış yer kontrol noktaları (YKN) tesis edilmiş ve alımları gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında LiDAR sensörüne sahip akıllı telefon olarak iPhone 14 Pro kullanmış ve modellenen nesne olarak AGA Geodimeter Model-6 ölçme aleti seçilmiştir. Akıllı telefon ile elde edilen LiDAR verisinden ham ve coğrafi referanslandırılmış olmak üzere iki farklı nokta bulutu oluşturulmuştur. Akıllı telefon verisinden üretilen nokta bulutları ile Kontrol Noktaları (KN) arasındaki koordinat ve baz uzunluğu farkları hesaplanmıştır. Model doğruluk değerlendirmesi için karşılaştırmalar M3C2 yöntemi ile yapılmıştır. Burada referans 3B nokta bulutu verisi, Hareket ile Nesne Oluşturma (Structure from Motion, SfM) yöntemine dayalı olarak akıllı telefon kamerasıyla kaydedilen görüntülerden üretilmiştir. Son olarak, oluşturulan tüm nokta bulutlarından alınan ölçüler, nesne üzerinden alınan kontrol ölçüleriyle karşılaştırılmıştır. Akıllı telefon LiDAR verilerinden üretilen nokta bulutundan hesaplanan KN'lere ait koordinat farklarının standart sapmaları yatayda 1.0 ve 1.2 cm, düşeyde 0.9 cm olarak elde edilmiştir. Ham ve coğrafi referanslandırılmış akıllı telefon nokta bulutlarından hesaplanan 24 cm ve 288 cm arasında değişen baz uzunlukları için farkların standart sapması sırasıyla 1.4 cm ve 1.5 cm olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: LiDAR, Düşük maliyetli sensör, Akıllı telefon, 3 boyutlu modelleme, Doğruluk analizi

Abstract

With the developments in science and technology, it has become possible to use smartphones/tablets integrated with LiDAR sensors for generating dense three-dimensional (3D) point clouds and/or models for various scopes and types of work. The need for 3D modeling in many fields such as geomorphology, ecology, archaeology, engineering and architecture, with varying levels of accuracy, requires the development of relatively low-cost sensors and the determination and improvement of the accuracy of LiDAR data. This study aims to assess the accuracy of 3D point clouds obtained under different scenarios using smartphones with LiDAR sensors. Ground control points (GCPs) homogeneously distributed in horizontal and vertical planes were marked and measured in the study area. Within the scope of the study, iPhone 14 Pro was used as a smartphone with LiDAR sensor and AGA Geodimeter Model-6 surveying instrument was selected as the object to be modelled. Two different point clouds, raw and georeferenced, were generated from the LiDAR data obtained with the smartphone. The coordinate and base length differences between the point clouds generated from the smartphone data and the checkpoints (CPs) were calculated. For model accuracy assessment, comparisons were made with the M3C2 method. Here, the reference 3D point cloud data is generated from images captured with a smartphone camera based on the Structure from Motion (SfM) method. Finally, the measurements taken from all the generated point clouds are compared with the in-situ measurements of the object. The

standard deviations of the coordinate differences of the CPs calculated from the point cloud generated from smartphone LiDAR data were 1.0 and 1.2 cm horizontally and 0.9 cm vertically. For base lengths ranging between 24 cm and 288 cm calculated from raw and georeferenced smartphone point clouds, the standard deviations of the differences were obtained as 1.4 cm and 1.5 cm, respectively.

Keywords: *LiDAR, Low-cost sensor, Smartphone, 3D modeling, Accuracy assessment*

7. OTURUM

KONUM BELİRLEME VE UYGULAMALAR

Oturum Başkanları: Prof. Dr. Ertan GÖKALP (KTÜ)

POSITIONING AND APPLICATIONS

Convenors: Prof. Dr. Ertan GÖKALP (KTÜ)



Deprem Sonrası Kadastro Parsel Koordinatlarının Bilinear Mapping ile İncelenmesi

Investigation of Post-Earthquake Cadastral Lot Coordinates with Bilinear Mapping

Cahit Tağı ÇELİK^{1,✉}, Kutalmış GÜMÜŞ^{2,✉}

^{1,2} Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Müh. Fakültesi, Harita Müh. Bölümü

^{1,✉} ctcelik@ohu.edu.tr

^{2,✉} kgumus@ohu.edu.tr

Özet

Çoğu durumlarda geçerli olmak üzere depremlerin doğası gereği meydana geldiğinde noktaların konum değerleri değişmektedir. Bu değişim var olan kadastro parsel sınır koordinatlarını etkileyecektir.

Ülkemizde taşınmazların kadastro koordinatları, Tusaga-Aktif ağına dayalı olarak, düzeltme parametrelerine (VRS, FKP ve MAC) göre belirlenmektedir. Bu nedenle deprem sonrası güncellenen Tusaga-Aktif referans istasyonlarına göre belirlenecek veya aplice edilecek taşınmaz sınırları, deprem öncesi var olan koordinatlar ile uyum göstermeyeceği düşünülebilir. Bu durumda kesin çözüm yenileme yapılmasıdır. Deprem sonrası parsel köşe koordinatlarının elde edilmesinde, Tusaga-Aktif sistemi referans istasyonlarının/referans noktalarının deprem öncesi ve sonrası koordinatlarından en küçük kareler yöntemiyle elde edilecek 5 parametrelili (2 öteleme, 2 ölçek faktörü, 1 dönüklük açısı) Helmert dönüşüm parametreleri veya 6 parametrelili (2 öteleme, 2 ölçek faktörü, 2 dönüklük açısı) Helmert dönüşüm parametreleri geçerli olmayacaktır. Bunun en önemli nedeni deprem nedeniyle referans istasyonlarının düzgün olarak konum değiştirmemesidir. Bu nedenle yenileme çalışması yapılmamış ve uyumsuzluk durumu olan yerlerde, farklı bir dönüşüme ihtiyaç vardır. Bu bildiride Bilinear Mapping yöntemi, 5 ve 6 parametrelili Helmert yöntemleri ile karşılaştırma yapılarak incelenmiştir. İncelemelerde kullanılan koordinatlar düşünülen senaryolara göre sanal olarak oluşturulmuştur. Bu nedenle, söz konusu yöntemin uygunluğunun belirlenebilmesi için uygun bir bölgede gerçek koordinat verileri kullanılarak uygulanmalıdır. Sonuç olarak, Bilinear yönteminin Helmert yöntemlerine göre daha gerçekçi sonuçlar ürettiği gözlenmiştir. Ancak, deprem bölgesindeki fay çeşitleri dikkate alınırsa özellikle sağa veya sola atımlı fay durumlarında, fayın her iki tarafı blok şeklinde yer değiştirme yapabilir. Bu durumda Tusaga-Aktif sistemine göre parsel uygulamalarında, faydalanılan Tusaga-Aktif referans istasyonunun deprem öncesi ve sonraki koordinat farkları kadar ilgili parsel koordinatları da ötelenmiş olarak düşünülebilir. Bu çalışmanın sonuçları, özellikle deprem öncesi ve sonrası en az dört referans alınarak Bilinear mapping yöntemiyle taşınmazın köşe koordinatlarının deprem sonrası nasıl davranabileceği ve uyumsuzluk durumu olan kadastro parsel koordinatlarının ne olabileceği hakkında, bilirkişilerin başvuracağı bir araç olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: , Kadastro Parsel Koordinatları, Bilinear Mapping, Helmert Dönüşümü, 6 Parametrelili Helmert dönüşümü, Deprem Sonrası Koordinat Değişimi.

Abstract

In most cases, the positions of the points change when an earthquake occurs due to their nature. This change may also affect the existing cadastral lot boundary coordinates. In our country, the cadastral lot boundary coordinates are determined according to the correction parameters (VRS, FKP, MAC) based on the Tusaga-Active network. For this reason, the coordinates of the cadastral lot boundaries which are to be determined after the earthquake by the updated Tusaga- Active reference station coordinates may not comply with the existing coordinates. In this case, the definitive solution is to renew it. In obtaining the coordinates of cadastral lot boundary after an earthquake, Helmert transformations with 5 (2 translation, 2 scale factor, 1 rotation) and 6 (2 translation, 2 scale factor, 2 rotation) parameters estimated using the least squares method from the coordinates of reference stations/reference points of the Tusaga-Active system before and after the earthquake, may not be valid. The most significant reason for this is that the reference stations do not change their

positions in a systematic manner due to the earthquake. Therefore, in areas where no renovation work has been carried out and where there is a situation of inconsistency, a different transformation method is required. In this paper, the Bilinear Mapping method has been applied and compared with the 5 and 6- parameter Helmert methods. The coordinates used here were virtually generated based on the various scenarios. To determine the suitability of this method, real coordinate data should be used in an appropriate region. As a result, it has been observed that the Bilinear method produces more realistic results compared to the Helmert methods. However, considering the types of faults in the earthquake-prone area, especially in cases of right-lateral or left-lateral faults, both sides of the fault may displace in a block- like manner. In this case, in cadastral lot boundary applications according to usage of the Tusaga-Active system, the relevant lot boundary coordinates can be considered as shifted by the same amount as the coordinate differences of the utilized Tusaga-Active reference station before and after the earthquake. The results of this study, especially before and after the earthquake, are thought to be a tool for experts to use about what the coordinates of the cadastral lot boundary in dispute might be by using Bilinear mapping parameters to be obtained for the related region as a result of adjustment with the least squares method from the coordinates of at least four reference points.

