XXIII. TÜRKİYE ULUSAL JEODEZİ KOMİSYONU SEMPOZYUMU 2024

"İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE DOĞAL AFETLERİN İZLENMESİNDE JEODEZİ"

6-9 Kasım 2024

BİLDİRİ ÖZETLERİ KİTABI

Erdek Mareograf İstasyonunda Deniz Seviyesi Değişimleri ve Düşey Kabuk Hareketleri

Sea Level Variations and Vertical Land Motions at Erdek Tide Gauge Station

Mehmet Emin Ayhan[1,2,✉], Ömür Engin Demirkol[1], Atilla Arda Özacar[2], Demirkan Orhun Oral[2]

[1]*Harita Genel Müdürlüğü, Ankara*
[2]*Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara*

✉*meminayhan@gmail.com*

Özet

İklim değişikliğinin ölçülebilir sonuçlarından biri olan deniz seviyesi değişimlerinin kıyılarda yerleşik toplum yaşantısı ve kıyı mühendisliği yönleri ile önemli etkileri vardır. Marmara Denizi ve çevresi Kuzey Anadolu Fayı (KAF) deformasyon zonu içindedir. Yanal atımlı KAF'ın deformasyon zonu içinde düşey harekete neden olabilen fay segmentleri bulunmaktadır. Mareograf istasyonlarındaki deniz seviyesi ölçüleri: ortalama deniz seviyesinin (Mean Sea Level (MSL)) yükselmesi, kısa ve uzun periyodlu sistematik değişimler ve düşey kabuk hareketlerinin etkisi altındadır. Bu çalışmada Marmara Denizi güney kıyısındaki Erdek Körfezinin kuzey-doğu kıyısında konumlu Erdek Mareograf istasyonu deniz seviyesi aylık ortalama zaman serisi ((1985, 01) – (2009, 12)), ortalama mevsimsel döngü ve yıllık göreli MSL yükselme hızının belirlemek amacıyla analiz edilmiştir. Aylık zaman serisinde veri boşluğu %18 dir. Robust kestirim ile Erdek Mareograf istasyonunda hesaplanan göreli MSL hızı 7.20 ± 0.61 mm/yıl olup Akdeniz ve Karadeniz'de yaklaşık 2 mm/yıl olan MSL hızından büyüktür. Bu nedenle Erdek mareograf istasyonu aylık deniz seviyesi zaman serileri uzun ve kısa priyodlu sistematik etkiler, uyuşumsuz ölçüler ve sıçramalar (offsetler) nedeniyle incelenmiştir. Uyuşumsuz ölçü ve offset etkileri giderilen zaman serisinden bulunan ortalama mevsimsel döngü içinde ortalama deniz seviyesi Şubat (minimum ≅ -9 cm) ile Temmuz (maximum ≅ 5 cm) ayları arasında değişmektedir. Uyuşumsuz ölçü, offset ve sistematik değişim (5.98, 11.96 ve 108.73 ay periyodlu) etkilerinden arındırılan aylık zaman serisinden robust kestirim ile Erdek mareograf istasyonu göreli MSL hızı 2.38 ±0.30 mm/yıl hesaplanmıştır. Ayrıca ölçüler arasındaki korelasyon dikkate alınarak, autoregressive yöntem (LT + ARIMA(0,0,1)(1,0,0)12 + WN) ile, Erdek Mareograf istasyonu göreli MSL hızı 2.60 ±0.47 mm/yıl bulunmuştur. Edincik fayı Erdek Körfezinin güney kıyısı boyunca uzanan sağ yanal atımlı aktif bir faydır. Son dönemde bu faydan kaynaklanan büyük bir deprem olmamasına karşılık, 123, 543 ve 1556 yıkıcı depremleri muhtemelen bu faydan kaynaklanmaktadır. Marmara Bölgesindeki yatay GPS hızlarının strain analizi; Erdek Körfezi, Edincik Fayı ve Erdek mareograf istasyonu çevresinde anlamlı düşey hareket olmadığını göstermiştir. Edincik Fayının güneyinde konumlu BAN1 GNSS istasyonu günlük düşey koordinat zaman serisi ((2015,01,01) – (2023,12,31)) mareograf deniz seviyesi analizinde kullanılan yönteme benzer olarak Analiz adilmişitir. BAN1 istasyonunda GPS düşey hızı -0.08 ± 0.06 mm/yıl hesaplanmıştır. Erdek mareograf istasyonunda GIA düşey hızı 0.04 mm/yıl verilmektedir. Sonuç olarak, düşük seviyede düşey kabuk hareketi ve bölgesel ölçülere benzer göreli MSL hızı Edincik fay segmentinin belirgin olarak yanal atımlı bir fay olduğunu desteklemektedir.

Anahtar Kelimeler: *Deniz Seviyesi, Düşey Kara Hareketi, Mareograf İstasyonu, GPS, Erdek Körfezi*

Abstract

Sea level variations, one of the measurable results of climate change, have considerable effects on onshore located community life and coastal engineering. Marmara Sea and its surrounding are within the North Anatolian Fault (NAF) deformation zone. Dextral NAF zone consists of some fault segments having dip slip components. Sea level observations at a tide gauge (TG) are affected by mean sea level (MSL) rising, short- and long-term systematic signals and vertical land motions. In this study, Monthly mean sea level time series ((1985, 01) – (2009, 12)) at Erdek TG, located on the North-East coast of Erdek Bay in the southern of the Marmara Sea, is analysed for average seasonal cycle and relative MSL (RSL) rate. The monthly series has 18% missing sample points. Robust estimation of RSL rate at Erdek TG is of 7.20 ± 0.61 mm/yr which is larger than RSL rate of about 2 mm/yr at TGs within Mediterranean and Blacksea. Therefore, the monthly series at Erdek TG is investigated for the systematic signals,

outliers and offsets. Average seasonal cycle, based on monthly series corrected for outliers and offsets, varies between February (minimum ≅ - 9 cm) and July (maximum ≅ 5 cm). The monthly series corrected for outliers, offsets and systematic signals (the period of 5.98, 11.96, 108.73 months) is used for RSL rate estimation of 2.38 ±0.30 mm/yr by robust estimation. Furthermore, considering correlated samples in the corrected time series, RSL rate of 2.60 ±0.47 mm/yr is obtained by using an autoregressive algorithm (LT + ARIMA(0,0,1)(1,0,0)12 + WN). Edincik fault running along the southern coastline of Erdek Bay, is a dextral active fault. Although, there is no recently recorded major events, damaging historical earthquakes in 123, 543 and 1556 are likely associated to this fault. Strain analyses of horizontal GPS velocities within the Marmara Region reveal no significant vertical land motion within Erdek Bay, along Edincik fault and in the vicinity of Erdek TG. Daily GPS up coordinate time series ((2015,01,01) – (2023,12,31)) at BAN1 GNSS station located in the south of Edincik fault is analysed by following similar procedure for the TG sea level series. GPS up velocity is estimated as -0.08 ± 0.06 mm/yr at BAN1 site. GIA up velocity is 0.04 mm/yr at Erdek TG. In short, our results suggest minimal vertical land motions and RSL rate similar to regional measurements supporting strike-slip motion dominated nature of Edincik fault segment.
Keywords: *Sea level, Vertical Land Motion, Tide Gauge, GPS, Erdek Bay*

InSAR Yöntemi ile Kirazlı Altın Madeni Bölgesinde Yüzey Deformasyonları Belirlenmesi

Determination of Surface Deformations in Kirazli Gold Mine Area by InSAR Method

Ahmet Batuhan Polat[1,✉], Özgün Akçay[1]

[1] *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, Türkiye*
✉*abpolat@comu.edu.tr*

Özet

InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar), milimetre düzeyinde hassas ölçümler yaparak geniş alanlardaki yüzey çökmelerini tespit etmek için etkili bir yöntemdir. Bu teknik, özellikle yer hareketlerinin sürekli izlenmesi ve deformasyon trendlerinin belirlenmesinde büyük bir öneme sahiptir. Yüzey çökmeleri doğal yollarla olabileceği gibi, insan faaliyetlerinden de kaynaklanır. Yeraltı suyu kullanılması, madencilik, hızlı şehirleşme ve büyük altyapı projeleri insan kaynaklı gerçekleşen çökmelerdendir. Bu tür insan kaynaklı etkiler, yer yüzeyinde deformasyonlara yol açarak uzun vadede hem doğal hem de yapısal çevrede önemli riskler oluşturabilir. Bu çalışmada, Çanakkale ilinin Kirazlı bölgesinde bir açık altın madeni bölgesinde InSAR SBAS (Small Baseline Subset) yöntemiyle yüzey deformasyonlarının belirlenmiş ve zaman serisi analizi gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, 2018-2021 yılları arasında alınan SAR (Sentetik Açıklıklı Radar) görüntüleri kullanılarak, bölgedeki deformasyonlar milimetre hassasiyetinde ölçülmüştür. 6 günde bir elde edilen toplam 179 Sentinel-1 görüntüsü kullanılmıştır. SBAS yöntemi ile kısa baz uzunluğuna sahip interferogramlar oluşturularak yüzey hareketlerinin sürekli izlenmesini sağlamıştır. SBAS analizinin temel bileşenlerinden biri olan dikey baz uzunluğu (BPerp) zaman serisi grafiği, uydu görüntüleri arasındaki mesafe farklarını ve interferogramların güvenilirliğini değerlendirmek amacıyla incelenmiştir. Çalışma sonucunda, bölgenin yılda 7.2 mm'lik bir deformasyon hızı gösterdiği tespit edilmiştir. Zaman serisi analizinde, deformasyon trendi sürekli bir yukarı yönlü hareket ile ilişkilendirilmiştir ve özellikle 2019 mayıs ayında, 2020'nin sonları ile 2021'de önemli yer değiştirmeler gözlemlenmiştir. Bu deformasyonların mevsimsel etkilerle bağlantılı olabileceği değerlendirilmiş, fakat genel olarak bölgenin düzenli bir yüzey hareketine maruz kaldığı sonucuna varılmıştır. Yine aynı dönemde elde edilen optik uydu görüntüleri incelendiğinde ise bölgenin InSAR yöntemi ile tespit edilen deformasyonlar ile maden ocağında yapılan çalışmaların aynı dönemlere denk geldiği görülmüştür. Böylelikle ulaşımı zor olan bölgelerde gerçekleşen madencilik faaliyetlerinin InSAR yöntemleri ile izlenmesinin mümkün olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Arazi çökmesi, Interferometrik SAR, Uzaktan algılama, Açık maden ocakları, Deformasyon analizi*

Abstract

InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) is an effective method for detecting surface subsidence over large areas by making precise measurements at the millimeter level. This technique is particularly important for continuous monitoring of ground movements and determining deformation trends. Surface subsidence can occur naturally or as a result of human activities. Groundwater exploitation, mining, rapid urbanization and large infrastructure projects are some of the human-induced subsidence. Such anthropogenic impacts can cause deformations in the ground surface and pose significant risks to both the natural and built environment in the long term. In this study, surface deformations were determined and time series analysis was performed in an open pit gold mine area in Kirazlı region of Çanakkale province using the InSAR SBAS (Small Baseline Subset) method. In the study, deformations in the region were measured with millimeter precision using SAR (Synthetic Aperture Radar) images taken between 2018-2021. A total of 179 Sentinel-1 images obtained every 6 days were used. With the SBAS method, interferograms with short base lengths were created, enabling continuous monitoring of surface movements. The vertical base length (BPerp) time series graph, one of the main components of SBAS analysis, was analyzed to evaluate the distance differences between

satellite images and the reliability of the interferograms. As a result of the study, it was determined that the region shows a deformation rate of 7.2 mm per year. In the time series analysis, the deformation trend is associated with a continuous upward movement and significant displacements were observed especially in May 2019, late 2020 and 2021. These deformations may be related to seasonal effects, but in general, it is concluded that the region is subjected to a regular surface movement. When the optical satellite images obtained in the same period were analyzed, it was observed that the deformations detected by the InSAR method coincided with the work carried out in the mine. Thus, it is thought that it will be possible to monitor mining activities in hard-to-reach areas with InSAR methods.

Keywords: *Land subsidence, Interferometric SAR, Remote sensing, Open pit mines, Deformation analysis*

GNSS-IR Tekniğine Dayalı Deniz Seviyesi Değişiminin İzlenmesinde En Uygun Parametre Koşullarının İrdelenmesi: Doğu Karadeniz Kıyısı Örneği

Evaluation of Optimal Parameters for Sea Level Change Monitoring Based on GNSS-IR Technique: A Case Study of the Eastern Black Sea Coast

Cansu BEŞEL HATİPOĞLU[1,✉], Emine TANIR KAYIKÇI[2], Merve OCAK[2], Alper DEVELİ[2], Erdinç SEZEN[3]

[1]*Sinop Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sinop, Türkiye.*
[2]*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye.*
[3]*Harita Genel Müdürlüğü, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, 06590, Ankara, Türkiye.*

✉*cbesel@sinop.edu.tr*

Özet

Küresel ısınma kaynaklı iklim değişikliği ile ekstrem hava olaylarındaki artışlara paralel olarak küresel, bölgesel ve yerel deniz seviyesindeki yükselmeler, son yıllarda kıyı alanları için ciddi tehditler oluşturmaya başlamıştır. Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemiz için de ölçme ve izleme, planlama, önlem alma, risk azaltma vb. çalışmalar kaçınılmaz bir gereksinim olarak karşımıza çıkmaktadır. Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (Global Navigation Satellite Systems, GNSS) uydularından alınan sinyaller farklı yüzeylerin uzaktan algılanmasında iyi bir alternatiftir. Hızla ilerleyen GNSS teknolojisi, deniz seviyesi değişimi gibi yüzey değişikliklerini izlemek için GNSS İnterferometrik Reflektometri (GNSS Interferometric Reflectometry, GNSS-IR) tekniğinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Yer merkezli GNSS-IR tekniği; GNSS alıcısının konumu, GNSS alıcısı ile deniz yüzeyi arasındaki mesafe ve GNSS uydu konumu parametrelerine bağlıdır. Bir diğer ifade ile GNSS alıcısının mevcut konumundaki yansıma bölgelerine denk gelen GNSS uydularından alınan Sinyal Gürültü Oranı (Signal-to-Noise Ratio, SNR) verileri için uydu yükseklik açısı ve azimut aralığının çalışmanın amacına yönelik olarak deniz alanını kapsaması gerekmektedir. Bu anlamda istasyonun tesis edileceği alanın, deniz seviyesi değişiminin belirlenmesi için en uygun uydu yükseklik açısı ve azimut açısı aralığını sağlayıp sağlamayacağı önceden belirlenmelidir. Ülkemizde kıyıda ve kıyıya yakın alanlarda bulunan Uluslararası GNSS Servisi (IGS), Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı Aktif (TUSAGA-Aktif) ve Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES) ağındaki sabit GNSS istasyonlarının ilk kuruluş amaçlarının GNSS-IR ile deniz seviyesi değişiminin izlenmesi olmaması nedeniyle sınırlı sayıda istasyon gerekli koşulları sağlamaktadır. Bu nedenle ülkemiz kıyılarında deniz seviyesi değişiminin belirlenmesinde GNSS-IR amacına yönelik kurulacak olan hem sabit GNSS istasyonları hem de uydu konumlandırma sistemlerinde gelişen teknoloji ile birlikte kullanılmaya başlanan düşük maliyetli GNSS alıcıları için en uygun parametre koşullarının belirlenmesi öneme sahiptir. Bu çalışmada 123Y469 nolu "Doğu Karadeniz Kıyılarında GNSS-IR Tekniği İle Deniz Seviyesi Değişiminin İzlenmesinde En Uygun Parametre Koşullarının Araştırılması" başlıklı TÜBİTAK projesi kapsamında yapılmış olan ilk analizlerin sonuçları sunulacaktır. Kıyıya yakın bir alana sabit GNSS istasyonu tesis edilmeden önce mevcut konumun GNSS-IR ile deniz seviyesi değişiminin belirlenmesine elverişli veri sağlayıp sağlamayacağını anlamak için uydu yükseklik açısı ve azimut aralıklarına göre en uygun parametre koşulları belirlenecektir. Çalışmada test alanı olarak Doğu Karadeniz'de Trabzon kıyısında bulunan Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ), Sahil Tesisleri seçilmiştir. Test alanında; (1) kıyıya yakın, (2) etrafı açık/etrafı doğal/yapay yapılarla çevrili, (3) düz/engebeli arazi olmak üzere üç farklı topoğrafik özellikte dört test noktası belirlenmiştir. Test noktalarında bir arazi ölçme planı çerçevesinde ölçümler gerçekleştirilerek GNSS sinyal yansımaları ve SNR salınımları incelenmiştir. Yansıma bölgelerine göre en uygun parametre koşulları belirlenerek irdelemeler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Deniz seviyesi, GNSS-IR, Sinyal gürültü oranı, En uygun parametre koşulları*

Abstract

In recent years, global, regional and local sea level rise, as well as climate change and increased extreme weather events caused by global warming, have begun to pose a serious threat to coastal areas. Due to the fact that our country is surrounded by the sea on three sides, it is imperative that we carry out study on planning, prevention, risk reduction, and other related topics. Signals received from Global Navigation Satellite System (GNSS) satellites are a good choice for remote sensing of different surfaces. Rapidly evolving GNSS technology has led to the emergence of GNSS Interferometric Reflectometry (GNSS-IR) techniques for monitoring surface changes such as sea level. The ground-based GNSS-IR technique depends on the GNSS receiver location, the distance between the GNSS receiver and the sea surface, and the GNSS satellite location parameters. In other words, the satellite elevation angle and azimuth range must cover the sea area for the purpose of the study for the Signal-to-Noise Ratio (SNR) data received from GNSS satellites that coincide with the reflection areas at the current location of the GNSS receiver. It should be determined in advance whether the area where the station will be installed will provide the optimal satellite elevation angle and azimuth angle range for determining sea level change. A limited number of stations meet the necessary conditions since the initial purpose of the GNSS stations in the International GNSS Service (IGS), Turkish National Permanent GNSS Network Active (TUSAGA-Active) and Turkish National Sea Level Monitoring System (TUDES) networks located on the coast and near-coastal areas in our country was not to monitor sea level change with GNSS-IR. For this reason, it is important to determine the optimal parameter conditions for both GNSS stations to be established for the purpose of GNSS-IR in determining the sea level change on the coasts of our country and for low-cost GNSS receivers that have started to be used with the developing technology in satellite positioning systems. In this study, the results of the first analyses carried out within the scope of the TUBITAK project numbered 123Y469 titled “Investigation of the Optimal Parameter Conditions for Monitoring Sea Level Change with GNSS-IR Technique in the Eastern Black Sea Coasts” will be presented. Before a GNSS station is installed in an area close to the coast, the optimal parameter will be determined according to the satellite elevation angle and azimuth ranges to understand whether the current location will provide suitable data for determining sea level change with GNSS-IR. In this study, the experimental area is located at the Karadeniz Technical University’s Seaside Facilities in Trabzon on the Eastern coast of the Black Sea. Four experimental points were determined in the experimental area in three different topographical areas: (1) onshore, (2) open surroundings and surrounded by natural/artificial structures (3) flat/rough terrain. Measurements were carried out within the framework of a field measurement plan at the experimental points and GNSS signal reflections and SNR oscillations were investigated. The optimal parameters were determined according to the reflection regions.

Keywords: *Sea level, GNSS-IR, Signal-to-noise ratio, Optimal parameter*

TUSAGA-Aktif sistemi verilerinin deprem tahmininde kullanımına ilişkin

Recommendations on the use of TUSAGA-Active system data in earthquake prediction

Ziya Serhan KARAN[1,✉], Bilal ERKEK[1,2], Ekrem AYYILDIZ[2]

[1]*Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, ANKARA*
[2]*Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü,ANKARA*

✉*zskaran@gmail.com*

Özet

Bu Dünya üzerinde; Anadolu, Avrasya, Afrika, Arabistan, Japonya, Pasifik ve Güney Amerika gibi plakalar mevcuttur. Bu plakaların sınırları anakaraların sınırları ile aynı değildir. Türkiye Anadolu plakası, Avrasya plakası, Ege plakası ve Arabistan plakası arasında kalmaktadır. Van İli' nde 23 Ekim 2011' de meydana gelen depremde Van plakasına bir örnektir. Bu plakalar arasında Kuzey Anadolu Fay hattı (KAF) ve Doğu Anadolu Fay hattı (DAF) mevcuttur. Ayrıca Ölü Deniz Fayı ve Bitlis kuşağı ile çevrilidir.

Dünya' da her yıl 7.0 ve daha büyük ortalama 20 deprem meydana gelmektedir. Ülkemizde de en son 06 Şubat 2023 günü 04:17de Kahramanmaraş merkezli 7.7 ve 13:24 de Elbistan merkezli 7.6 büyüklüğünde iki deprem meydana gelmiştir. On bir ilimizdeki milyonlarca insanı etkilemiş ve on binlerce kişinin ölümüne ve bir o kadar kişinin de yaralanmasına neden olmuştur. Oluşan maddi hasarların yanı sıra manevi olarak birçok insanımızda derin izler bırakmıştır. Bu deprem sadece Türkiye' yi değil Suriye' yide etkilemiştir.

Deprem erken uyarı sistemleri, deprem tahminleri ve oluşma ihtimalleri üzerinde çalışmalar sürekli yapılmaktadır. Hatta yapay zeka kullanılarak deprem tahmini çalışmaları yapılmakta olup bu konuda araştırmalar devam etmektedir. Erken uyarı sistemleri; deprem başladıktan sonra ilk P dalgaları ile başlar ve S dalgaları ile devam eder. Buradaki amaç, depremin oluşturduğu sallantılı dalgaların bulunulan yere ulaşmadan saniyeler önce cihazlar üzerinden tespit edilmesi ve insanların can ve mallarının en az düzeyde etkilenmesini sağlamaktır. Deprem tahminleri ise genellikle artçı şoklar için kullanılır ve ihtimal hesabına dayanır. Büyük depremlerden sonra daha az sıklıkta küçük artçılar oluşur. Deprem olasılıkları ise belirli büyüklükteki bir depremin oluşması için bir zaman aralığı belirleme esasına dayanır ve uzun vadeli olur. Bir deprem tahmininde konum (enlem, boylam, yükseklik), tarih ve saat ile büyüklüğün belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Deprem, Plaka, Fay, Tahmin, Erken*

Abstract

There are tectonic plates on Earth, such as the Anatolian, Eurasian, African, Arabian, Japanese, Pacific, and South American plates. The boundaries of these plates do not align with the borders of continents. Turkey is located between the Anatolian plate, the Eurasian plate, the Aegean plate, and the Arabian plate. The earthquake that occurred on October 23, 2011, in Van Province is an example of movement on the Van plate. Among these plates, the North Anatolian Fault (NAF) and the East Anatolian Fault (EAF) exist. Additionally, the Dead Sea Fault and the Bitlis Seismic Belt surround the region.

Globally, an average of 20 earthquakes with a magnitude of 7.0 or higher occur each year. In our country, two earthquakes occurred recently, on February 6, 2023, at 4:17 AM with a magnitude of 7.7 centered in Kahramanmaraş, and at 1:24 PM with a magnitude of 7.6 centered in Elbistan. These

earthquakes affected millions of people across eleven provinces and caused tens of thousands of deaths, along with a similar number of injuries. Besides the material damage, these earthquakes left deep emotional scars on many of our people. The earthquake affected not only Turkey but also Syria.

Studies on earthquake early warning systems, earthquake predictions, and their probabilities are continuously being conducted. In fact, research on earthquake prediction using artificial intelligence is ongoing. Early warning systems begin with the first P-waves of an earthquake and continue with the S-waves. The goal is to detect the seismic waves caused by the earthquake seconds before they reach the affected area via devices, minimizing the impact on people's lives and property. Earthquake predictions are generally used for aftershocks and are based on calculus of probability. After large earthquakes, smaller aftershocks occur less frequently. Earthquake probabilities are based on estimating a time frame for the occurrence of an earthquake of a certain magnitude and are long-term forecasts. An earthquake prediction requires the determination of location (latitude, longitude, elevation), date and time, and magnitude.

The report has been prepared primarily based on the experiences of our General Directorate, focusing on predicting the location, date and time range. However, there is no available data regarding the calculation of magnitude based on location and time range.