Keywords: *Cadastral Lot Coordinates, Bilinear Mapping, Helmert Transformation, Helmert Transformation with 6 Parameters, Coordinate Changes After an Earthquake*

Türkiye’de İl ve İlçelere Ait Bölgesel Dönüşüm Parametreleri Olmaksızın Lambert Konform Konik (LKK) Tasvirinde Jeodezik Doğrulukla İki Boyutlu ITRF96-ED50 Datum Dönüşümü

Two-dimensional ITRF96-ED50 Datum Transformation with Geodetic Accuracy in Lambert Conformal Conic (LCC) Mapping Without Regional Transformation Parameters for Provinces and Districts in Turkey

Şakir Levent ŞAHİN^{1,✉}, Faruk YILDIRIM¹

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye
✉379537@ogr.ktu.edu.tr

Özet

Türkiye’de ITRF96 ve ED50 datumlarındaki iki boyutlu 3°’lik UTM koordinatların günümüzde aktif olarak kullanılması datum dönüşüm ihtiyacını doğurmaktadır. Datum dönüşüm işlemleri her iki datumda da 3°’lik UTM koordinatları bilinen ortak noktalar kullanılarak, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHBBÜY) kapsamında 81 ilin merkez ve ilçelerinde kullanılan lokal dönüşüm parametreleriyle yapılmaktadır. Bu durum uygulamada kullanıcılara; dilim geçişlerinin olduğu bölgelerde jeodezik doğruluğun azalması, sürekli bölgesel parametrelere ulaşma ve jeodezik doğruluklarının sorgulanma gereği ile ortak nokta sıklaştırması gibi problemleri ortaya çıkarmaktadır. Çalışma kapsamında yukarıda belirtilen problemlerin kaldırılmasını amaçlayan; ülkemizin tamamında kullanılabilen, ilerleyen zamanlarda ilave ortak noktalara ve bölgesel dönüşüm parametrelerine gerek duymayan iki boyutlu Ulusal Datum Dönüşümünün (UDD) oluşturulmasıdır. Bu amaç doğrultusunda, Türkiye’de 81 il ve ilçelerinde kullanılan iki boyutlu lokal ortak dönüşüm koordinatları ve parametreleri kullanılmıştır. Ortak koordinatlar MATLAB ortamında üretilen algoritmaya ITRF96 ve ED50 datumundaki 3°’lik UTM koordinatları kontrol edilip ayıklanarak LKK koordinatlarına dönüştürülmüştür. UDD için LKK sistemindeki ortak noktaları belirlemeye yönelik iki aşama gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada; 81 ile ait toplamda 8500 ortak nokta iki boyutlu benzerlik ve afin dönüşüm modellerinde; uyumsuz ölçüler, T-testi ve robust yöntemleri kullanılarak belirlenmiş duyarlılık ölçütleri hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, 6 cm karesel ortalama hata UDD için 4500 ortak nokta belirlenmiştir. İkinci aşamada ise; dönüşümde kullanılacak nokta sayısının belirlenmesi ve jeodezik doğruluğun gerçekleştirilmesi amacıyla farklı dört algoritma test edilmiştir. Bu algoritmalar içinden, dönüşüm noktasına en yakın belli sayıda noktanın düzeltmelerinin istenen değer aralığında olacak şekilde seçilmesi yöntemi kullanılarak ortalama 8 cm jeodezik doğrulukla datum dönüşümü gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Datum Dönüşümü, Lambert Konform Konik Tasvir, Benzerlik Dönüşümü, Afin Dönüşümü

Abstract

The active use of two-dimensional UTM (3 degrees of longitude wide) coordinates in ITRF96 and ED50 datums in Turkey today creates the need for datum transformation. Datum transformation procedures are carried out by using common points with known 3° wide UTM coordinates in both datums with local transformation parameters used in the centers and districts of 81 provinces within the bylaw titled The Production of Large-Scale Maps and Mapping Information. This situation causes problems for the users in practice such as the decrease in geodetic accuracy in the regions where there are zone conversion, the need to continuously access regional parameters and also question their geodetic accuracy, so increasing common points. The aim of this study is to create a two-dimensional National Datum Transformation (NDD) that can be used throughout Turkey and does not require additional common points and regional transformation parameters in the future. For this purpose, two-dimensional local common transformation coordinates and parameters used in 81 provinces and districts in Turkey were used. The common coordinates were converted to LCC coordinates by checking and extracting the 3° wide UTM coordinates in ITRF96 and ED50 datum by using an algorithm generated in the MATLAB environment. Two stages were carried out to determine the common

points in the LCC system for NDD. In the first stage, a total of 8500 common points from 81 provinces were compared by calculating precisions using two-dimensional similarity and affine transformation models, where outliers were detected using T-test and robust methods. As a result, 4500 common points were determined for 6 cm squared mean error NDD. In the second stage, four different algorithms were tested to determine the number of points to be used in the transformation and to perform geodetic accuracy. Among these algorithms, datum transformation with an average geodetic accuracy of 8 cm was realized by using the method of selecting a certain number of points closest to the transformation point so that their residuals are within the desired value range.

Keywords: Datum Transformation, Lambert Conformal Conic Mapping, Similarity Transformation, Affine Transformation

GNSS Ölçüleri ile Yalova Hacımehmet Ovası Tektonik Hareketlerin İzlenmesi

Monitoring Yalova Hacımehmet Plain Tectonic Movements with GNSS Measurements

Cansu UYSAL^{1,✉}, Kemal YURT²

¹Yalova MEM

²Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Aksaray, Türkiye

✉cansuuyosal0619@gmail.com

Özet

1999 Gölçük depreminde Yalova ili çok hasar ve kayıplar yaşayan illerimiz arasına girmiştir. Yapılan araştırmalara göre Yalova Merkez Hacımehmet Ovası'nın en çok yıkımların görüldüğü alanlardan birisi olduğu tespit edilmiştir. Bu bölge, oluşan yıkımlardan dolayı "ölüm ovası" olarak adlandırılmış ve günümüze kadar bu bölgede güvenli yapılaşmaya dair birçok planlama yapılmıştır. Şu anda şehrin bu yönde yapılaşmaya gitmesi bu alanın zemininin güvenilirliği konusunda çeşitli araştırmalar yapılmasına neden olmuştur. Çalışmamızın amacı bu alanda herhangi bir hareketlenme olup olmadığının tespit edilmesi hususundadır. Bölgede yapılan çalışmalar neticesinde imara açılmış ve hızla yapılaşmanın sürdürüldüğü bu alanda deformasyonların olup olmadığı konusunda veriler elde etmek, yapılan analizler doğrultusunda bu alana yönelik fikir ve öneri sunmak gerçekleştirilen bu çalışmanın önemli amaçlarındandır. Yalova ilinin depremden büyük hasar görmüş illerimiz arasında olması ve yapılaşmanın bu alanda yoğunlaşması nedeniyle bu bölgede meydana gelebilecek tektonik hareketlerin tespit edilmesi büyük önem taşımaktadır. Çalışmada Hacımehmet ovasına ait deformasyonun jeodezik ölçmelerle yüksek duyarlıklılı olarak belirlenmesi hedeflenmiş ve bu alanda 23 adet yeni yer noktası tesis edilmiştir. Kurulan ağ üzerinde 2022-2023 yılları arasında 2 kampanya şeklinde GNSS ölçüleri yapılmıştır ve 2023-2024 yılları arasında tesis edilen bu noktalardaki ölçümlerin devam etmesi planlanmaktadır. Ayrıca Safran Köyü civarında bulunan fay boyunca da gözlemler yapılarak buradaki tektonik hareketlerin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Çalışma bölgesi çevresinde bulunan Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı (TUTGA) ve Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı Aktif (TUSAGA-Aktif) noktalarına ait ölçüler de çalışmaya dahil edilerek GNSS ölçüleri GAMIT/GLOBK yazılım takımı ile değerlendirilmiş yer değiştirmeler hesaplanmıştır. Ayrıca bölge yakınından geçen diri fay hattı üzerinde kurulan jeodezik ağdan sağlanacak olan kayma hızlarının tespit edilmesinin literatürdeki önemli bir eksikliği tamamlaması açısından da önem taşıdığı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: GNSS, Hacımehmet Ovası, GAMIT/GLOBK, Kayma hızı

Abstract

In the 1999 Gölçük earthquake, Yalova province was among the provinces that suffered a lot of damage and losses. According to the research, it has been determined that Yalova Central Hacımehmet Plain is one of the areas where the most destruction was seen. This region was called the "plain of death" due to the destruction that occurred, and many plans have been made for safe construction in this region until today. The fact that the city is currently building in this direction has led to various studies on the reliability of the ground in this area. The aim of our study is to determine whether there is any movement in this field. As a result of the studies carried out in the region, the important aims of this study are to obtain data on whether there are any deformations in this area, which has been opened for development and where rapid construction continues, and to offer ideas and suggestions for this area in line with the analyzes made. Since Yalova province is among the provinces that were severely damaged by the earthquake and the construction is concentrated in this area, it is of great importance to detect the tectonic movements that may occur in this region. In the study, it was aimed to determine the deformation of the Hacımehmet plain with high precision by geodetic measurements and 23 new landmarks were established in this area. GNSS measurements were made in two campaigns on the established network between 2022-2023, and measurements at these points are planned to continue between 2023-2024. In addition, observations were made along the fault located around Safran Village and it was aimed to detect the tectonic movements there. Measurements of the Turkish National Basic

GNSS Network (TUTGA) and Turkish National Fixed GNSS Stations Network–Active (TUSAGA-Active) points located around the study area were also included in the study, and the GNSS measurements were evaluated with the GAMIT/GLOBK software suite and the displacements were calculated. In addition, it is thought that determining the slip rates obtained from the geodesic network established on the active fault line passing near the region is important in terms of filling an important gap in the literature.