Keywords: *Earthquake, Plate, Fault, Prediction, Early Warning*

GNSS Gözlemleri ile Orta Fayındaki Gerinim Parametrelerinin Belirlenmesi: İlk Sonuçlar

Determination of Strain Rates on the Orta Fault with GNSS Observations: Initial Results

Muhammed Onur Çeken[1,✉], **İbrahim Tiryakioğlu**[1,2], Cemil Gezgin[3]

[1] *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Ahmet Necdet Sezer Kampusü, Gazlıgöl Yolu, 03200 Afyonkarahisar*
[2] *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ahmet Necdet Sezer Kampusü, Gazlıgöl Yolu, 03200 Afyonkarahisar*
[3] *Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Aksaray, 68100*

✉*itiryakioglu@aku.edu.tr*

Özet

Sismik aktivite açısından oldukça aktif bir bölgede yer alan Çankırı ilinin sınırlarının yarısından fazlası I. derece deprem bölgesinde bulunmaktadır ve yaklaşık 200 bin insana ev sahipliği yapan ilin nüfusunun çoğu I. ve II. derece deprem bölgesinde yaşamaktadır. İl merkezi ve çevresindeki 130 km yarıçaplı bir alan içerisinde, potansiyel bir deprem olması halinde Çankırı'yı etkileyebilecek özellikte 18 adet diri fay bulunmaktadır. Bunlardan en önemlileri; Çankırı Fayı, Merzifon Esençay Fayı'nın İskilip ve Laçin Segmentleri ve Sungurlu Fayı'dır. Bu fay sistemlerine ek olarak geçtiğimiz yüz yılda deprem üretmiş olan Kuzey Anadolu Fayı ve Orta Fayları da bölgesel ölçekte önemli deprem kaynakları olarak değerlendirilmektedir. Bölgedeki önemli tektonik unsurlardan biri olan Orta Fayı, Çankırı ili Orta İlçesi'nin 10 km batısında yer alan, 28 km uzunluğunda bir faydır. Orta Fayı ortalama K10°D doğrultusunda, batıya eğimli ve ters bileşenli sol yanal doğrultu atımlı aktif bir faydır. Fay kuzeyde Saçak köyü (Çerkeş-Çankırı) kuzeydoğusundan başlayıp güneyde Tutmaç Bayındır köyüne (Orta-Çankırı) kadar devam etmektedir. 1990-1999 yılları arasında Orta ilçesi ve yakın civarında büyüklüğü 2.5 ve daha büyük 335 deprem meydana gelmiş ve sonrasında Orta Fayı, 06 Haziran 2000 tarihinde Mw:6.1 büyüklüğünde bir deprem üretmiştir ve bu depremde 3 can kaybı yaşanmıştır. Bu depremde fayın 10 km'lik bölümünün dışında, 18 km'lik kısmında bir etkinlik olmamıştır. Orta fayı birçok çalışmada sol yanal atımlı ifade edilse de meydana gelen deprem çözümleri fayın sağ yanal atımlı olduğuna işaret etmektedir. Literatürdeki bu karmaşıklığın giderilmesi ve bölge ile ilgili sayısal bulguların ortaya konulması amacıyla bölgeye 13 noktalı bir GNSS ağı kurulmuştur. İlgili ağ'da ilk kampanya ölçüleri 2023 yılı Kasım-Aralık aylarında, ikinci kampanya ölçüleri ise 2024 yılı Haziran ayı içerisinde gerçekleştirilmiştir. 2023-2024 yılına ait ölçüler GAMIT/GLOBK yazılım takımıyla değerlendirilmiş ve ilk yer-değiştirmeler hesaplanmıştır. 2024 yılı Kasım ayı ve 2025 yılı Haziran aylarında 3. ve 4. Kampanya ölçüleri de gerçekleştirilecektir. Gerçekleştirilen 4 kampanya GNSS ölçüsünün değerlendirilmesi sonrasında Avrasya plakası sabit hız, gerinim alanları ve fay kayma hızları hesaplanarak bölge ile ilgili bulgular ortaya konacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Orta Fayı, GNSS, Gerinim, Hız alanı, Çankırı*

Abstract

More than half of the borders of Çankırı province, that located in a very active region in terms of seismic activity, are in the I. degree earthquake zone and most of the population of the province, hosts approximately 200 thousand people, populated in the I. and II. degree earthquake zones. There are 18 active faults within a 130 km radius area in and around the city center that could potentially affect Çankırı in the event of an earthquake. The most vital of these are; Çankırı Fault, İskilip and Laçin segments of Merzifon-Esençay Fault and Sungurlu Fault. In addition to these fault systems, the North Anatolian Fault and the Orta Faults, that have produced earthquakes in the last century, are also considered as crucial earthquake sources on a regional scale. The Orta Fault, one of the significant tectonic elements in the region, is a 28 km long fault that located 10 km west of Orta District of Çankırı Province. The Orta Fault is an active left-lateral strike-slip fault with an average N10°E direction,

westward-dipping and reverse component. The fault starts from the northeast of Saçak village (Çerkeş-Çankırı) in the north and resumes to Tutmaç Bayındır village (Orta-Çankırı) in the south. Between the years of 1990-1999, total of 335 earthquakes of magnitude 2.5 and greater occurred in Orta district and its vicinity, and then the Orta Fault produced an earthquake of magnitude Mw:6.1 on June 6, 2000, which caused 3 casualties. In this earthquake, there was no activity in the 18 km section of the fault, except for the 10 km section. Although the central fault is expressed as left-lateral slip in many studies, the earthquake mechanisms that occurred indicate that the fault is right-lateral slip. In order to eliminate this intricacy in the literature and to present quantitative findings related to the region, a 13-point GNSS network was established in the region. The first campaign style GNSS measurements in the relevant network were carried out in the months of November-December 2023, and the second campaign measurements were carried out in June 2024. The GNSS measurements for the 2023-2024 year were processed with the GAMIT/GLOBK software and the first displacements of the points were calculated. The 3rd and 4th campaign style GNSS measurements will also be carried out in November 2024 and June 2025. Following the evaluation of all 4 campaign GNSS measurements, the Eurasian plate will be taken as fixed and the velocity, strain fields and fault slip rates will be produced and findings related to the region will presented.

Keywords: *Orta Fault, GNSS, Strain, Velocity Field, Çankırı*

Türkiye Diri Faylarının Paleosismolojik Özellikleri başlıklı TÜBİTAK KAMAG Projesi: ÇOMÜ çalışma grubunun (123G013) Güney Marmara'da uzanan fayların paleosismolojisi üzerine ilk değerlendirmeleri

TÜBİTAK KAMAG Project titled Paleoseismological Characteristics of Active Faults of Türkiye: First evaluations of the ÇOMÜ working group (123G013) on the paleoseismology of faults extending in the Southern Marmara

Süha ÖZDEN[1], Seray ÇINAR YILDIZ[2], Özkan ATEŞ[3], Fatih BURSALI[2], Savaş TOPAL[4], Erdem GÜNDOĞDU[3]

[1]*ÇOMÜ, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 17100, Çanakkale*
[2]*ÇOMÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 17100, Çanakkale*
[3]*ÇOMÜ, Çan Meslek Yüksekokulu, Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü, 17400, Çanakkale*
[4]*PAÜ, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 20160, Denizli*
✉*ozden@comu.edu.tr*

Özet

Bu proje, TÜBİTAK MAM tarafından yönetilmekte olup 18 farklı üniversitenin yürütücülüğünde yapılmaktadır. 22 farklı üniversiteden 100 bilim insanı, 50 lisanüstü ve 40 lisans öğrencisinin görev aldığı bu projenin amacı, ülkemiz ihtiyaçları doğrultusunda Müşteri Kurumlar (Maden Tetkik Arama, AFAD, Türkiye Belediyeler Birliği) tarafından önceliği belirlenmiş diri fay ya da fay segmentleri üzerinde paleosismoloji temelli çalışmalar yapmaktır. Bu kapsamda diri fayların deprem üretme karakteristiklerinin (son yüzey kırığının tarihi, tekrarlanma aralığı, fayların kayma hızı ve oluşturabilecekleri deprem büyüklüğü) belirlenmesi ve üretilecek bu veriler ile çok segmentli kırılma senaryolarına bağlı olarak oluşabilecek tahmini en büyük deprem büyüklüğü ve zamanının belirlenmesidir. Metodolojik olarak aktif faylar üzerinde hendekler açılmaktadır. Bu hendeklerdeki deprem üreten faylar bulunmaktadır. Bu faylar üzerinde yer alan olay (deprem) seviyeleri tespit edilip bu olay seviyelerinden ^{14}C ve OSL tarihlendirmeleri için numuneler alınmaktadır. ÇOMÜ çalışma grubu olarak Güney Marmara'da uzanan Edincik, Bandırma, Zeytinbağı, Orhangazi, Yalova, Altınova ve Yalakdere fayları üzerinde çalışmalar başlamıştır. Bu faylardan Edincik, Bandırma ve Zeytinbağı fayları sağa sıçramalı sağ yanal doğrultu atımlı bir fayın segmentlerini oluşturmaktadır. Bu faylar yaklaşık olarak D-B doğrultu uzanmakta olup Marmara Denizi güneyini sınırlandıran Kuzey Anadolu Fayının batıdaki orta segmentinin faylarıdır. Orhangazi, Yalova ve Altınova fayları verev atımlı normal faylardır. Yalakdere Fayı ise sağ yanal doğrultu atımlı bir faydır. Bu faylar güncel KB-GD doğrultulu sıkışma ve KD-GB doğrultulu genişleme rejimi ile uyumlu olarak çalışmışlardır. Son yüzyılda bu faylar üzerinde ve yakın civarında büyük bir deprem olmamıştır. Sadece 18 Eylül 1963 tarihinde Çınarcık (Yalova) merkezli 6.3 büyüklüğünde bir deprem bulunmaktadır. Bölge sismik bir boşluk olarak durmaktadır. Bu kapsamda şuana kadar 9 hendek ve 2 doğal yarma tamamlanmış olup 11 olay seviyesi tespit edilmiştir. 40 adet ^{14}C ve 40 adet OSL örneğinin tarihlendirme sonuçları beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Paleosismoloji, Aktif Fay, Deprem, ^{14}C, OSL*

Abstract

This project is managed by TÜBİTAK MAM and carried out by 18 different universities. The aim of this project, in which 100 scientists, 50 graduate and 40 undergraduate students from 22 different universities take part, is to carry out paleoseismology-based studies on active faults or fault segments whose priority has been determined by the Client Institutions (Mineral Research and Exploration, AFAD, Turkish Union of Municipalities) in line with the needs of our country. In this context, the aim is to determine the earthquake generation characteristics of active faults (date of the last surface rupture, recurrence interval, sliding speed of the faults and the earthquake magnitude they can create) and to determine the estimated largest earthquake magnitude and time that may occur depending on multi-

segment rupture scenarios with these data to be produced. Methodologically, trenches are opened on active faults. There are faults in these trenches that produce earthquakes. Event (earthquake) levels on these faults are determined and samples are taken from these event levels for 14C and OSL dating. As the ÇOMÜ working group, studies have started on the Edincik, Bandırma, Zeytinbağı, Orhangazi, Yalova, Altınova and Yalakdere faults lying in Southern Marmara. Among these faults, Edincik, Bandırma and Zeytinbağı faults form segments of a right-lateral strike-slip fault with right-stepping. These faults extend approximately in an E-W direction and are the faults of the western middle segment of the North Anatolian Fault, which limits the southern part of the Marmara Sea. Orhangazi, Yalova and Altınova faults are oblique-slip normal faults. Yalakdere Fault is a right-lateral strike-slip fault. These faults worked in concordant with the current NW-SE direction compression and NE-SW direction extension regime. There has been no major earthquake on and surroundings of these faults in the last century. There was only a 6.3 magnitude earthquake centered in Çınarcık (Yalova) on September 18, 1963. The region remains a seismic gap. In this context, 9 trench and 2 natural cuts have been completed so far and 11 incident levels have been identified. Dating results of 40 ^{14}C and 40 OSL samples are awaited.

Keywords: *Paleoseismology, Active Fault, Earthquake, 14C, OSL*

Zeytinbağı ve Yalova Faylarının paleosismolojik özelliklerinin ön bulguları, Güney Marmara, Türkiye

Preliminary findings of paleoseismological features of Zeytinbağı and Yalova Faults, Southern Marmara, Türkiye

Seray ÇINAR YILDIZ[1],Süha ÖZDEN[2], Özkan ATEŞ[3], Fatih BURSALI[2]

[1]*ÇOMÜ, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 17100, Çanakkale*
[2]*ÇOMÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 17100, Çanakkale*
[3]*ÇOMÜ, Çan Meslek Yüksekokulu, Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü, 17400, Çanakkale*
[4]*PAÜ, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 20160, Denizli*
✉*seraycinar@gmail.com*

Özet

Bu çalışma Zeytinbağı ve Yalova faylarının paleosismolojik özelliklerinin ortaya çıkarılması amacıyla yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında fay boyunca hendekler açılarak fayın izi ve üzerindeki olay (deprem) seviyesinden radyometrik tarihlendirme için örnekler alınmıştır. Zeytinbağı Fayı, yaklaşık D-B doğrultulu uzanan bir fay olup, Marmara Denizi hemen güneyini sınırlandırmaktadır. Hem karada hem de denizde devam etmektedir. Fay batıda Ballıkaya'dan başlar ve doğuda Esence, Zeytinbağı ve Kumyaka'dan geçerek denizde sonlanır. Zeytinbağı Fayı, sağ yanal doğrultu atımlı bir faylanma olarak tanımlanmıştır. Fayın sahada Kuvaterner ve Holosen çökelleri kestiği yerler mevcuttur. Bu çalışmada Esence Köyü kuzeyinde Eşkel koyu hemen doğusunda fayın geçtiği ve Keten Deresinin doldurduğu Kuvaterner yaşlı baskın veya taşkın çökelleri içerisinde bir hendek açılmıştır. Bu hendek, K-G doğrultulu olup fayı içermektedir. Fay tabanda (3 m altında) tek bir fay olsa da yukarı doğru pozitif çiçek yapısı sunmaktadır. Zeytinbağı fayı bu hendekte ters bileşeni olan bir doğrultu atımlı faylanma olarak tespit edilmiştir. Fay son baskın dönemi çökelleri ile hızla örtülmüştür. Yalova Fayı ise, yaklaşık BKB-DGD uzanımlı ve 15-20 km uzunluğunda oblik atımlı bir normal faydır. KB'da Safran köyünden başlayıp Kirazlı, Elmalık, Laledere, Dereköy, Çukurköy, Örencik ve Aktoprak köyüne kadar uzanmaktadır. Bu fay üzerinde bir hendek ve bir yarma çalışması yapılmıştır. Yarma, Çukur köyün hemen KD'sunda yer alan bir yol yarmasıdır. Burada ana fay üzerinde 2 m. düşey atım ve bir olay seviyesi yakalanmıştır. Hendek çalışması ise Kirazlı köyü batı çıkışında yapılmıştır. Bu hendekte ana fay üzerinde 20 cm düşey atım ve bir olay seviyesi gözlenmiştir. İki hendek ve bir yarmadan alınan ^{14}C ve OSL örneklerinin tarihlendirme sonuçları beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Paleosismoloji, Aktif Fay, Deprem, ^{14}C, OSL*