Keywords: GNSS, Hacımehmet Plain, GAMIT/GLOBK, Slip rate

GNSS-IR Tekniği ile Deniz Seviyesi Değişiminin İzlenmesinde Kalite Değerlendirmesi

Quality Assessment in Sea Level Changes Monitoring Using GNSS-IR Technique

Cansu Beşel Hatipoğlu^{1,✉}, Emine Tanır Kayıkcı²

¹Sinop Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği, Sinop

²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği, Trabzon

✉cbesel@sinop.edu.tr

Özet

GNSS istasyonları, konum belirleme amaçlı kullanımın yanı sıra jeodinamik, meteorolojik, hidrolojik ve iyonosferik amaçlara yönelik olarak veriler sağlamaktadır. Hızla ilerleyen GNSS teknolojisi ile deniz seviyesi değişimlerinin izlenmesinde GNSS İnterferometrik Reflektometri (GNSS-IR) tekniği kullanılmaya başlanmıştır. Yaklaşık son yirmi yılda GNSS-IR tekniği önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Diğer yandan tekniğin performansının geliştirilmesine yönelik çalışmalar da devam etmektedir. Bu aşamada, gerçeği yansıtmayan bir frekansın gücünün deniz yüzeyi yansımaları olarak kabul edilen yansıtma frekansının gücünden daha büyük olabileme ihtimali, GNSS-IR performansını etkileyen ve özellikle dikkat edilmesi gereken bir durumdur. Bu açıdan verilerin işlenmesinde; doğruluk, duyarlılık ve güvenilirlik analizleri ile kalite değerlendirmesi yapılması önemlidir. Veri işleme sırasında parametre kontrolü veya veri işlemeden sonra gürültünün filtrelenmesi, sonuçların doğruluğunu ve etkinliğini önemli ölçüde iyileştirebilmektedir. Bu çalışmada; kalite değerlendirmesinin GNSS-IR tekniğinin performansına etkisi araştırılmıştır. Bunun için iki farklı yöntem kullanılmıştır. Birinci yöntem birçok GNSS-IR çalışmasında tercih edilen Pik-Gürültü Oranı testi iken, ikinci yöntem Lomb-Scargle Periyodogramı (LSP) ve Hareketli Ortalamalar (MA) yöntemlerinin kombinasyonu ile geliştirilen LSP-MA yöntemidir. Her iki yöntemde de gerçeği yansıtmayan reflektör yükseklikleri belirlenerek analizden çıkarılmış olup tekniğin performansına etkisi incelenmiştir. Çalışma kapsamında, ülkemiz Akdeniz kıyısında Mersin, Erdemli’de bulunan MERS Uluslararası GNSS Servisi (IGS) sabit GNSS istasyonu kullanılmış olup GPS, GLONASS ve Galileo sistemlerinden çok frekanslı Sinyal Gürültü Oranı (SNR) verileri alınmıştır. Pik-Gürültü Oranı testi ve LSP-MA yöntemi ile elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında; en yüksek korelasyon LSP-MA yönteminde 0.94 ile Galileo L1 ve L5 sinyallerinde, en düşük Karesel Ortalama Hata (KOH) 3.54 cm değeriyle yine LSP-MA yönteminde ve Galileo L5 sinyalinde elde edilmiştir. Uygulanan Pik-Gürültü Oranı testinde GPS ve Galileo sistemlerinin ikisinde de L5 sinyali daha iyi sonuç vermiştir. LSP-MA yönteminde ise GPS sisteminde L1 sinyalinden, Galileo sisteminde L5 sinyalinden daha iyi sonuç alınmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde; deniz seviyesi değişimi sonuçlarında kaba hatalı ölçünün fazla olduğu, yani gerçeği yansıtmayan reflektör yüksekliklerinin elde edildiği durumlarda LSP-MA yönteminin yüksek performans sergilediği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Deniz Seviyesi Değişimi, GNSS İnterferometrik Reflektometri, Kalite Değerlendirmesi

Abstract

GNSS stations provide data for geodynamic, meteorological, hydrological and ionospheric purposes, as well as for positioning. The GNSS Interferometric Reflectometry (GNSS-IR) technique has started to be utilized in monitoring sea level changes due to the rapid advancements in GNSS technology. The GNSS-IR technique has made significant progress over the past two decades or so. On the other hand, studies are being conducted to enhance the performance of this technique. At this stage, it is important to consider the possibility that the power of a frequency, which does not accurately reflect reality, may be greater than the power of the accepted sea surface reflection frequency. This situation has a significant impact on GNSS-IR performance and therefore requires careful attention. In the processing of data, it is important to conduct quality assessments through accuracy, precision, and confidence analysis. Parameter control during data processing, or filtering out noise after data processing, can significantly enhance the accuracy and efficiency of the results. In this study, we investigated the effect of quality assessment on the performance of the GNSS-IR technique. Two different methods were used for this purpose. The first method is the Peak-to-noise ratio test, which is commonly used in many GNSS-IR studies. The second method is the LSP-MA method, which was developed by combining the Lomb-Scargle Periodogram (LSP) and Moving Average (MA) methods. In both methods, reflector

heights that did not reflect reality were determined and removed from the analysis. The impact of the technique on its performance was examined. Within the scope of the study, we used the MERS station located in Erdemli, Mersin, on the Mediterranean coast of our country from the International GNSS Service (IGS) network. Multi-frequency signal-to-noise ratio (SNR) data obtained from GPS, GLONASS, and Galileo systems were utilized. When comparing the results obtained from the Peak-to-noise ratio test and the LSP-MA method, the Galileo L1 and L5 signals showed the highest correlation of 0.94 in the LSP-MA method. Additionally, the lowest Root Mean Square Error (RMSE) was observed in the Galileo L5 signal, with a value of 3.54 cm in the LSP-MA method. In the applied Peak-to-noise ratio test, the L5 signal provided superior results in both the GPS and Galileo systems. In the LSP-MA method, better results were obtained than the L1 signal in the GPS and the L5 signal in the Galileo system. When evaluating the results obtained in the study in general, it has been observed that the LSP-MA method exhibits high performance where there are many outliers in the sea level change results. In other words, it can accurately identify reflector heights that do not reflect reality.

Keywords: *Sea Level Changes, GNSS Interferometric Reflectometry, Quality Assessment*

Karadeniz İçin Derin Öğrenme Tabanlı Deniz Seviyesi Erken Uyarı Sistemi

Deep Learning-Based Early Warning System for Sea Level Changes in the Black Sea

Ahmet YAVUZDOĞAN^{1,✉}, Emine TANIR KAYIKÇI²

¹ Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane

² Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Trabzon

✉yavuzdogan@gumushane.edu.tr

Özet

Küresel iklim değişikliğinin tetiklediği deniz seviyesi yükselme hareketleri, kıyı bölgelerinde yaşayan popülasyonu kıyı taşkınları konusunda ciddi risklerle karşı karşıya bırakmaktadır. Türkiye gibi üç tarafı denizlerle çevrili olan bir ülkede, kıyı taşkınlarına karşı alınacak önlemler hem bireylerin güvenliği hem de ekonomik ve ekolojik dengenin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda, Karadeniz bölgesi için geliştirilen 'TideGuard' isimli erken uyarı sistemi, ani deniz seviyesi değişimlerini önceden tespit etmeyi amaçlamaktadır. TideGuard, Evrişimli Uzun-Kısa Süreli Bellek Ağları (ConvLSTM) adlı derin öğrenme algoritması ile eğitilmiş olup, geçmişteki deniz seviyesi anomalilerini kullanarak 15 günlük deniz seviyesi değişimlerini ortalama 5-8 mm'lik karesel ortalama hata ile tahmin edebilmektedir. Geliştirilen derin öğrenme ağının eğitimi için birçok uydu misyonundan elde edilen radar altimetre deniz seviyesi anomali verileri kullanılmıştır. Eğitimin ardından farklı tarih aralıklarında gerçekleştirilen 30 farklı simülasyonda, erken uyarı sisteminin 15 günlük deniz seviyesi değişimlerini tahmin performansı detaylıca incelenmiştir. Analizler sonucunda, geliştirilen bu yaklaşım ve önceden eğitilmiş bir evrişimli uzun-kısa süreli bellek ağı ile deniz seviyesi tahmininin 15 gün önceden yüksek doğrulukla tahmin edilebileceği gösterilmiştir. Söz konusu sistem, Python programlama dilinde, PyQt5 kütüphanesi yardımıyla kod bilgisine ihtiyaç duymadan son kullanıcının erişimine uygun, kullanıcı dostu bir arayüzle entegre edilmiştir. Geliştirilen bu erken uyarı sistemi, özellikle kıyı mühendisliği, su politikası, kıyı koruma ve bakım gibi alanlarda karar alıcılar için değerli bir rehber olma potansiyeline sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Deniz Seviyesi, Kıyı Taşkınları, Derin Öğrenme, Erken Uyarı, Karadeniz