Abstract

This study was carried out to reveal the paleoseismological characteristics of the Zeytinbağı and Yalova faults. Within the scope of this study, trenches were opened along the fault and samples were taken for radiometric dating from the fault trace and the event (earthquake) level on it. Zeytinbağı Fault is an approximately E-W trending fault and borders the Marmara Sea to its immediate south. It continues both on land and at sea. The fault starts from Ballıkaya in the west and passes through Esence, Zeytinbağı and Kumyaka in the east and ends at the sea. The fault is defined as a right-lateral strike-slip fault. There are where the fault cuts Quaternary and Holocene sediments in the field. In this study, a trench was opened in the Quaternary aged flood sediments, where the fault passes and the Keten Creek fills, just east of Eşkel Bay, north of Esence Village. This trench is in a N-S direction and contains a fault. Although the fault is a single fault at the base (below 3 m), it presents a positive flower structure upwards. The Zeytinbağı fault was identified as a strike-slip fault with a reverse component in this trench. The fault was quickly covered with sediments from the last dominant period. Yalova Fault is an oblique-slip normal fault with an approximately WNW-ESE trends and a length of 15-20 km. It starts

from Safran village in the NW and extends to Kirazlı, Elmalık, Laledere, Dereköy, Çukurköy, Örencik and Aktoprak villages. A trench and a cutting work were carried out on this fault. The cut is a road cut located just NE of Çukur village. Here, 2 m on the main fault and vertical displacement and an event level were captured. The trench work was carried out at the western exit of Kirazlı village. In this trench, a 20 cm offset and an event level were observed on the main fault. Dating results of 14C and OSL samples taken from two trenches and a cut are awaited.

Zonguldak'ta Eşdeğer Su Kalınlığı, Kara Yüzey Sıcaklığı ve Yağış Dinamiklerinin Analizi (2006-2016)

Analysis of Equivalent Water Thickness, Land Surface Temperature, and Precipitation Dynamics in Zonguldak (2006-2016)

Nehir Uyar[1,✉]

[1] *Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak Meslek Yüksekokulu, 67150, Zonguldak, Türkiyei*
✉*nehiruyar@beun.edu.tr*

Özet

Bu çalışma, Zonguldak ili özelinde 2006-2016 yılları arasında eşdeğer su kalınlığı, kara yüzey sıcaklığı (LST) ve yağış değişimlerini kapsamlı bir şekilde analiz etmeyi amaçlamaktadır. Araştırmada, NASA'nın GRACE uydularından elde edilen yerçekimi tabanlı eşdeğer sıvı su kalınlığı (lwe thickness) verileri, MODIS uydularının sağladığı kara yüzey sıcaklığı ve GPM uydularının elde ettiği yağış verileri bir araya getirilerek, bölgedeki su, ısı ve yağış dinamikleri detaylı bir biçimde incelenmiştir. Çalışmanın temel hedefi, Zonguldak bölgesindeki yer altı ve yüzey suyu rezervlerinin dinamiklerini ve bu rezervlerin kara yüzey sıcaklıkları ile yağış miktarları arasındaki ilişkileri net bir şekilde ortaya koymaktır.Bu kapsamda, GRACE verilerinin KSS, GFZ ve JPL çözümleri kullanılarak santimetre cinsinden hesaplanan eşdeğer su kalınlığı verileri titizlikle analiz edilmiştir. MODIS verileri, kara yüzey sıcaklıklarının zaman içerisindeki değişimlerini göstermek için kullanılan zaman serisi analizlerinde önemli bir rol oynamıştır. GPM verileri, bölgenin aylık ve yıllık yağış ortalamalarını sağlayarak, yağışın mekânsal ve zamansal değişimlerini anlamamıza olanak tanımıştır. Bu üç uydu verisinin karşılaştırılması, Zonguldak'taki su depolama, kara yüzey sıcaklığı ve yağış arasında potansiyel ilişkilerin belirlenmesini sağlamıştır. Çalışmanın bulguları, GRACE verileri ile kara yüzey sıcaklıkları (LST) ve yağış verileri arasında orta düzeyde bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle, GRACE JPL verileri ile yağış arasında en güçlü ilişki tespit edilmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma, su depolama, kara yüzey sıcaklığı ve yağış dinamiklerinin birbirleriyle nasıl etkileşimde bulunduğunu anlamamıza yardımcı olmakta ve bu dinamiklerin doğal afetlerin izlenmesi ile iklim değişikliği çalışmalarında nasıl kritik bir rol oynayabileceğini vurgulamaktadır. Jeodezi biliminin afet risk modellemeleri açısından önemi göz önünde bulundurulduğunda, elde edilen bulgular, bu dinamiklerin afet risk yönetiminde nasıl bir araç olabileceğini göstermektedir. Böylelikle, çalışmanın sonuçları hem yerel yönetimler hem de çevresel araştırmalar için önemli bir kaynak niteliği taşımaktadır.
Anahtar Kelimeler: *GRACE 1, Arazi Yüzey Sıcaklığı 2, Yağış 3.*

Abstract

This study aims to comprehensively analyze the variations in equivalent water thickness, land surface temperature (LST), and precipitation in the Zonguldak province from 2006 to 2016. It integrates gravity-based equivalent liquid water thickness (lwe thickness) data obtained from NASA's GRACE satellites with land surface temperature data from MODIS satellites and precipitation data from GPM satellites. By doing so, it investigates the dynamics of water, heat, and precipitation in the region in detail. The primary goal of this research is to clearly delineate the dynamics of groundwater and surface water reserves in the Zonguldak area and to understand the relationships between these reserves, land surface temperatures, and precipitation amounts. In this context, the equivalent water thickness data calculated in centimeters using GRACE data from KSS, GFZ, and JPL solutions have been meticulously analyzed. MODIS data have played a significant role in time series analyses to illustrate the changes in land surface temperatures over time. GPM data have provided the monthly and annual average precipitation for the region, allowing for an understanding of the spatial and temporal variations in precipitation. The comparison of these three satellite data sets has facilitated the identification of potential relationships among water storage, land surface temperature, and precipitation in Zonguldak. The findings of this study indicate a moderate correlation between GRACE data, land surface temperatures (LST), and precipitation data, with the strongest relationship observed between the GRACE JPL data and

precipitation. In conclusion, this study aids in understanding how the dynamics of water storage, land surface temperature, and precipitation interact with each other and emphasizes their critical role in monitoring natural disasters and climate change research. Considering the importance of geodesy in disaster risk modeling, the findings suggest that these dynamics could serve as valuable tools in disaster risk management. Thus, the results of this research hold significant relevance for both local authorities and environmental studies, providing important insights into the interactions between water resources and climate factors in the Zonguldak region.

Keywords: *GRACE 1*, *Land Surface Temperature 2*, Precipitation *3*.

Android Akıllı Telefonlardan Elde Edilen Ham GNSS Gözlemleri İçin Gelişmiş Stokastik Yaklaşımlar

Advanced Stochastic Approaches for Raw GNSS Observations Obtained from Android Smartphones

Berkay Bahadur[1,✉]

[1]*Hacettepe Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 06800, Çankaya, Ankara*
✉*berkaybahadur@hacettepe.edu.tr*

Özet

Android cihazlarla konumlandırma, navigasyon ve zamanlama uygulamaları, bu cihazlardan elde edilen ham GNSS gözlemlerinin halka açık hale getirildiği 2016 yılından bu yana GNSS topluluğu tarafından büyük ilgi görmektedir. Bu artan ilginin arkasındaki temel neden, mobil cihazlardaki ve akıllı telefonlardaki düşük maliyetli alıcıların GNSS kitle pazarına niceliksel olarak hâkim olmasıdır. Akıllı telefonlarla yüksek konumlandırma doğruluğu elde etmek çok yollu yansıma etkisine karşı düşük koruma, göreli gürültülü gözlemler ve kesintili taşıyıcı faz gözlemleri gibi kendine özgü sınırlamaları nedeniyle oldukça zahmetlidir. Buna ek olarak Android akıllı telefonlardan elde edilen gözlemlerin stokastik özellikleri donanım kaynaklı sorunlar nedeniyle jeodezik sınıf GNSS alıcılarınınkinden oldukça farklıdır. Akıllı telefonlarla en yüksek konumlandırma performansını elde etmek için akıllı telefon gözlemlerinin stokastik özelliklerini temsil edebilen uygun bir stokastik model kullanmak zorunludur. Bu bağlamda bu çalışma Android akıllı telefon gözlemleri için gelişmiş stokastik modelleri analiz etmektedir. Bu amaca uygun olarak bu çalışma öncelikle yükseklik açısı veya C/N0 değerine dayalı farklı varyans modelleri kullanarak akıllı telefon gözlemlerinin stokastik özelliklerini değerlendirmektedir. Bu değerlendirmeye göre bu çalışmada geleneksel ağırlıklandırma yaklaşımlarına ek olarak GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou-2 ve BeiDou-3 takımyıldızları için C/N0 değerleri temelinde farklı katsayılar içeren bir ağırlıklandırma şeması kullanılmıştır. Ayrıca, bu çalışmada akıllı telefon ile konum belirlemede aykırı değerlerin ve yanlış ağırlıklandırılmış gözlemlerin etkilerini telafi etmek için kullanılan gürbüz (robust) Kalman filtresi yönteminin etkisi de değerlendirilmektedir. Son olarak, gelişmiş stokastik modeller gerçek zamanlı mutlak konumlandırma kullanılarak konum belirleme alanında doğrulanmıştır. Sonuçlar, gelişmiş stokastik yaklaşımın akıllı telefon gözlemlerinin stokastik özelliklerini temsil etmede daha başarılı olduğunu göstermektedir. Geleneksel stokastik yaklaşıma kıyasla statik ve kinematik deneyler için konumlandırma doğruluğunda sırasıyla %45,8 ve %26,6 iyileştirme oranları elde edilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *GNSS, Akıllı telefon, Konum belirleme, Stokastik model, Gürbüz Kalman filtresi*

Abstract

Positioning, navigation, and timing applications with Android devices have taken considerable interest from the GNSS community since 2016 when raw GNSS observations from these devices were made publicly available. The principal reason behind this growing attention is that low-cost receivers in mobile devices and smartphones quantitatively dominate the GNSS mass market. Achieving high positioning accuracy with smartphones is quite troublesome because of their specific limitations, such as low protection against multipath effect, relatively noisy observations, and disrupted carrier phases. In addition, the stochastic characteristics of observations obtained from Android smartphones are quite different from those of geodetic-grade GNSS receivers because of hardware-dependent issues. To obtain the utmost positioning performance with smartphones, an appropriate stochastic model that is able to represent the stochastic properties of smartphone observations is mandatory. In this regard, this study analyzes the advanced stochastic models for Android smartphone observations. For this purpose, this study first evaluates the stochastic properties of smartphone observations using different variance models, based on elevation angle or C/N0 value. According to this assessment, a weighting scheme that includes different coefficients for GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou-2, and BeiDou-3 constellations on

the basis of C/N0 values is used in this study in addition to the traditional weighting approaches. Furthermore, this study assesses the impact of the robust Kalman filter method used to compensate for the effects of outliers and mis-weighted observations in smartphone positioning. Finally, the advanced stochastic models are validated in the positioning domain using real-time standalone positioning. The results show that the advanced stochastic approach is more successful in representing the stochastic characteristics of smartphone observations. Improvement ratios in the positioning accuracy of 45.8% and 26.6% can be achieved for the static and kinematic experiments, respectively, compared with the conventional stochastic approach.