Abstract

Global climate change-induced sea level rise movements pose serious risks of coastal flooding for populations living in coastal areas. In a country like Turkey, which is surrounded by seas on three sides, measures against coastal floods are of critical importance for the safety of individuals as well as for the sustainability of economic and ecological balance. In this context, an early warning system named 'TideGuard' has been developed for the Black Sea region, aiming to detect sudden changes in sea level in advance. TideGuard has been trained with a deep learning algorithm known as Convolutional Long Short-Term Memory Networks (ConvLSTM), and it can predict sea level changes over 15 days with an average root mean square error of 5-8 mm by using past sea level anomalies. Radar altimeter sea level anomaly data obtained from various satellite missions have been used for training the deep learning network. After the training, the performance of the early warning system in predicting 15-day sea level changes has been meticulously analyzed in 30 different simulations conducted over various date ranges. The analyses have shown that with this approach and a pre-trained convolutional long short-term memory network, sea level can be predicted with high accuracy 15 days in advance. This system has been integrated with a user-friendly interface that is accessible to the end-user without the need for coding knowledge, using the Python programming language and the PyQt5 library. The developed early warning system has the potential to be a valuable guide for decision-makers, especially in areas such as coastal engineering, water policy, coastal protection, and maintenance.

Keywords: Sea Level, Coastal Flooding, Deep Learning, Early Warning, Black Sea

Derin Öğrenme Algoritmaları İle Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi: Murgul (Artvin) Örneği

Landslide Susceptibility Assessment Using Deep Learning Algorithms: A Case Study of Murgul (Artvin)

Ziya USTA^{1,✉}, Alper Tunga AKIN², Halil AKINCI¹

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü 08100, Seyitler, Artvin.

²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon.

✉ziyausta@artvin.edu.tr

Özet

Artvin; jeolojik yapısı, engebeli topografyası ve şiddetli yağışlara sahip iklimsel özellikleri nedeniyle heyelanlara eğilimi bir şehirdir. Artvin'in tüm ilçelerinde ciddi ekonomik zararlara neden olan ve altyapılara hasar veren heyelanlar meydana gelmektedir. Bu çalışmada, derin öğrenme algoritmaları kullanılarak Artvin ilinin Murgul ilçesinin heyelan duyarlılık haritaları üretilmiştir. Derin öğrenme algoritmaları olarak Konvolüsyonel/Evrişimsel Sinir Ağları (Convolutional Neural Networks - CNN) ve Tekrarlayan/Yinelemeli Sinir Ağları (Recurrent Neural Networks - RNN) kullanılmıştır. Heyelan duyarlılık analizi 12 faktör (arazi örtüsü, bakı, drenaj ağlarına uzaklık, eğim, eğim uzunluğu, litoloji, plan eğriliği, profil eğriliği, topoğrafik konum indeksi (TKI), topoğrafik nemlilik indeksi (TNI), yollara uzaklık ve yükseklik) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, 54 heyelan poligonundan oluşan bir heyelan envanteri kullanılmıştır. Heyelan envanter veri seti 10 m konumsal çözünürlükte 92.446 piksel içermektedir. Literatüre uygun olarak, heyelanlı piksellerin %70'i (64.712 piksel) derin öğrenme modellerinin eğitimi, geri kalan %30'u da (27.734 piksel) modellerin doğrulanması için kullanılmıştır. Doğrulama metriği olarak genel doğruluk, kesinlik, duyarlılık, F1 skoru ve eğri altında kalan alan (area under the receiver operating characteristic curve - AUCROC) dikkate alınmıştır. Python yazılımında Keras kütüphanesi kullanılarak gerçekleştirilen uygulama sonucunda, RNN algoritmasının tüm doğrulama metriklerinde CNN algoritmasına göre daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, RNN algoritmasına göre çalışma alanında heyelanların meydana gelmesinde en etkili faktörlerin litoloji ve yükseklik olduğu, en etkisiz faktörlerin ise plan ve profil eğriliği olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, RNN algoritması kullanılarak üretilen heyelan duyarlılık haritasının çalışma bölgesinde heyelanların neden olduğu zararların azaltılmasında karar vericilere önemli katkılar sağlayacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Heyelan, Heyelan Duyarlılık Haritalama, Derin Öğrenme, CNN, RNN

Abstract

Artvin is a city prone to landslides due to its geological structure, rugged topography, and climatic features characterized by heavy rainfall. Landslides occur in all districts of Artvin, resulting in significant economic losses and damage to infrastructure. In this study, landslide susceptibility maps for the Murgul district of Artvin province were generated using deep learning algorithms. Convolutional Neural Networks (CNN) and Recurrent Neural Networks (RNN) were employed as deep learning algorithms. Landslide susceptibility analysis was conducted using 12 factors (land cover, aspect, distance to drainage networks, slope, slope length, lithology, plan curvature, profile curvature, topographic position index (TPI), topographic wetness index (TWI), distance to the roads, and altitude). The study utilized a landslide inventory comprising 54 landslide polygons. The landslide inventory dataset consists of 92,446 pixels at a spatial resolution of 10 meters. Consistent with literature practices, 70% of landslide pixels (64,712 pixels) were utilized for training deep learning models, with the remaining 30% (27,734 pixels) used for model validation. Validation metrics including overall accuracy, precision, recall, F1 score, and area under the receiver operating characteristic curve (AUCROC) were considered. The application, implemented using the Keras library in Python software, revealed that the RNN algorithm outperformed the CNN algorithm across all validation metrics. Additionally, according to the RNN algorithm, the most influential factors in the occurrence of landslides in the study area were determined to be lithology, and altitude, while plan and profile

curvature were identified as the least effective factors. In conclusion, it has been deduced that the landslide susceptibility map produced using the RNN algorithm will significantly contribute to decision-makers in reducing the damages caused by landslides in the study area.

Keywords: *Landslide, Landslide Susceptibility Mapping, Deep Learning, CNN, RNN*

Gerçek Zamanlı Kinematik PPP Tekniği ile Deprem Merkez Üssü Kestirimi: 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık ve Elbistan) Depremleri Örneği

Estimation of Earthquake Epicenter with Real-Time Kinematic PPP Technique: The Case of February 6, 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık ve Elbistan) Earthquakes

Furkan Soğukkuyu^{1,✉}, Sinan Birinci¹, Mehmet Halis Saka¹

¹Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli

✉fsogukkuyu@gtu.edu.tr

Özet

Deprem merkez üssünün hızlı ve doğru bir şekilde belirlenmesi, özellikle şehirleşmiş alanlarda depremlerin altyapı üzerindeki olumsuz etkilerinin anlaşılması ve acil durum müdahalesinin yönlendirilmesi için oldukça önemlidir. Bu bağlamda, deprem parametrelerinin tespiti sismometreler yardımıyla gerçekleştirilir ve analizler bu aletlerden sağlanan veriler üzerinden yapılır. Bunun dışında, yeryüzünde sürekli veri toplayan GNSS istasyonlarının çoğalmasıyla, sismik hareketlerin tespit edilmesi mümkün hale gelmiştir. Bu hareketler, depremin ana bileşenlerinden olan merkez üssünün hesaplanması problemi için bir veri kaynağı oluşturur. Deprem merkez üssünün hızlı ve doğru şekilde belirlenmesi amacıyla, günümüzde GNSS verilerinin değerlendirilmesinde gerçek zamanlı kinematik Hassas Nokta Konumlama (Precise Point Positioning, PPP) yaklaşımı sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çözümün başarısı, hassas yörünge ve saat bilgilerine gerçek zamanlı olarak ulaşma imkanlarıyla ilgilidir. Bu açıdan bakıldığında GNSS kullanımında bu ürünlerin temini zorluğu gibi bazı dezavantajların olduğu söylenebilir. Sismometreler ise ek bir veriye ihtiyaç duymazlar fakat büyük depremlerde belirli bir aralıktaki yer hareketini ölçmek üzere tasarlandıklarından, bir depremin yer hareketi bu aralığı aştığında, sismometre ölçek dışına çıkabilir ve bu da kırılma olarak bilinen bir olguya neden olur. Bu durum sismometrenin sismik dalgaların tüm genliğini doğru bir şekilde kaydetmesini engelleyerek depremin büyüklüğünün ve merkez üssünün yanlış ölçülmesine yol açabilir. Bu çalışmada, 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş'ta meydana gelen iki büyük depremin merkez üsleri, kinematik PPP çözümlerini esas alarak istatistiki bir yaklaşımla hesaplanmıştır. Veri olarak, deprem bölgesini kapsayan TUSAGA-Aktif istasyonlarının 1 sn'lik GNSS verileri ve MADOCA (Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis) gerçek zamanlı yörünge ve saat ürünleri kullanılmıştır. Depremlerin hesaplanan parametreleri Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE), Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma Dairesi (USGS) ve Alman Yer Bilimleri Araştırma Merkezi (GFZ) tarafından yayınlanan parametrelerle karşılaştırılmıştır. Sırasıyla AFAD, KRDAE, USGS ve GFZ tarafından açıklanan deprem merkez üsleriyle bu çalışmada hesaplanan deprem merkez üsleri karşılaştırıldığında; Pazarcık depremi için 11, 18, 27 ve 16 km; Elbistan depremi için ise 13, 10, 13 ve 12 km mesafelik bir fark olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, GNSS verilerinin kullanılmasıyla deprem merkez üssünün, acil müdahale için yeterli doğrulukta ve gerçek zamanlı olarak belirlenebileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: GNSS Sismolojisi, Gerçek Zamanlı kinematik PPP, Deprem Merkez Üssü Kestirimi.

Abstract

Rapid and accurate determination of the epicenter is crucial for understanding the adverse effects of earthquakes on infrastructure, especially in urbanized areas, and for directing emergency responses. In this context, the earthquake parameters is carried out with seismometers, and analyzes are made on the data obtained from the instruments. In addition, with the proliferation of GNSS stations collecting continuous data on earth surface, it has become possible to detect seismic movements. The movements form a data source for the problem of estimating the epicenter, which is one of the main components of an earthquake. The real-time kinematic Precise Point Positioning (PPP) approach has been widely used in the evaluation of GNSS data for fast and accurate determination of earthquake epicenters. The success of this solution is related to the possibility of accessing precise orbit and clock information in

real-time. From this point of view, it can be said that there are some disadvantages to the use of GNSS, such as the difficulty in obtaining the products. Seismometers do not need any additional data; however, because they are designed to measure ground motion within a certain range for large earthquakes, when the ground motion of an earthquake exceeds this range, the seismometer can go off scale, causing a phenomenon known as clipping. This can prevent the seismometer from accurately recording the full amplitude of the seismic waves, leading to inaccurate measurement of the magnitude and epicenter of the earthquake. In this study, the epicenters of two large earthquakes that occurred in Kahramanmaraş on February 6, 2023, were calculated using a statistical approach based on kinematic PPP solutions. 1-second GNSS data from Continuously Operating Reference Stations - Türkiye (CORS-TR) covering the earthquake zone and Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis (MADOC) real-time orbit and clock products were used. The estimated parameters of the earthquakes were compared with those announced by the Disaster and Emergency Management Authority (AFAD), Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (KOERI), United States Geological Survey (USGS), and German Research Centre for Geosciences (GFZ). When the earthquake epicenters announced by AFAD, KOERI, USGS, and GFZ are compared with the epicenters estimated in this study, it is seen that there is a difference of 11, 18, 27, and 16 km for the Pazarcık earthquake and 13, 10, 13, and 12 km for the Elbistan earthquake, respectively. The results show that, using GNSS data, the epicenter can be determined in real-time with sufficient accuracy for emergency response.

Keywords: *GNSS Seismology, Real-Time Kinematic PPP, Estimation of Earthquake Epicenter*

Google Earth Engine ve Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Orman Yangın Alanı Analizi: Muğla-Köyceğiz Örneği

Forest Fire Area Analysis with Google Earth Engine and Remote Sensing Methods: The Case of Mugla-Koycegiz

Şule YAMAN^{1,✉}, Esra TUNÇ GÖRMÜŞ²

^{1,2} Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon/Türkiye

✉ suleyaman98@hotmail.com

Özet

Orman yangınları, doğal ve beşeri nedenlerle ortaya çıkan bir doğal afettir. Yanardağ patlaması, yıldırım düşmesi ve yüksek sıcaklık nedeniyle meydana gelen doğal yangınlar ile sigara izmariti, bilinçsiz ateş yakma ve söndürmeme gibi nedenlerle insan kaynaklı meydana gelen yangınlar vardır. Orman yangınları kuraklık, iklim değişikliği gibi birçok ekolojik zarara neden olmakla beraber yangın müdahale aşamasında, yangın sonrası hasar tespiti ve analizinde de hem maddi hem de manevi bedellerin ödenmesine sebep olmaktadır. Orman yangınları ve yangın sonrası yanan alanların tespitinde, son yıllarda gelişen uydu teknolojileri ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri oldukça yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada 28 Temmuz 2021 tarihinde Muğla ili Köyceğiz ilçesinde çıkan ve 14 gün devam eden yangın için uzaktan algılama teknikleri kullanılarak Google Earth Engine (GEE) platformunda yangın analizi yapılmıştır. Bu amaçla yangın öncesine ait 28 Temmuz 2021 ve yangın sonrasına ait 27 Ağustos 2021 tarihli Sentinel-2A uydu verileri kullanılmıştır. Çalışma alanına ait eğim, bakı ve NDVI parametreleri kullanılarak yangın risk modeli haritası üretilmiştir. Yanan alanların risk haritasındaki riskli bölgelerle örtüştüğü gözlenmiştir. Daha sonra Normalize Edilmiş Vegetasyon İndeksi (NDVI), Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti (NBR), NBR farklarından Fark Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti (dNBR), NDVI farklarından Fark Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (dNDVI), Yanık İzi İndeksi (BSI) ve Yanmış Alan İndeksi (BAI) indekslerinin kullanılması ile yanarak tahrip olmuş alanların tespiti yapılmıştır. Son olarak dNBR indeksine ait görüntülere USGS FIREMON (Fire Effects Monitoring And Inventory Protocol/ Yangın Etkilerini İzleme ve Envanter Protokolü) tarafından, bir bölgedeki yanma şiddetini tanımlamak üzere belirlenmiş eşik değerler uygulanarak çalışma alanına ait yanma şiddeti haritası oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Orman Yangın Analizi, Uzaktan Algılama, Google Earth Engine

Abstract

Forest fires are a natural disaster caused by natural and human causes. There are natural fires caused by volcanic eruptions, lightning strikes and high temperatures, and human-caused fires due to cigarette butts, unconscious fire lighting and failure to extinguish it. While forest fires cause many ecological damages such as drought and climate change, they also cause both material and moral costs to be paid during the fire intervention phase and post-fire damage detection and analysis. Satellite technologies and Remote Sensing (RS) techniques, which have developed in recent years, have begun to be widely used in detecting forest fires and burned areas after fires. In this study, fire analysis was carried out on the Google Earth Engine (GEE) platform using remote sensing techniques for the fire that broke out in Köyceğiz district of Muğla province on July 28, 2021 and continued for 14 days. For this purpose, Sentinel-2A satellite data dated 28 July 2021 before the fire and 27 August 2021 after the fire were used. A fire risk model map was produced using the slope, aspect and NDVI parameters of the study area. It was observed that the burned areas overlapped with the risky areas on the risk map. Then Normalized Vegetation Index (NDVI), Normalized Burn Severity (NBR), Difference Normalized Burn Severity (dNBR) from NBR differences, Normalized Difference Vegetation Index (dNDVI) from NDVI differences, Burn Scar Index (BSI) and Burnt Area index (BAI) using the indexes, areas destroyed by burning were determined. Finally, a burning intensity map of the study area was created by applying threshold values determined by USGS FIREMON (Fire Effects Monitoring and Inventory Protocol) to the images of the dNBR index to define the burning severity in a region.

Keywords: Forest Fire Analysis, Remote Sensing, Google Earth Engine

Uydu Görüntüleri Kullanılarak Orman Yangın Alanlarındaki Hasar Tespiti ile Arazi ve Toprak Örtüsündeki Zamansal Değişim *Detection of Damage in Forest Fire Areas and Temporal Change in Land and Soil Cover Using Satellite Imagery*

Betül Kırımlioğlu✉

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Trabzon
✉betulkrmloglu@gmail.com