Keywords: *GNSS, Smartphone, Positioning, Stochastic model, Robust Kalman filter*

Türkiye Ulusal Düşey Datumunun Güncellenmesi

Updating of Turkish National Vertical Datum

R. Alpay Abbak [1,✉], M. Emin Ayhan [2], Erdinç Sezen [3]

[1] *Konya Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya,* ✉raabbak@ktun.edu.tr

[2] *Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara*

[3] *Harita Genel Müdürlüğü, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Ankara*

Özet

Türkiye Ulusal Düşey Datumu 1971 (TUDD-71), Antalya Mareograf İstasyonu'nun 1936-1971 yılları arasındaki gözlemlerinin aritmetik ortalaması ile belirlenmiştir. Ancak, TUDD-71'in tanımında kullanılan deniz düzeyi ölçülerine herhangi bir düzeltme yapılmamıştır. Ayrıca, ortalama deniz seviyesinin sabit olmadığı, belirli bir hızla yükseldiği kabul edilmektedir. 35 yıllık bir dönemden elde edilen yıllık deniz düzeyi ölçümlerinin ortalaması ile tanımlanan TUDD-71'in hangi epokta olduğu belirsizdir. Muhtemelen, bu epok ölçüm dönemi ortası olan 1953.5 olarak kabul edilebilir. TUDD-71'in tanımında kullanılan Antalya Mareograf İstasyonu'nun 1936-1971 yılları arasındaki yıllık ortalamaları, deniz seviyesinin -3.24±1.12 mm/yıl hızla alçaldığını göstermektedir. Buna karşılık, PSMSL (Permanent Service for Mean Sea Level) verilerine dayanan Antalya 1 İstasyonu'nun 1935.483-1977.5417 dönemine ait aylık ortalamalarının analizi, deniz seviyesinin 1.80±0.41 mm/yıl hızla yükseldiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular dikkate alındığında, TUDD-71 ile güncel Antalya Ortalama Deniz Seviyesi (2024.0) arasındaki farkın 17.15 cm olduğu görülmektedir. Ortalama deniz seviyesi, konuma göre farklılık gösteren yerel bir düşey datumdur. Örneğin, geometrik nivelmanla Akdeniz ve Karadeniz ortalama deniz seviyeleri arasında sırasıyla 40 cm, uydu altimetre ölçümleriyle ise 30 cm fark olduğu gösterilmiştir. Bu nedenle, TUDD-71'in bilimsel olarak ömrünü tamamladığı ve yeni bir Türkiye Ulusal Düşey Datum-202X (TUDD-2X) tanımının faydalı olacağı değerlendirilmektedir. TUDD-2X'in, Türkiye'de farklı düşey datumların olabileceği (Anadolu, Trakya ve Kıbrıs) gerçeği göz önünde bulundurularak tanımlanması gerekmektedir.

Güncel düşey datum, tek bir yüzey tanımlayan ve jeopotansiyel bir yüzey olan jeoide dayalı olarak tanımlanmaktadır. TUDD-2X'in jeoide dayalı olarak tanımlanması öngörülmekte olup, bu amaçla kullanılacak veriler şunlardır:

(a) TUDES (Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi) ölçümleri,
(b) Mutlak gravite datumunda yeni ölçülen gravite değerleri (10 km aralıklı),
(c) SRTM sayısal yükseklik modeli,
(d) Uydu altimetre ölçülerine dayalı Ortalama Dinamik Deniz Topografyası,
(e) Global Yer Potansiyel Modelleri (GGM),
(f) Gravimetrik jeoit,
(g) TUSAGA and TUSAGA-AKTİF koordinat serileri,
(h) Geometrik nivelman ölçümleri ve nivelman noktalarındaki gravite verileri.

Mevcut veriler dikkate alınarak TUDD-2X'in farklı yöntemlerle tanımlanmasının ve bu sonuçların karşılaştırılmasıyla oluşturulmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Bu önerilerin hayata geçirilmesi amacıyla TÜBİTAK Çevre, Atmosfer ve Yer Bilimleri Araştırma Grubu'na bir araştırma projesi (1001) sunulması planlanmaktadır. Bu bildiride, planlanan projeye ait ön

sonuçlar ve temel bilgiler (veri kaynakları, iş paketleri, insan gücü, zamanlama, vs.) sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Antalya mareograf istasyonu, nivelman gözlemleri, ortalama deniz düzeyi, zaman serilerinin analizi*

Abstract

Turkish National Vertical Datum 1971 (TUDD-71) was determined based on the arithmetic average of observations from the Antalya Tide-Gauge Station between 1936 and 1971. However, no corrections were made to the sea level measurements used in the definition of TUDD-71. Additionally, it is assumed that the mean sea level is not constant and is rising at a certain rate. The epoch of TUDD-71 which is defined by the average of annual sea level measurements taken over a 35-year period, is uncertain. It could be considered as 1953.5, which is the midpoint of the measurement period. The annual averages from 1936 to 1971, used in the definition of TUDD-71, indicate that the sea level at the Antalya Tide-Gauge Station was decreasing at a rate of -3.24±1.12 mm/year. In contrast, an analysis of the monthly averages from the Antalya 1 Station for the period 1935.483 to 1977.5417, based on PSMSL (Permanent Service for Mean Sea Level) data, shows that the sea level was rising at a rate of 1.80±0.41 mm/year. Taking findings into account, the difference between TUDD-71 and the current Antalya Mean Sea Level (2024.0) is predicted to be 17.15 cm. Mean sea level is a local vertical datum that varies according to location. For instance, it has been shown that the difference between the average sea levels of the Mediterranean and Black Seas is 40 cm when measured by geometric leveling, and 30 cm according to satellite altimeter measurements. For this reason, it is considered that TUDD-71 has reached the end of its scientific validity and that a new Turkish National Vertical Datum-202X (TUDD-2X) will be beneficial. TUDD-2X should be defined considering the possibility that there may be different vertical datums in Türkiye (Anatolia, Thrace, and Cyprus).

The current vertical datum is defined based on the geoid, which represents a single surface and is a geopotential surface. It is anticipated that TUDD-2X will be defined based on the geoid, using the following data for this purpose:
(a) TUDES (Turkish National Sea Level Monitoring System) measurements,
(b) Newly measured gravity values in the absolute gravity datum (at 10 km intervals),
(c) SRTM digital elevation model,
(d) Mean Dynamic Topography (MDT) based on satellite altimeter measurements,
(e) Global Geopotential Models (GGM),
(f) Gravimetric geoid,
(g) Coordinate series of TNGNSS and CORS-TR networks,
(h) Geometric leveling measurements and gravity data at leveling points.
Considering the available data, it is deemed appropriate to define TUDD-2X using different methods and to establish it through a comparison of these results. To implement these proposals, it is planned to submit a research project (1001) to TÜBİTAK's Environmental, Atmospheric, and Earth Sciences Research Group. In this paper, preliminary results and basic information (data sources, working packages, human power, timeline, etc.) related to the planned project will be presented.

Keywords: *Antalya Tide Gauge Station, Levelling observations, Mean sea level, Time series analysis*

Güney Marmara Bölgesindeki Diri Fayların Yüzey Deformasyonlarını Uzaktan Algılama ve İnsansız Hava Aracı ile İzlenmesinde Ön Bulgular

Preliminary Findings on Monitoring Surface Deformations of Active Fault Located in The Southern Marmara Region with Unmanned Aerial Vehicles and Remote Sensing

Fatih BURSALI[1,✉], R. Cüneyt ERENOĞLU[1,2],

[1]*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 17100, Çanakkale.*
[2]*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 17100, Çanakkale.*
✉*fatihbursali41@gmail.com*

Özet

Türkiye aktif tektonik hareketlerin etkisinde olan fay hatlarına ev sahipliği yapmaktadır. Bu nedenle diri fayların bulunduğu bölgelerdeki tektonik hareketlerin sonucunda meydana gelen yüzey deformasyonların araştırılması ve deformasyon modellerinin üretilmesi deprem döngüsü açısından oldukça önemlidir. Bu çalışma kapsamında Marmara Bölgesi Güneyinde Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde bulunan Altınova, Yalova, Orhangazi fay segmentleri üzerindeki deformasyon modelleri üretilerek bu modeller üzerinden yüzey hareketlerini ve bölgeye ait tektonik özellikleri hakkındaki bilgilerin araştırılması çalışması yapılmıştır. Günümüzde deformasyon modellerini hızlı, etkin ve ekonomik açıdan belirlenmesi için İnsansız Hava Araçları (İHA) ve Uzaktan algılama teknikleri yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada İHA Fotogrametri yöntemi ile deformasyonların izlenebilmesi için periyodik uçuşlar yapılarak Ortofoto ve Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) üretilmekte olup, bu üretilen veriler kullanılarak yıllık deformasyon miktarı belirlenebilmektedir. Bununla birlikte Uzaktan Algılama Yapay Açıklıklı Radar İnterferometrisi (InSAR) yöntemiyle Sentinel-1 uydu radar görüntülerinden interferogramlar üretilerek uydu bakış doğrultusunda (LOS) yıllık bazdaki deformasyonlar belirlenebilmektedir. Bu çalışma kapsamında fay segmentleri boyunca keşifler yapılarak deformasyonların görüldüğü pilot bölgeler belirlenmiştir. Belirlenen pilot bölgelere İnsansız Hava Aracı ile ilk periyot uçuşları yapılmıştır. İHA ile elde edilen görüntüler Agisoft Metashape Pro yazılımı kullanılarak Ortofotolar ve SYM'ler üretilmiş olup bu doğrultuda ilk bulgular belirlenmiştir. İlk bulguların InSAR yöntemiyle de desteklenmesi için belirlenen bölgelere ait 2016-2022 tarihleri arasındaki Sentinel-1 uydu verileri kullanılmıştır. Bu verileri ESA SNAP10.0.0 yazılımı ile yüzey deformasyon modelleri üretilmiş ve zaman serisi elde edilmiştir. Elde edilen ilk bulgular kapsamında pilot bölgelere ait deformasyon haritaları üretilerek deformasyon miktarı ile deformasyonun olduğu, deformasyonun az olduğu ve deformasyonun olmadığı bölgeler belirlenmiştir. Devamında belirlenen tarihlerde periyodik ölçmeler yapılarak deformasyon haritaları iki yöntemle modellenecektir. Böylelikle yeni nesil teknikler kullanılarak bölgedeki diri fayların tektonik hareketleri sonucunda tetiklediği deformasyonlar belirlenmesi ile hem bölgede oluşturulacak kent alanlarına hem de doğru ve güvenilir bir deprem döngüsü modeli oluşturmaya faydalı olacaktır.

NOT: Bu çalışma TÜBİTAK 123G013 no'lu proje tarafından desteklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Deformasyon, Fay, İHA Fotogrametri, InSAR,*

Abstract

Turkey is home to fault lines that are under the influence of active tectonic movements. Fort his reason, it is very important to investigate the surface deformations that occur as a of tectonic movements in the regions where live faults are located and to produced deformation models in terms of earthquake contiuum. Within the scope of this study, deformations model on the Altınova, Yalova, Orhangazi fault segments on the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) in the South of the Marmara Region were produced and the surface movements and information about the tectonic properties of the reion were investigate through these models. Nowadays, Unmanned Aerial Vehizles (UAV) and Remote Sensing techniques are being used extensively to determine deformations patterns quickly, efficiently and economically. In this study, Orthophotos and Digital Elevation Models (DEM) are produced by making periodic flights

to monitör deformations with the UAV Photogrammetry method, and the amount of annual deformations can be determined using these produced data. In addition, Remote Sensing Synthetic Aperture Radar Interferometry (InSAR) method can be used to generate interferograms from Sentinel-1 satellite radar images to determine annual deformations in the satellite line of sight (LOS). Within the scope of this study, explorations were made a long the fault segments and pilot area where deformations were observed were identified. First period flights were made with Unmanned Aerial Vehicle to the determined pilot areas. Orthophotos and DEM were produced using Agisoft Metashape Pro software and the first findings were determined accordingly. In order to support the initial findings with the InSAR method, Sentinel-1 satellite data between 2016 and 2022 were used for the identified regions. Surface deformations models were generated and time series were obtained with ESA SNAP10.0.0 software. Within the scope of the initial findings, deformations maps of the pilot regions were produced and the amount of deformations and the regions with deformations, low deformations and no deformations were determined. Subsequently, periodic measurement will be made on the determined dates and deformations maps will be modeled with two methods. Thus, by determining the deformations triggered by the tectonic movements of the faults in the region using new generation techniques, it will be useful both for the urban areas to be built in the region and for creating an accuarate and reliable earthquake continuum.

Note: This study is supported by TÜBİTAK Project number 123G013.

Keywords: *Deformation, Fault, İHA Photogrammetry, InSAR*

Batı ve Orta Anadolu'daki Bazı Jeotermal Alanlardaki Sıcak Su Kaynaklarında Meydana Gelen Deprem Kaynaklı Değişimler

Earthquake-Induced Changes in Hot Water Springs in Some Geothermal Areas in Western and Central Anatolia

Özkan ATEŞ[1], Süha ÖZDEN[2], Seray ÇINAR YILDIZ[3]

[1]*ÇOMÜ, Çan Meslek Yüksekokulu, Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü, 17400, Çanakkale*
[2]*ÇOMÜ, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 17100, Çanakkale*
[3]*ÇOMÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 17100, Çanakkale*
ozkanates@comu.edu.tr

Özet

Tarihsel dönemlerden beri akifer sistemlerinin depremlerle olan ilişkisi insanların dikkatini çekmiştir. Kaynakların debi artışı, nehir akışındaki değişiklikler, su kaynakların kaybolması veya yenilerinin oluşması gibi makroskobik etkiler, gelişmiş ekipmana ihtiyaç duyulmadan fark edilmiştir. Geçtiğimiz yüzyılda, deprem öncesi, sırası ve sonrasında su kaynaklarında debi değişimleri ve su kuyularında yer altı su seviyesinde değişiklikler gözlemlenmiştir. Yeraltı suyu bileşimlerindeki fiziksel ve kimyasal değişimlerin deprem öncesinde oluşan ilk sarsıntılarla başladığı ve enerji boşalımı maksimum değerlere ulaştığı, sonra zamanla normal değerlerine döndüğü bilinmektedir. Depremlerin öncesinde, sırasında ve sonrasında yeni su kaynakları oluşumu ya da var olan su kaynaklarının kaybolması da olağandır.

Türkiye'de aktif fay kuşakları üzerinde sıcaklıkları 20-101 ^{0}C arasında 1500 dolayında kaynak çıkışı ve rezervuar sıcaklıkları 30-242 ^{0}C derece arasında değişen 400 kuyudan sıcak ve mineralli su çıkışı mevcuttur. Türkiye'deki bu jeotermal kaynaklar başlıca Kuzey Anadolu Fay hattında, Batı Anadolu grabenler sistemi üzerinde, Orta ve Doğu Anadolu'daki volkanik bölgelerde ve yoğun tektonik zonlarda yer almaktadır. Bu çalışmada 2010 yılından bu yana Orta ve Batı Anadolu'da Kütahya, Muğla, İzmir, Aydın, Çanakkale illeri ve çevresinde yapmış olduğumuz deprem aktiviteleri ile etkilenmiş jeotermal sistemler ile ilgili elde ettiğimiz veriler sunulacaktır. Bu dönem aralığında 2011 yılında Simav, 2013 ve 2014 yıllarında Kuzey Ege, 2017 yılında Bodrum açıklarında, 2020 yılında Ege Denizi (İzmir) ve 2024 yılında Kuşadası Körfezi'nde orta büyüklükte depremler yaşanmıştır. Meydana gelen bu depremler öncesi ve sonrasında bazı sıcak su kaynakların fiziksel ve kimyasal koşullarında elementsel bazda bazı değişiklikler meydana gelmiştir. Elde edilen veriler ışığında jeotermal sistemleri de içeren depremsellik açısından aktif bir bölgede, sıcak su kaynaklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin düzenli olarak izlenmesi ile depremlerin önceden tahmin edilmesine katkı sağlayabileceği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Jeotermal Enerji, Aktif Fay, Deprem, Orta-Batı Anadolu*

Abstract

The relationship between aquifer systems and earthquakes has attracted people's attention since historical times. Macroscopic effects such as increased spring flows, changes in river flow, loss or replacement of water sources have been recognized without the need for sophisticated equipment. In the last century, flow changes in water sources and changes in groundwater level in water wells have been observed before, during and after earthquakes. It is known that physical and chemical changes in groundwater compositions start with the first tremors before the earthquake and energy discharge reaches maximum values and then returns to normal values over time. Before, during and after earthquakes, it is also normal for new water resources to form or for existing water resources to disappear.

In Turkey, there are around 1500 spring outlets with temperatures between 20-101 ^{0}C on active fault zones and hot and mineralized water outlets from 400 wells with reservoir temperatures between 30-242 ^{0}C. These geothermal resources in Turkey are mainly located on the North Anatolian Fault line, on the Western Anatolian graben system, in volcanic regions in Central and Eastern Anatolia and in intense tectonic zones. In this study, we will present the data we have obtained on geothermal systems affected by earthquake activity in and around Kütahya, Muğla, İzmir, Aydın, Çanakkale provinces in Central and Western Anatolia since 2010. During this period, Simav in 2011, North Aegean in 2013 and 2014, Bodrum offshore in 2017, Aegean Sea (Izmir) in 2020 and Kuşadası Bay in 2024 have experienced moderate earthquakes. Before and after these earthquakes, some elemental changes occurred in the physical and chemical conditions of some hot water resources. In the light of the data obtained, it was determined that regular monitoring of the physical and chemical properties of hot water springs in a seismically active region including geothermal systems can contribute to the prediction of earthquakes.

Keywords: *Geothermal Energy, Active Fault, Earthquake, Central-Western Anatolia*

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Deprem Serisinin Etkilerinin GNSS Ölçüleriyle Araştırılması

Investigation of the Effects of the February 6, 2023, Kahramanmaraş Earthquake Sequences Using GNSS Observations

AYKUT, Özlem[1,✉], TURĞUT, Muhammed[2], ÖZARPACI, Seda[2], DOĞAN,Uğur[2]

[1]*Kırıkkale İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Merkez/Kırıkkale*
[2]*Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul*

✉*ozlemaykut005@gmail.com*

Özet

06 Şubat 2023 tarihinde Doğu Anadolu Fayı (DAF) üzerinde saat 04.17'de merkez üssü Kahramanmaraş ili Pazarcık ilçesi olan M_w7.7 büyüklüğünde ve saat 13.24'de yine Kahramanmaraş ili Elbistan ilçesinde M_w7.6 büyüklüğünde ikinci bir deprem meydana gelmiştir. Bu depremler birçok bölgeden hissedilmiş ve 11 ilimiz Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından Genel Hayata Etkili Afet Bölgesi olarak seçilmiştir. Bu çalışmada, 6 Şubat Kahramanmaraş depremleri deprem anı ve deprem sonrası etkilerin jeodezik yöntemlerle araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında, 63 adet Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif) GNSS istasyonu kullanılmıştır. Pazarcık ve Elbistan depremlerinin ardından elde edilen GNSS verileri, hassas nokta konumlama tekniğiyle çalışan çevrimiçi GNSS verisi işleme programı olan CSRS-PPP (Canadian Spatial Reference System Precise Point Positioning) ile değerlendirilmiştir. 63 GNSS istasyonuna ait deprem öncesi 7 gün ve deprem sonrası 10 gün olacak şekilde veriler değerlendirilmiş ve yer değiştirmeler hesaplanmıştır. Pazarcık ve Elbistan'da meydana gelen depremlerin birlikte değerlendirilmesi sonucunda en büyük yatay yer değiştirme sırasıyla 463,5±0,2 cm ile EKZ1 istasyonunda ve 40,3±0,25 cm ile MAR1 istasyonunda, düşey yer değiştirme ise 63,3±1,05 cm ile MLY1 istasyonunda ve 58,2±0,25 cm ile EKZ1 istasyonunda hesaplanmıştır. Ayrıca iki depremin meydana getirdiği yer değiştirmeler ayrı ayrı da incelenmiştir. Yapılan değerlendirme işlemi sonucunda ilk deprem için hesaplanan en büyük yatay yer değişimi 23,5±0,3 cm ile EKZ1 istasyonunda, düşeyde ise 36,7±0,3 cm ile MLY1 istasyonunda olduğu görülmüş ve ikinci depremin değerlendirme işlemleri incelendiğinde ise en büyük yatay yer değişimi 440,0±0,3 cm ile EKZ1 istasyonunda, düşeyde ise 77,4±0,35 cm ile yine EKZ1 istasyonunda olduğu görülmüştür. Ayrıca, her iki çözüm ile elde edilen deprem anı ve deprem sonrası yatay deformasyonlar kullanılarak iki boyutlu gerinim analizi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri, GNSS, CSRS-PPP, Deprem anı yer değiştirme, Deprem sonrası yer değiştirme*

Abstract

On February 6, 2023, at 04.17, an earthquake with a magnitude of M_w7.7 occurred on the East Anatolian Fault (EAF), with its epicenter in the Pazarcık district of Kahramanmaraş. A second earthquake with a magnitude of M_w7.6 happened at 13.24 in the Elbistan district of Kahramanmaraş. These earthquakes were felt across many regions, and 11 provinces were declared as Disaster Areas Affecting General Life by the Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD). This study aims to investigate the co-seismic and post-seismic effects of the February 6 Kahramanmaraş earthquake sequence using geodetic methods. For this purpose, data from 63 stations of the Turkish National Permanent GNSS Network-Active (TUSAGA-Active) were used. The GNSS data obtained after the Pazarcık and Elbistan earthquakes were analyzed using CSRS-PPP (Canadian Spatial Reference System Precise Point Positioning), an online GNSS data processing tool that operates with the precise point positioning technique. Data from 63 GNSS stations, covering 7 days before and 10 days after the earthquakes, were processed, and displacements were calculated. The combined analysis of the Pazarcık and Elbistan earthquakes revealed the largest horizontal displacements at the EKZ1 station with 463.5±0,2 cm and the MAR1 station with 40.3±0,25 cm, while the largest vertical displacements were calculated as 63,3±1,05 cm at the MLY1 station and 58,2±0,25 cm at the EKZ1 station. Additionally, the displacements caused by each earthquake were analyzed separately. The evaluation showed that the maximum horizontal displacement for the first earthquake was 23,5±0,3 cm at the EKZ1 station, and the maximum vertical displacement was 36,7±0,3 cm at the MLY1 station. For the second earthquake, the largest horizontal displacement was 440,0±0,3 cm at the EKZ1 station, and the largest vertical displacement was 77,4±0,35 cm, also at the EKZ1 station. Moreover, a two-dimensional strain analysis was conducted using the horizontal deformations obtained during and after the earthquakes from both solutions.

Keywords: *February 2023 Kahramanmaraş Earthquakes, GNSS, CSRS-PPP, Coseismic displacement, Postseismic displacement*

Havran-Balıkesir Fay Zonunda Güncel Gerinim Alanlarının Deprem Odak Mekanizma Çözümleri ile Karşılaştırılması

Comparison of Current Strain Fields in the Havran-Balıkesir Fault Zone with Earthquake Focal Mechanism Solutions

İbrahim Tiryakioğlu[1,2], Eda Esma Eyübagil[1], Halil İbrahim Solak[2,3], Ece Bengünaz Çakanşimşek[1] Cemil Gezgin[4], Hasan Hakan Yavaşoğlu[5,6], Cemal Özer Yiğit[7], Mehmet Ali Uğur[1], Bahadır Aktuğ[8], Çağlar Özkaymak[9,2], Ergin Dönmez[10], Kayhan Aladoğan[11], Furkan Şahiner[1], Muhiddin Can Yıldırım[1]

[1]*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 03200, Afyonkarahisar*
[2]*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi, 03200, Afyonkarahisar*
[3]*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Uzaktan Eğitim Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 03200, Afyonkarahisar*
[4]*Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray*
[5]*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34467, İstanbul*
[6]*TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Kutup Araştırmaları Enstitüsü, Gebze Yerleşkesi, 41470, Kocaeli*
[7]*Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 41400, Kocaeli*
[8]*Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 06830, Ankara*
[9]*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 03200, Afyonkarahisar*
[10]*Pamukkale Üniversitesi, Çivril Atasay Kamer Meslek Yüksekokulu, Emlak Yönetimi Bölümü, 20600, Denizli*
[11]*Hitit Üniversitesi, Osmancık Ömer Derindere Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 19500, Çorum*