Özet

Dünyanın en büyük doğal zenginliği olan ormanlar, doğal dengenin sağlanmasında hayati önem taşımaktadır. Fakat dünyamızda yaşanan orman yangınları sonucunda ekosistemde ve atmosferde büyük hasarlar meydana gelmekte, can ve mal kayıplarına sebep olmaktadır. Orman yangınları aynı zamanda ekonomik ve sosyal yaşamda ciddi sorunlara yol açabilmektedir. Uzaktan algılamanın gelişmesiyle birlikte uydu teknolojisi kullanılarak ormanlar üzerinde geniş çaplı araştırmalar yapılabilmektedir. Uydu görüntüleri ile orman yangının çıkış noktası ve vermiş olduğu hasar kolaylıkla tespit edilebilir ve hasarın ilerleyen zamanlarda uğradığı zamansal değişimin daha hızlı şekilde takip edilebilmesine olanak sağlar. Çalışma alanı olarak 2019 Haziran- 2020 Mayıs tarihleri arasında gerçekleşen Avustralya orman yangını seçilmiştir. Kıtada büyük bir felakete yol açan yangında Sidney şehrinde bir bölge belirlenmiştir. Landsat 8 uydu görüntüsü ile yangın öncesi, yangın anı ve yangın sonrası görüntüler üzerinde çalışmalar yapılmıştır. ENVI programı üzerinden kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma işlemi ile hasar tespiti, Yanmış alan indeksi (BAI), arazi örtüsünde Normalleştirilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI), Normalleştirilmiş Su Farkı İndeksi (NDWI), Normalleştirilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi (NDBI), Gelişmiş Bitki Örtüsü İndeksi (EVI), Yaprak Alanı İndeksi (LAI), Toplam Yeşil İndeksi (SGI), ve toprak örtüsünde Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi (SAVI), Çıplak Toprak İndeksi (BSI), Arazi Yüzey Sıcaklığı (LST), Toprak Nem İndeksi (SMI), Toprak Tuzluluğu İndeksi (SSI), Kil Minerali Oranı (CM) ve Demir Mineralleri Oranı (FM, Fe^{+3} ve Fe^{+2}) spektral indeksler kullanılarak değişim analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda yangından önce ve sonraki görüntülerde yangının vermiş olduğu zararın ciddi olduğu hasar tespit çalışması ile değerlere yansımıştır. Yangından sonraki görüntüde bitkilerin yok olması, çıplak toprak görüntüsünün ortaya çıkmasına sebep olduğu için arazi yüzey sıcaklığının arttığı ve buna bağlı olarak nem oranının ve toprak tuzluluğunun da düştüğü belirlenmiştir. Fakat yangın sonrası ilerleyen zamandaki görüntülerde bitkilerin ortaya çıkmasıyla değerlerin tekrardan eski haline yavaş yavaş dönmeye başladığı anlaşılmaktadır. Bitkilerin yeniden canlanmasında ve büyümesinde önemli etkenlerden biri olan demir minerallerine bakıldığında demir artışı gözlenmiştir. Bunun sebebinin kül miktarının ve yanmanın vermiş olduğu zarar ile havalanmayan toprak oluşması ve bu sebeple Fe^{+3} ile anaerobik canlılarının etkileşime girerek çıkan tepkimeden Fe^{+2} oluşmasıyla demir mineralinde artış meydana gelmesidir. Bitkilerin fotosentez yapmasında demir minerali gerekli olduğu için önemli kaynak olduğu Uzaktan Algılama yöntemi ile de sonuca varılmıştır. Bu değişimlerin çerçevesinde zamanla doğanın kendini yenilemesi ile bu zararın azalabileceğini göstermektedir. Bu çalışma sayesinde Uzaktan Algılamanın orman yangınları üzerinde kullanılması bilgi edilebilirliği açısından önemli olduğu ve hem zaman hem de maddi anlamda kolaylık sağlayabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Orman Yangını, Uzaktan Algılama, Arazi Örtüsü İndeksleri, Toprak Örtüsü İndeksleri, Zamansal Değişim

Abstract

Forests are the world's most valuable natural resource and are vital for maintaining the delicate balance of our planet's ecosystem. However, forest fires cause significant damage to both the environment and the atmosphere, causing loss of life and property. Forest fires can also cause economic and social problems. With the development of remote sensing, large-scale surveys on forests can be carried out using satellite technology. The starting point of the forest fire and the damage caused by it can be easily

detected with satellite images and the temporal change of the damage in the future can be monitored more quickly. The Australian forest fire that took place between June 2019 and May 2020 was selected as the study area. A region from the city of Sydney was identified in the fire that caused a major disaster on the continent. Studies were carried out on pre-fire, post-fire, and post-fire images using Landsat 8 satellite images. Damage detection with controlled and uncontrolled classification process through ENVI program, Burnt Area Index (BAI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Water Index (NDWI), Normalized Difference Settlement Index (NDBI), Enhanced Vegetation Index (EVI), Leaf Area Index (LAI), Total Green Index (SGI), and changes in soil cover were analysed using Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI), Bare Soil Index (BSI), Land Surface Temperature (LST), Soil Moisture Index (SMI), Soil Salinity Index (SSI), Clay Mineral Content (CM) and Iron Minerals Content (FM, Fe+3 and Fe+2) spectral indices. As a result of the analyses, the damage caused by the fire in the images before and after the fire was reflected in the values with the damage assessment study. In the image after the fire, since the destruction of the plants caused the appearance of bare soil, it was determined that the land surface temperature increased and the humidity and soil salinity decreased accordingly. However, it is understood that the values gradually started to return to their previous state with the emergence of plants in the images in the following time after the fire. When iron minerals, which are one of the important factors in the revitalization and growth of plants, were examined, an increase in iron was observed. The reason for this is the formation of unventilated soil due to the amount of ash and the damage caused by the combustion, and for this reason, Fe + 3 and anaerobic organisms interact with Fe + 2 from the reaction, resulting in an increase in iron mineral. Since iron mineral is necessary for the photosynthesis of plants, it has been concluded by the Remote Sensing method that it is an important source. Within the framework of these changes, it shows that this damage can be reduced with the renewal of nature over time. Thanks to this study, it was concluded that the use of Remote Sensing on forest fires is important in terms of information availability and can provide both time and material convenience.

Keywords: Forest Fire, Remote Sensing, Land Cover Indices, Soil Cover Indices, Temporal Change

SENTINEL 1A Uydu Radar Verilerini Kullanılarak Sarıgöl Bölgesinin Deformasyonunun Belirlenmesi

Determining Deformation in the Sarıgöl Region Using SENTINEL-1A Satellite Radar Data

Fatma Nur Kargın^{1,✉}, Fatih Poyraz¹

¹Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fak. Harita Müh. Bölümü Sivas

✉fatmanurkargin@gmail.com

Özet

Çalışma kapsamında Ege Horst- Graben sisteminde, Gediz Grabeninin doğu kesiminde Sarıgöl bölgesi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Gediz Grabeni Manisa'dan Pamukkale'ye kadar uzanır. Yaklaşık 200 km uzunluğundadır. Grabenin ana fayı güney kenarı boyunca uzanır, kuzeyde ise yer yer bu fayın antitetik bileşeni yer alır. Graben içinde oluşan Mw=6.5 büyüklüğündeki 28 Mart 1969 Alaşehir depremi meydana gelmiştir. Günümüzde de tektonik ve asismik hareketlerin etkisiyle hızla deformasyona uğrayan Manisa-Sarıgöl ilçesinin, Sentinel-1A verileri kullanılarak bölgeye ait deformasyonların belirlenmesi amacıyla düzenlenmiştir. Sentinel-1A verileri kullanılarak bölgedeki deformasyonların belirlenmesi ve bu deformasyonların bölgenin tektonik özellikleri ve fayların kayma hızı hakkındaki bilgilere katkısı araştırılacaktır.

Sentinel-1A verileri çeşitli bölgelerdeki tektonik hareketlerin araştırılması için ücretsiz olarak sunulan değerli bir araçtır. Sentetik Açıklı Radar (SAR) ile donatılmış olan Sentinel-1A verilerinin yeryüzü deformasyonlarının analizi için Persistent Scatterer Interferometry (PSI) ve daha yüksek çözünürlükte ve hassasiyette ölçümler yapılmasına olanak sağlayan Standford Method for Persistent Scatterer (StaMPS) tekniği kullanılacaktır.

Çalışma, bir yıllık Sentinel-1A verilerini içermektedir. Bu veriler için ESA SNAP ve StaMPS yazılımları kullanılacaktır. SNAP yazılımında oluşturulan interferogramlar, StaMPS yazılımıyla çalışma bölgesinde mevcut olan aktif faylar boyunca meydana gelen kabuk deformasyonu ve uydu bakış yönüne göre bölgedeki çökme veya yükselmelerin haritalanması amaçlanmaktadır. StaMPS yazılımında elde edilecek LOS hızları L1 ve L2 norm yöntemleri kullanılarak ayrı ayrı elde edilecek ve sonuçların birbiri ile uyumları karşılaştırılacaktır. Ayrıca çalışma sonunda elde edilen değerler bu bölgede yapılmış ve yayımlanan diğer jeodezik yöntemlerden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılacaktır. Çalışma kapsamında Gediz grabenin doğu kesiminde fay sistemini InSAR sonuçlarından elde edilecek deformasyon haritaları kullanılarak bölgede deformasyon olmayan veya deformasyon az olan bölgeler belirlenecektir. Böylelikle bölgede oluşturulacak veya yapılacak yeni yerleşim alanlar için bu deformasyon haritalarının faydalı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Deformasyon, Tektonik, InSAR, GNSS

Abstract

The study focuses on the Sarıgöl region, situated in the eastern part of the Gediz Graben within the Aegean Horst-Graben system. The Gediz Graben spans approximately 200 kilometers, stretching from Manisa to Pamukkale. The principal fault runs along the graben's southern margin, while its antithetic counterpart is situated to the north. Notably, the region experienced a significant seismic event, the Alaşehir earthquake of March 28, 1969, with a magnitude of M=6.5.