✉*itiryakoglu@aku.edu.tr*

Özet

Havran Balıkesir Fay Zonu (HBFZ), Edremit'in doğusunda yer alıp, Balıkesir'e kadar KKD–GGB yönünde uzanır. Edremit ile Balıkesir arasındaki alanda haritalanan 2-5 km uzunluğa ve 100-120 km genişliğe sahip, yaklaşık K70°D uzanımlı, kuzeydoğu ve güneybatıya eğimli 2 ana fay ve 6 segmentten oluşur. Ana faylardan biri Havran-Balya Fayı olup Havran, Osmanlar, Turplu ve Ovacık segmentlerinden oluşur. Bu segmentlerden Ovacık oblik atımlı iken diğer segmentler doğrultu atımlıdır. Diğer ana fay olan Balıkesir Fayı ise Gökçeyazı ve Kepsut segmentlerinden oluşur ve doğrultu atımlı bir faydır. Son yıllarda Havran Balıkesir Fay Zonu (HBFZ) üzerinde deprem aktivitelerinin azlığı dikkat çekmektedir. Bölgede 121Y295 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında Balıkesir ve çevresinde kaydedilen aletsel ve tarihsel döneme ait deprem kayıtları taranmıştır. Havran-Balıkesir bölgesi için deprem kataloğu oluşturulmuştur. Sonrasında proje kapsamında bölgede bir GNSS ağı kurulmuş ve 2022-2023-2024 yıllarında bu ağın noktalarında 3 kampanya GNSS ölçüsü yapılmıştır. Her bir kampanya, iki gün tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve günlük ölçülerin her biri en az 8 saat olarak gerçekleştirilmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde GAMIT/GLOBK yazılımı kullanılmış ve Avrasya sabit hız alanı (ITRF14_EURA) elde edilmiştir. Avrasya sabit hız alanı kullanılarak, 2 boyutlu gerinim analizi yapılmıştır. Geodsuit yazılımı kullanılarak 0.15°x 0.15° grid aralığında, her grid köşesi için gerinimler hesaplanmıştır. HBFZ Osmanlar Segmenti üzerinde 2010 yılında meydana gelen 4.9 büyüklüğündeki depremin odak mekanizması çözümü, KKD-GGB yönünde açılma ve BKB-DGD yönünde sıkışma (sağ yanal) göstermektedir. Bölgedeki gerinim analizi sonuçları da benzer yönlere sahip açılma ve sıkışma bileşenleri görülmektedir. Benzer şekilde, bölgede son olarak meydana gelen 2024 yılındaki 4.9 büyüklüğünde olan depremin çözümleri de aynı yönlü açılma ve sıkışmaları göstermekte olup gerinim alanları ilen büyük uyum içerisindedir. Genel olarak, bölgede meydana gelen tüm depremlerin çözümleri ile gerinim alanları arasında büyük uyum görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Havran Balıkesir Fay Zonu, GNSS, Gerinim*

Abstract

The Havran-Balıkesir Fault Zone (HBFZ) is located east of Edremit and extends in a NNE-SSW direction up to Balıkesir. It consists of two main faults and six segments between Edremit and Balıkesir, with lengths of 2-5 km and widths of 100-120 km, approximately oriented at N70°E and dipping to the northeast and southwest. One of the main faults is the Havran-Balya Fault, which consists of Havran,

Osmanlar, Turplu, and Ovacık segments. While the Ovacık segment exhibits oblique slip, the other segments are strike-slip. The other main fault is the Balıkesir Fault, that consists of the Gökçeyazı and Kepsut segments and is a strike-slip fault. In recent years, the lack of seismic activity in the Havran-Balıkesir Fault Zone (HBFZ) has drawn attention. Under the TÜBİTAK project numbered 121Y295, instrumental and historical earthquake records collected in Balıkesir and its vicinity were reviewed. An earthquake catalog was created for the Havran-Balıkesir region. Subsequently, a GNSS network was established in the region, and GNSS measurements were conducted during three campaigns in the years 2022, 2023, and 2024. Each campaign was conducted with two-day repetitions and each daily measurement lasting at least 8 hours. The data was evaluated using GAMIT/GLOBK software, and the Eurasia fixed velocity field (ITRF14_EURA) was obtained. Using this velocity field, a two-dimensional strain analysis was performed. Strains were calculated for each grid corner within a 0.15° x 0.15° grid spacing using Geodsuit software. The focal mechanism solution of the 2010 earthquake with a magnitude of 4.9 that occurred in the Osmanlar Segment of the HBFZ indicated extension in the NNE-SSW direction and compression in the WNW-ESE direction (right lateral). The strain analysis results in the region show similar components of extension and compression in the same directions. Similarly, the solutions for the earthquake that occurred in the region in 2024, also with a magnitude of 4.9, show the same directional extensions and compressions, indicating a strong correlation with the strain fields. Overall, there is a significant consistency between the earthquake solutions and the strain fields across the region.

Keywords: *Havran Balıkesir Fault Zone, GNSS, Strain*

Kadastral Noktaların Hız Değişimlerinin Türkiye Ölçeğinde Araştırılması

Investigation of Velocity Changes at Cadastral Sites in Turkey

Sena Özlem Yeniay[1,✉], **İbrahim Tiryakioğlu**[1,2], Halil İbrahim Solak[2,3]

[1] *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar*
[2] *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi, Afyonkarahisar*
[3] *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Uzaktan Eğitim Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Afyonkarahisar*
✉*itiryakioglu@aku.edu.tr*

Özet

Anadolu plakası yoğun depremlerin yaşandığı önemli tektonik yapıları içermektedir. Bu depremler, tektonik hareketlerin bir sonucu olarak ortaya çıkmakla birlikte yer kabuğunda önemli değişikliklere neden olmaktadır. Bu değişikliklerin jeodezik anlamda en önemli etkisi jeodezik noktaların koordinatlarında ve hızlarındaki değişimlerdir. Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı (TUTGA) ve Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif) Türkiye'nin jeodezik ağlarını oluşturan önemli bir bileşenlerdir. Bu ağlar, özellikle kadastral çalışmalarda kullanılan noktaların koordinatlarının ve hızlarının belirlenmesinde önemli bir rol üslenmektedir. Özellikle C1 ve C2 dereceli noktalar, kadastral çalışmalarda kullanılan noktaların temelini oluşturmaktadır. C1 ve C2 dereceli noktaların koordinatları genel olarak TUTGA ve TUSAGA-Aktif noktalarına dayalı üretilmektedir. Hızları ise yine TUTGA ve TUSAGA-Aktif noktalarına dayalı olarak farklı enterpolasyon yöntemleri ile elde edilmektedir. TUTGA ve TUSAGA-Aktif noktalarının hızlarının doğru belirlenmesi, kadastral çalışmaların güvenilirliği ve jeodezik ölçümlerin doğruluğu açısından önemli bir faktördür. Bu nedenle, jeodezik ağların ve kadastral verilerin düzenli olarak güncellenmesi, deprem etkilerinin sürekli olarak izlenmesi önemlidir. Ülkemizde Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından TUTGA ve TUSAGA Aktif istasyonlarının hız ve koordinatları belirli periyotlarda güncellenmektedir.

Bu çalışmada, farklı dönemlerde koordinatları hesaplanan kadastral noktaların hızları arasındaki farklar araştırılmıştır. Bu kapsamda Harita Bilgi Bankası (HBB) arşivlerinde yer alan, Türkiye geneline dağılmış 482 adet C1 ve C2 noktasına ait hız verileri elde edilmiştir. Bu noktalara ait güncel hızlar ise HGM tarafından yayınlanan Ulusal Jeodezik Hız Alanı verileri kullanılarak kestirilmiştir. İki hız alanı arasında her bir nokta için bileşen bazında hız farkları hesaplanarak fark haritaları üretilmiştir. X, Y ve Z bileşenleri için hız farkları sırasıyla maksimum 25, 39, 37 mm/yıl elde edilmiştir. Bu farklar uzun dönemde yapılacak epok taşımalarının desimetre seviyesinde hatalara neden olabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *TUTGA, GNSS Hızı, Kadastral Nokta*

Abstract

Earthquakes occur as a result of tectonic movements and cause significant changes in the earth's crust. The most important geodetic effects of these changes are offsets in coordinates and velocities. Turkish National Fundamental GPS Network (TNFGN) and Turkey National Fixed GNSS Network (TUSAGA-Aktif) are important components of Turkey's geodetic networks. These networks have an important role in determining the coordinates and velocities of points used in cadastral studies. Especially C1 and C2 sites are the basis of cadastral studies. The coordinates of C1 and C2 sites are generally produced based on TUTGA and TUSAGA-Active points. In addition, their velocities are obtained by different interpolation methods based on TUTGA and TUSAGA-Active stations. Determining the velocities of TUTGA and TUSAGA-Active points with high accuracy is an important factor for the reliability of cadastral studies and the accuracy of geodetic measurements. Therefore, it is important to continuously monitor earthquake effects and regularly update geodetic networks and cadastral data. In Turkey, the

velocity and coordinates of TUTGA and TUSAGA-Active stations are periodically updated by the General Directorate of Mapping (HGM).

In this study, the differences between the velocities of cadastral sites whose coordinates were calculated in different periods were investigated. For this, the velocity data of 482 C1 and C2 sites distributed throughout Turkey were obtained from the Mapping Information Warehouse archives. The current velocities of these sites were calculated using the National Geodetic Velocity Field data published by HGM. For all sites, difference maps were produced by calculating the differences between the two velocity fields for X, Y and Z components. The maximum velocity differences for X, Y and Z components are 25, 39 and 37 mm/year, respectively. These differences indicate that epoch transformation from a long period may cause decimeter-level errors.

Keywords: *TUTGA, GNSS Velocity, Cadastral site*

İklim Değişikliğine Uydu Gravimetrisi ile Bir Bakış: GRACE/GRACE-FO Misyonlarının Katkıları

A Satellite Gravimetry Perspective on Climate Change: Contributions of the GRACE/GRACE-FO Missions

Uğur Porsuk[1,✉], Emel Zeray Öztürk[2]

[1]*Harita Genel Müdürlüğü*
[2]*Konya Teknik Üniversitesi*

✉*ugur.porsuk@harita.gov.tr*

Özet

Bu çalışmada, GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) ve GRACE-FO (Follow-On) misyonlarıyla elde edilen kritik veri setinin iklim değişikliğine dair sağladığı önemli katkılar sunulmuştur. İklim değişikliği, yeryüzündeki su kaynakları ve atmosfer üzerinde derin etkiler yaratan küresel bir sorun olarak, sürekli gözlem gerektiren bir izleme ihtiyacına yol açmıştır. GRACE/-FO misyonları, bu ihtiyacı karşılayarak yeryüzünün gravite alanındaki değişiklikleri hassas bir şekilde ölçmekte ve bu ölçümler yoluyla buzulların erimesi, deniz seviyesi yükselmesi ve yeraltı suyu hareketleri gibi iklim değişikliğinin yol açtığı önemli süreçlerin izlenmesine olanak tanımaktadır. GRACE, 2002 yılında başlatılan ve 2017'de sona eren bir misyon olup ikiz uydular aracılığıyla yeryuvarının gravite alanındaki değişimleri 15 yıl boyunca ölçmüş ve aylık değişimler olarak yayınlanmıştır. Bu görevin devamı olan GRACE-FO, 2018 yılında faaliyete geçmiştir ve halen veri sağlamaya devam etmektedir. Misyonların temel katkılarından biri, küresel su döngüsünün izlenmesi olup, yeraltı suyu, nehirler, göller ve okyanuslardaki su seviyelerinin değişimini takip ederek, kuraklık ve aşırı yağış gibi olayların su kaynaklarına etkilerini analiz etmeye yardımcı olmuştur. Yine aynı veri setleriyle buzulların değişimi de gözlenmektedir. Grönland ve Antarktika'daki buz kayıplarının deniz seviyesindeki artışa doğrudan etkisi, yapılan çalışmalarda belirgin bir şekilde ortaya konmuştur. Özellikle Grönland'da gözlenen büyük oranda buz kütlesi kaybı, küresel deniz seviyesinin artışında önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir. GRACE/-FO veri setleri deniz seviyesi değişimlerinin de daha iyi izlenebilir hale gelmesine katkıda bulunmuştur. Çalışmalar, deniz seviyesindeki yükselmenin hızlandığını ve bu durumun kıyı bölgeleri üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır. GRACE/-FO verileri, bölgesel deniz seviyesi değişimlerini anlama ve gelecekteki projeksiyonları oluşturma konusunda da kullanışlı bir araçtır. Özetle GRACE/-FO misyonları, iklim değişikliğinin etkilerini izleme konusunda önemli bir bilimsel bilgi birikimi oluşturmuş ve bu alandaki araştırmalara büyük katkılar sağlamıştır. Elde edilen veri setleri, iklim değişikliği ile başa çıkma stratejilerinin geliştirilmesinde ve karar vericilere sürdürülebilir su kaynakları yönetimi için gerekli bilgileri sunmada kritik bir rol oynamaktadır. GRACE-FO misyonunun devamı olarak düşünülen GRACE-C (GRACE-Continuity) misyonunun uydu gravimetrisi teknolojisini daha da ileriye taşıyacak yeni uydularla 2028 yılında hayata geçirilmesi planlanmaktadır. Böylece sağlanan veri sürekliliği ile GRACE uydu misyonlarıyla iklim değişikliğinin dinamiklerini anlamak ve bu doğrultuda uygun stratejiler geliştirmek gelecekte de mümkün olacaktır.