The primary objective of this investigation is to assess the ongoing deformations in the Manisa-Sarıgöl district, resulting from tectonic and aseismic activities. This analysis leverages Sentinel-1A data, which is a valuable resource for studying tectonic movements in various regions. Sentinel-1A data, equipped with Synthetic Aperture Radar (SAR), will be employed to analyze earth deformations through Persistent Scatterer Interferometry (PSI) and the Standford Method for Persistent Scatterer (StaMPS). These methods allow for more precise and high-resolution measurements.

The study encompasses one year of Sentinel-1A data, and the analysis will be conducted using ESA SNAP and StaMPS software. The objective is to generate interferograms in SNAP software, which will map crustal deformation along active faults within the study area and identify subsidence or uplift based

on the satellite's viewing angle, using StaMPS software. LOS (Line of Sight) velocities will be separately calculated in StaMPS software using the L1 and L2 norm methods, and the results will be compared for consistency. In addition, the values obtained at the end of the study will be compared with the results obtained from other published geodetic methods in this region.

The deformation maps derived from the InSAR results within the eastern section of the Gediz Graben will be crucial in identifying regions with minimal or no deformation. These maps are anticipated to provide valuable insights for planning and constructing new settlements in the area.

Keywords: *Deformation, Tectonic, InSAR, GNSS*

Analog Kadastro Haritalarında Konumsal Duyarlılığın Önemi *The Importance of Spatial Accuracy in Analog Cadastral Maps*

Okan YILDIZ¹, Ayşen BAYTAR^{1,✉}

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon.

✉ aysnbytr@gmail.com

Özet

Ülkemizde taşınmazların konumlarının, yüzölçümlerinin, hukuksal durumlarının tespitine yönelik olarak yaklaşık son bir asırdır yürütülen kadastro çalışmalarında farklı ölçü yöntemleri, koordinat sistemleri, çeşitli ölçü aletlerinin kullanılması sonucunda farklı duyarlılıkta ve standartlarda kadastro haritaları üretilmiştir. Bu yöntemleri prizmatik, takeometrik, grafik, fotoplan, fotogrametrik, GNSS (Global Navigation Satellite Systems) ve son olarak İHA (İnsansız Hava Aracı) şeklinde özetlemek mümkündür. Bu yöntemler ile üretilmiş kadastro haritalarının önemli bir kısmı analog ürünler olmakla birlikte teknik arşivinin yaklaşık %70'ini oluşturmaktadır. Bu kadastro haritaları, zemin ile uyumunun yetersiz kalması, konumsal duyarlılığının düşük olması, bilgi sistemleri açısından yetersiz kalması vb. sebeplerden dolayı, tüm Dünya'da olduğu gibi, güncellenmektedir. Günümüzde bu altlıkların güncellenmesi ile beraber taşınmazların yüzölçümleri değişime uğramaktadır. Taşınmaz yüzölçümlerinde meydana gelen bu değişimlerden kaynaklı hazine aleyhine tazminat ve bu tazminatın kusurlu görevliye rücu edilmesi problemleri gündeme gelmektedir. Yargının tazminat konusunda 2009 yılından sonra Devletin kusursuz sorumluluğu çerçevesinde değerlendirmelerde bulunarak tazminata hükmettiği görülmüştür. Ülke genelinde yaklaşık 58 milyon parselin %70'inin güncelleme kadastrasına tabi tutulduğu düşünüldüğünde problemin yaygın etkisi daha net anlaşılabilecektir. Oysa ki taşınmazların yüzölçümü değişimine sebep olan etkenlerin bir kısmı kullanılan yöntemin duyarlılığı gereği kaçınılmaz olarak ortaya çıkmaktadır. Bu tür hatalar kısaca yöntemin yanılma sınırı veya tecvizi şeklinde tanımlanmaktadır. Tazminat ve rücu sorununun azaltılması için, kadastroda kullanılan her bir analog yöntemin yanılma sınırlarının bilimsel temellere dayalı bir çalışma ile tespit edilmesi gerekmektedir. Böylece bu sınır içindeki hataların hem tazminata konu edilmemesi sağlanacaktır. Bu çalışmada örnek uygulama sahasında farklı analog yöntemlerle üretilen kadastro haritaların zemin ile uyumu araştırılacaktır. Bu uygulamada güncelleme kadastrosu sırasında ölçülen sabit sınırlar ile kadastro haritası karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma işlemi CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) teknolojisi ile yakınlık analizi yapılarak gerçekleştirilmiştir. Uygulama sonunda söz konusu bu haritaların konumsal doğruluklarına yönelik istatistiksel sonuçları sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Güncelleme Kadastrosu, Konumsal Duyarlılık, Analog Kadastro Haritaları, CBS Yakınlık Analizi

Abstract

Cadastral maps of different accuracy and standards have been produced as a result of the use of different measurement methods, coordinate systems and various measuring instruments in the cadastral activities carried out for the last century to determine the locations, surface areas and legal status of immovable properties in our country. It is possible to summarize these methods as prismatic, tachometric, graphic, photoplan, photogrammetric, GNSS (Global Navigation Satellite Systems) and finally UAV (Unmanned Aerial Vehicle). Although a significant part of the cadastral maps produced with these methods are analog products, they constitute approximately 70% of the technical archive. These cadastral maps are updated, as is the case all over the world, due to reasons such as insufficient compatibility with the ground, low spatial accuracy, inadequacy in terms of information systems, etc. Nowadays, with the updating of these bases, the surface areas of the properties are changing. Due to these changes in real estate areas, the problems of compensation against the treasury and recourse to the faulty official for this compensation come to the fore. It has been observed that the judiciary made evaluations regarding compensation within the framework of the state liability of the State and awarded compensation after 2009. Considering that 70% of approximately 58 million parcels across the country are subject to updated cadastre, the widespread impact of the problem will be more clearly understood. However, some of the factors that cause changes in the surface area of real estate inevitably emerge due to the accuracy

of the method used. Such errors are briefly defined as the error limit or tolerance of the method. In order to reduce the compensation and recourse problem, the error limits of each analog method used in cadastre must be determined through a study based on scientific foundations. Thus, it will be ensured that errors within this limit will not be subject to compensation. In this study, the compatibility of cadastral maps produced with different analog methods in the sample application area with the ground will be investigated. In this application, the fixed boundaries measured during the update cadastre were compared with the cadastral map. This comparison was carried out by proximity analysis using GIS (Geographic Information Systems) technology. At the end of the application, statistical results regarding the spatial accuracy of these maps are presented.

Keywords: *Cadastral Update, Spatial Accuracy, Analog Cadastral Maps, GIS Proximity Analysis*

Lokal Jeoid Modellemede Yapay Sinir Ağı Eğitim Algoritmalarının Karşılaştırılması

Comparison of Artificial Neural Network Training Algorithms in Local Geoid Modeling

Merve OCAK^{1,✉}, Leyla ÇAKIR¹

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, 61080, Trabzon

✉ merveocak@ktu.edu.tr

Özet

GNSS ölçüm teknikleriyle belirlenen yükseklik bilgisi kolay ve pratik bir şekilde elde edilmektedir. Ancak GNSS ölçümleriyle belirlenen elipsoid yüksekliği ile nivelman yöntemiyle belirlenen ortometrik yüksekliği arasında jeoid ondülasyonu kadar fark bulunmaktadır. Jeoid ondülasyon değeri bilindiği takdirde elipsoid yükseklikten ortometrik yüksekliğe dönüşüm gerçekleştirilebilmektedir. Elipsoid ve ortometrik yüksekliği bilinen noktalardan jeoid ondülasyon değerinin kestirimi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise GNSS/Nivelman ölçüleri kullanılarak yapay sinir ağı modeliyle çalışma bölgesine uygun bir jeoid modelin oluşturulması amaçlanmıştır. 33° 09' ile 33° 21' enlemleri ve 37° 07' ile 37° 15' boylamları arasında yer alan Karaman iline ait veri seti kullanılmıştır. 106 adet GNSS/Nivelman nokta verisi dayanak ve test noktaları olacak şekilde iki gruba ayrılmıştır. Ağın oluşturulmasında noktaların yaklaşık %60'ı eğitim aşaması için %40'ı eğitilmiş ağın performansını test etmek için kullanılmıştır. Ağın eğitimi için Levenberg-Marquardt (LM), Bayesian Regularization (BR), Ölçeklendirilmiş Eşlenik Gradyan (SCG), Brodyen-Fletcher-Goldfarb-Shanno(BFGS) ve Momentumlu Gradyan İnişi (GDM) eğitim algoritmaları kullanılmıştır. Ayrıca aktivasyon fonksiyonu olarak logaritmik-sigmoid ve tanjant-sigmoid fonksiyonları kullanılmıştır. Kullanılan aktivasyon fonksiyonlarına ve eğitim algoritmalarına bağlı olarak ağın jeoid modellemedeki performansı değerlendirilmiştir. Test noktalarına ait gerçek jeoid ondülasyon değerleri ile farklı eğitim algoritmalarıyla hesaplanan jeoid ondülasyon değerleri karşılaştırılmış ve istatistiksel olarak irdelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde; aktivasyon fonksiyonu olarak logaritmik-sigmoid kullanıldığında en iyi optimum ağ sonuçları sırasıyla LM, GDM, BFGS, SCG ve BR algoritmaları ile elde edilirken; Tanjant-sigmoid fonksiyonu kullanıldığında ise en iyi optimum ağ sonuçları sırasıyla LM, BFGS, SCG, GDM ve BR algoritmalarıyla elde edilmektedir. Sonuç olarak, her iki türde aktivasyon fonksiyon kullanılması durumunda en iyi optimum lokal jeoid modelleme LM algoritması ile elde edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Jeoid, Yapay Sinir Ağları, Eğitim algoritmaları

Abstract

Height information determined by GNSS measurement techniques is obtained easily and practically. However, there is a difference as much as the geoid undulation between the ellipsoid height determined by GNSS measurements and the orthometric height determined by the leveling method. If the geoid undulation value is known, the ellipsoid height is converted to orthometric height. Various methods are used to estimate the geoid undulation value from points with known ellipsoid and orthometric heights. In this study, it was aimed to create a geoid model suitable for the study area with an artificial neural network model using GNSS / Leveling measurements. The data set of Karaman province, located between latitudes 33° 09' and 33° 21' and longitudes 37° 07' and 37° 15', were used. The data set was divided into two groups as reference and test points. In creating the network, approximately 60% of the points were used for the training phase and 40% were used to test the performance of the trained network. Levenberg-Marquardt (LM), Bayesian Regularization (BR), Scaled Conjugate Gradient (SCG), Brodyen-Fletcher-Goldfarb-Shanno (BFGS) and Gradient Descent with Momentum (GDM) training algorithms were used to train the network. Additionally, logarithmic-sigmoid and tangent-sigmoid functions were used as activation functions. The performance of the network in geoid modeling was evaluated depend on activation functions and training algorithms. The actual geoid undulation values of the test points and the geoid undulation values calculated with different training algorithms were compared and analyzed statistically. When the results are examined, logarithmic-sigmoid is used

as the activation function, the best optimum network results are obtained with LM, GDM, BFGS, SCG and BR algorithms, respectively. When the tangent-sigmoid function is used, the best optimum network results are obtained with LM, BFGS, SCG, GDM and BR algorithms, respectively. As a result, if both types of activation functions are used, the best optimum local geoid modeling is obtained with the LM algorithm.

Keywords: *Geoid, Artificial Neural Network, Training Algorithms*

Çift Frekanslı Akıllı Telefonların Baz Uzunluğu Belirlemede Kullanılabilirliğinin İncelenmesi

Examining the Usability of Dual Frequency Smartphones in Determining Baseline

Hüseyin Pehlivan¹, Barış Karadeniz^{1,✉}

¹Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli

✉b.karadeniz@gtu.edu.tr

Özet

GNSS (Global Navigation Satellite Systems) alıcı yonga setlerinin gelişmesiyle birlikte modern insan yaşamında çok çeşitli uygulama alanlarında kullanılan Android akıllı telefonlar, konum tabanlı uygulamalarda önemli bir seçenek haline geldi. 2016 yılı sonrasında Android işletim sistemine sahip akıllı telefon kullanıcılarının, ham GNSS gözlemlerine doğrudan ulaşabilmesi, arama kurtarma, artırılmış gerçeklik, konuma dayalı navigasyon, hassas tarım, sismik izleme, erken uyarı sistemleri ve iç mekân navigasyonu gibi birçok uygulamanın geliştirilmesine olanak sağladı. Artan bu ilgiyle birlikte, çift frekanslı GNSS ham verilerini kullanarak hassas konum belirleme çalışmaları, 2018 yılında çift frekans özelliğine sahip ilk akıllı telefonların piyasaya sürülmesiyle başlamıştır. Bu çalışmada çift frekanslı Xiaomi 11T akıllı telefon verilerinden hesaplanan uzunluk değerlerinin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Deneylerde kesin uzunluk değeri olarak kullanılan baz uzunluğu total station kullanılarak belirlendi. Xiaomi 11T akıllı telefonla karşılaştırmak amacıyla jeodezik CHC I80 GNSS alıcısı ve düşük maliyetli Trimble MB-2 OEM ile eş zamanlı ham GNSS ölçümleri elde edildi. Toplanan ham gözlem verilerini proses etmek için Statik-PPP (Precise Point Positioning) tekniği kullanıldı. Deney sonuçlarına göre, her üç alıcı verisinden hesaplanan test uzunluğuna ait karesel ortalama hata (KOH) değerleri CHC I80 GNSS alıcı/anten için 2,6 cm, Trimble MB-2 OEM için 66,0 cm ve Xiaomi 11T akıllı telefon için 98,5 cm'dir. Başka bir bazda yapılan ölçümler sonucunda hesaplanan test uzunluğundaki RMSE değerleri CHC I80, Trimble MB-2 OEM ve Xiaomi 11T GNSS alıcıları için sırasıyla 11,4 cm, 25,1 cm ve 71,79 cm olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, çift frekans özelliğine sahip tek bir akıllı telefonun, baz uzunluğunu bir metreden daha az bir doğrulukla belirleyebildiğini göstermiştir.

Akıllı telefonların Galileo ve BeiDou uydularından çift frekanslı (L1/L5) ham gözlem verilerini alan tam uyumlu GNSS alıcı yonga setleri ile donatılmasıyla konum tabanlı uygulamalara yönelik kapsamlı çalışma potansiyeli oluşturmuştur. Bu anlamda akıllı telefonların konum doğruluğunu inceleyen birçok araştırma, GPS uydu gözlemlerinin yanı sıra çeşitli frekanslardan (L1/L5) ve alternatif uydu sistemlerinden (Galileo ve BeiDou gibi) yararlanılarak nokta konumlandırma doğruluğunun artırıldığını göstermektedir. Bu çalışmada da uzunluk doğruluğunu artırmak amacıyla GPS ölçümlerinin yanı sıra Galileo ve BeiDou uydu verilerinden de yararlanılmıştır. Ayrıca akıllı telefonlarda kullanılan anten ve ikinci frekansın L2 taşıyıcı sinyal yerine L5 taşıyıcı sinyal olması, jeodezik ve düşük maliyetli GNSS alıcıları kullanarak hesaplanan baz uzunluğunun neden daha yüksek doğrulukla hesaplandığını açıklamaya yardımcı olmaktadır. L2 taşıyıcı sinyal alımı ve anten kalitesi geliştikçe, gelecekte akıllı telefon konumlandırma doğruluğunun da gelişebileceği düşünülebilir.

Anahtar Kelimeler: Çift Frekans, Statik-PPP, Akıllı Telefon

Abstract

With the development of GNSS (Global Navigation Satellite Systems) receiver chipsets, Android smartphones, which are used in a wide variety of application areas in modern human

life, have become an important option in location-based applications. After 2016, users of smartphones getting Android operating systems had direct access to raw GNSS observations, which enabled the development of many applications, such as search and rescue, augmented reality, location-based navigation, precision agriculture, seismic monitoring, early warning systems, and indoor navigation. With this increasing interest, precise location determination studies utilizing dual-frequency GNSS raw data started in 2018 with the release of the first smartphones with dual frequency features. The usefulness of the length values calculated from the dual-frequency Xiaomi 11T smartphone data was investigated in this study. The baseline, which was used as the exact length value in the experiments, was determined using a Total station. Simultaneous raw GNSS measurements were obtained with a geodetic CHC I80 GNSS receiver and a low-cost Trimble MB-2 OEM in order to compare with the Xiaomi 11T smartphone. The static-PPP (Precise Point Positioning) technique was utilized to process the raw observation data that had been collected. According to the results of the experiment, root mean square error (RMSE) values for the test length calculated from all three receivers' data are 2,6 cm for the CHC I80 GNSS receiver/antenna, 66,0 cm for the Trimble MB-2 OEM GNSS receivers, and 98,5 cm for the Xiaomi 11T smartphone. RMSE values at the test length calculated as a result of measurements performed on another base were determined as 11.4 cm, 25.1 cm and 71.79 cm for CHC I80, Trimble MB-2 OEM and Xiaomi 11T GNSS receivers, respectively. These results showed that a single smartphone with dual frequency capability can determine the base length with an accuracy of less than one meter.

Extensive study potential for location-based applications have been established by equipping smartphones with fully compatible GNSS receiver chipsets receiving dual-frequency (L1/L5) raw observation data from Galileo and BeiDou satellites. In this sense, many research studies examining the location accuracy of smartphones show that, in addition to GPS satellite observations, point positioning accuracy is increased by utilizing various frequencies (L1/L5) and alternative satellite systems (e.g., Galileo and BeiDou). Also in this study, to improve length accuracy in this work, Galileo and BeiDou satellite data were also utilized in addition to GPS measurements. In addition, the fact that the antenna and second frequency utilized in smartphones are the L5 carrier signal rather than the L2 carrier signal helps to explain why the baseline computed using Geodetic and low-cost GNSS receivers is calculated with higher accuracy. It is conceivable that as L2 carrier signal receiving and antenna quality improve, smartphone positioning accuracy could improve in the future.

Keywords: Double-Frequency, Static-PPP, Smartphone

DESTEKLEYENLER ve SPONSORLAR

DESTEKLEYENLER

SPONSORLAR













































