Anahtar Kelimeler: *GRACE, GRACE-FO, Uydu Gravimetrisi, İklim Değişikliği*

Abstract

In this study, we present the important contributions of the critical data set obtained by the GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) and GRACE-FO (Follow-On) missions on climate change. Climate change, as a global problem with profound impacts on the Earth's water resources and atmosphere, has led to the need for continuous monitoring. The GRACE/-FO missions fulfill this need by precisely measuring changes in the Earth's gravity field, enabling the monitoring of important processes driven by climate change, such as melting glaciers, sea level rise and groundwater

movement. GRACE, a mission launched in 2002 and ended in 2017, used twin satellites to measure changes in the Earth's gravity field over 15 years and published monthly changes. The successor of this mission, GRACE-FO, became operational in 2018 and continues to provide data. One of the main contributions of the missions is the monitoring of the global water cycle, tracking changes in water levels in groundwater, rivers, lakes and oceans, helping to analyze the impacts of events such as droughts and extreme precipitation on water resources. Changes in glaciers are also monitored with the same data sets. The direct impact of ice loss in Greenland and Antarctica on sea level rise has been clearly demonstrated in studies. In particular, the large loss of ice mass in Greenland is considered to be an important factor in global sea level rise. GRACE/-FO datasets have contributed to better monitoring of sea level changes. Studies reveal that sea level rise is accelerating and its impacts on coastal regions. GRACE/-FO data is also a useful tool for understanding regional sea level changes and making future projections. In summary, the GRACE/FO missions have built a significant body of scientific knowledge on monitoring the impacts of climate change and have contributed greatly to research in this field. The resulting datasets play a critical role in developing strategies to cope with climate change and providing decision-makers with the necessary information for sustainable water resources management. The GRACE-C (GRACE-Continuity) mission, which is considered as a continuation of the GRACE-FO mission, is planned to be launched in 2028 with new satellites that will further advance satellite gravimetry technology. Thus, with the data continuity provided by GRACE satellite missions, it will be possible to understand the dynamics of climate change and develop appropriate strategies in this direction in the future.

Keywords: *GRACE, GRACE-FO, Satellite Gravimetry, Climate Change*

Tektonik Hareketlerin Etkilerinin Üçgensel Alanlarda Helmert Dönüşüm Parametreleri ile Analizleri

Analyzing the Effects of Tectonic Movements in Triangular Areas with Helmert Transformation Parameters

Pakize Küreç Nehbit[1,✉]

[1]*Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye*

✉*pakize.kurec@kocaeli.edu.tr*

Özet

Uluslararası Yersel Referans Çerçeveleri (ITRF, International Terrestrial Reference Frame) arasındaki dönüşümler 7 parametreli Helmert dönüşümü ile yapılmaktadır. Helmert dönüşüm parametreleri ile iki farklı referans çerçevesi arasındaki öteleme, dönüklük ve ölçek parametreleri belirlenmektedir. Dönüşüm parametreleri: koordinat sistemlerinin başlangıç noktalarının birbirine göre uzaklığını (öteleme), koordinat sistemleri arasındaki açısal bozulmaları (dönüklük) ve koordinat eksen uzunlukları arasındaki uzamayı ya da kısalmayı (ölçek) tanımlamaktadır. Diğer yandan, tektonik hareketler, fay zonunun yapısına bağlı olarak, yatay ya da düşey deformasyonlara neden olmaktadır. Doğrultu atımlı faylarda meydana gelen tektonik hareketler sonucunda ise yatay düzlemde deformasyonlar baskın olurken, düşey düzlemde meydana gelen deformasyonlar oldukça küçük değerlere sahiptir. Oluşan deformasyonların neden olduğu değişimlerin bir koordinat sistemi içerisinde tanımı öteleme, dönüklük ve ölçek parametreleri ile yapılabilir. Bu çalışmada, üçgensel alanlarda, tektonik hareketlerin etkisiyle oluşan deformasyonların etkilerinin dönüşüm parametreleri ile analizi amaçlanmaktadır. Çalışma alanı olarak 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş ilinde Mw 7.7 ve Mw 7.6 büyüklüklerinde meydana gelen depremlerden etkilenen bölge seçilmiştir. Depremlerinin etkisi altında kalan bölge içerisinde 23 adet Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı-Sabit (TUSAGA-Aktif) istasyonundan oluşan bir jeodezik GNSS ağı oluşturulmuştur. Deprem öncesi ve deprem sonrası için elde edilen TUSAGA-Aktif istasyonlarının dengeli koordinatları kullanılarak, Delaunay üçgenlemesiyle belirlenen alanlarda deprem öncesi ve deprem sonrası için Helmert dönüşüm parametreleri elde edilmiştir. Bunun sonucunda, doğrultu atımlı fay yapısına uygun olarak, deprem sonrasında deformasyon vektörlerinin 2 m'nin üzerinde olduğu istasyonlardan oluşan üçgensel alanlarda öteleme parametrelerinin ortalama değerleri x, y ve z eksenleri için sırasıyla 0.96 m, 1.38 m ve 0.11 m olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte y yönünde elde edilen öteleme parametresi, x ekseni yönünde elde edilen öteleme parametresinden ortalama 1.5 kat daha büyüktür.

Anahtar Kelimeler: *Helmert Dönüşümü, Jeodezik Ağlar, Tektonik Hareketler*

Abstract

Transformations between the International Terrestrial Reference Frames (ITRFs) are computed with the 7-parameter Helmert transform. In between two different reference frames, translation, rotation, and scale parameters are determined using the Helmert transform. Transformation parameters define the distance between the origin of the coordinate systems (translation), angular distortions between coordinate systems (rotation), and lengthening or shortening between coordinate axis lengths (scale). On the other hand, tectonic movements, depending on the structure of the fault zone, cause horizontal or vertical deformations. As a result of tectonic movements occurring in the strike-slip faults, while deformations in the horizontal plane are dominant, deformations in the vertical plane are smaller compared to the horizontal deformations. The changes caused by the deformations can be defined using translation, rotation, and scale parameters in a coordinate system. In this study, it is aimed to analyze the effects of deformations caused by tectonic movements using transformation parameters in triangular areas. The area affected by the earthquakes that occurred with magnitudes Mw 7.7 and Mw 7.6 in Kahramanmaraş on the 6th of February 2023 is selected as a study area. A geodetic GNSS network

containing 23 Turkish National Permanent GNSS Network-Active (TNPGN-Active) stations is generated in the area affected by the earthquakes. By using adjusted coordinates of TNPGN-Active stations obtained before and after the earthquakes, Helmert transformation parameters are computed in the Delaunay triangles for before and after the earthquakes. Consequently, in accordance with the strike-slip fault structure, in the triangular areas containing the stations having deformation vectors over 2 m, the average of the translation parameters in the x-, y-, and z- directions are computed as 0.96 m, 1.38 m, and 0.11 m respectively. Besides, the translation parameter obtained in the y-axis direction is an average of 1.5 times larger than the translation parameter obtained in the x-axis direction.

Keywords: *Helmert Transformation, Geodetic Networks, Tectonic Movements*

Hendek Tabanlı Paleosismoloji Çalışmalarına Jeodezik Katkılar

Geodetic Contributions to Trench-Based Paleoseismology Studies

Furkan Şahiner[1,✉], İbrahim Tiryakioğlu[2,4], Çağlar Özkaymak[3,4], Halil İbrahim Solak[4,5], Doğukan Mert Özcan[1], Seray Çınar Yıldız[6], Volkan Karabacak[7], Ökmen Sümer[8]

[1]*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, Türkiye*
[2]*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye*
[3]*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye*
[4]*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi, Afyonkarahisar, Türkiye*
[5]*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Uzaktan Eğitim Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye*
[6]*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, Türkiye*
[7]*Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye*
[6]*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye*
[8]*Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye*

✉*frnsah44@gmail.com*

Özet

LiDAR (Light Detection and Ranging), ışınların kaynak ile obje arasındaki seyahat süresi yardımıyla aralarındaki mesafenin hesaplanmasında kullanılan bir teknolojidir. Bu teknoloji birçok mühendislik alanında üç boyutlu modellerin üretilmesinde kullanılmakta ve geleneksel ölçme yöntemlerine göre kısa sürede yüksek doğrulukta veri üretebilmektedir. Bu tekniğin en yenilikçi yönlerinden biri ise paleosismoloji çalışmalarında da kullanılabilir olmasıdır. Paleosismoloji, fayların geçmiş dönem davranışlarının incelenerek gelecekte deprem üretme potansiyelinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılan aktif tektonik metotlardan biridir. Hendek tabanlı paleosismoloji çalışmaları en çok kullanılan yöntemlerinden biridir. Bu çalışmanın konusunu oluşturan, İzmir- Balıkesir Transfer Zonu'nun (İBTZ) içerisinde yer alan Gelenbe Fay Zonu (GFZ), Bigadiç (Balıkesir) ve Akhisar (Manisa) arasında KKD-GGB yönünde uzanan sağ yanal doğrultu atımlı karaktere sahip bir zondur. Birbirine yaklaşık paralel, doğu ve batı segment olarak isimlendirilen iki ana segmentten oluşan GFZ, 2012 yılında güncellenen Türkiye Diri Fay Haritası'nda diri fay olarak tanımlanmıştır. 123G020 numaralı Türkiye Diri Faylarının Paleosismolojik Özelliklerinin Belirlenmesi konulu TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) KAMAG (Kamu Araştırmaları Destek Grubu) projesi kapsamında Gelenbe Fay Zonu'nun Doğu segmenti üzerinde iki farklı alanda hendek tabanlı paleosismoloji çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda açılan hendeklerden birinin duvarları temizlenmiş ve birer metrelik aralıklarla gridlenmiştir. Daha sonra bu hendek el tipi LiDAR ile taranmıştır. Hendek duvarları hem fotogrametrik hem de LiDAR ile üretilen nokta bulutları ile üç boyutlu modellenmiştir. Modelleme işlemi için Agisoft Metashape Professional ve CloudCompare yazılımları kullanılmıştır. Modelin doğruluğu için hendek duvarlarında birer metrelik gridler kullanılmıştır. Model üzerinde grid uzunlukları ölçülerek modelin karesel ortalama hatası hesaplanmıştır. Literatürde benzer yöntemlerle elde edilen doğruluğa (± 3 cm) yakın olarak modelin doğruluğu ± 2 cm olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Gelenbe Fay Zonu, LiDAR, Paleosismoloji, Üç Boyutlu Modelleme*

Abstract

LiDAR (Light Detection and Ranging) is a technology used to calculate the distance between the source and the object using the travel time between them. This technology is used to produce 3D models in various engineering fields and can produce highly accurate data in a short time compared to traditional surveying methods. One of the most innovative aspects of this technique is that it can also be used in paleoseismology studies. Paleoseismology is one of the active tectonic methods used to investigate the potential of faults to produce earthquakes in the future by analyzing their past movements Trench-based paleoseismology studies are one of the most used methods. Gelenbe Fault Zone (GFZ), which is the subject of this study and located within the Izmir-Balikesir Transfer Zone (IBTZ), is a right-lateral strike-slip zone extending between Bigadic (Balikesir) and Akhisar (Manisa) in the NW-SSE direction. The GFZ, which consists of two main segments named as the eastern and western segments that are approximately parallel to each other, is defined as an active fault in the Active Fault Map of Turkey revised in 2012. Trench-based paleoseismology studies were carried out in two different regions on the eastern segment of the Gelenbe Fault Zone with the support of the TÜBİTAK (Scientific and Technological Research Council of Türkiye) KAMAG (Public Institutions Research and Development) project number 123G020 on "Determination of Paleoseismological Characteristics of Active Faults in Turkey". One of the trenches was selected as the study area and after cleaning the walls, it was divided into one-meter sections using ropes. Selected trench was scanned with handheld LiDAR. The trench walls were modelled as 3D using both photogrammetric and LiDAR point clouds. Agisoft Metashape Professional and CloudCompare software were used for modeling. For the accuracy of the model, one-meter grids were used on the trench walls. The grid lengths were measured on the model and Root Mean Square Error (RMSE) of the model was calculated. The accuracy of the model was calculated as ± 2 cm, close to the accuracy obtained in similar studies in the literature (± 3 cm).

Keywords: *Gelenbe Fault Zone, LiDAR, Palaeoseismology, Three Dimensional Modelling*

Bolu İli Çevresinde Geçmiş Deprem Verileri ve GNSS Konum Verilerinin RNN Yöntemleriyle Deprem Tahmininde Kullanılması

Using Past Earthquake Data and GNSS Data Around Bolu Province for Earthquake Prediction with RNN Methods

Fulya BATTAL ŞAMİLOĞLU[1,✉], Veysel IŞIK[2] , Bahadır AKTUĞ[3]

1,2 Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Mustafa Kemal Mahallesi 2082. Cadde No:52 Çankaya / Ankara
2,Ankara Üniversitesi, Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanlığı Gölbaşı 50. Yıl Yerleşkesi, Bahçelievler Mahallesi, 35. Cadde

✉fulya.battal@cbs.gov.tr

Özet

Çalışma alanı Dünyanın en önemli aktif fay zonlarından bir olan sağ yanal doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay Zonunun etkisi altında olan Bolu ili ve çevresidir. Bu çalışma, aletsel dönemde önemli ve hasar yapıcı depremlerin geliştiği Bolu ili ve yakın çevresinde oluşacak depremlerin büyüklüğünü ve zamanını makine öğrenmesi tekniklerinden olan Tekrarlayan Sinir Ağları (RNN) yönteminin uygulamasını kapsamaktadır. Yöntemin uygulanmasında alanın jeolojisi bölgenin sismisite özellikleri ile Bou ve çevresinde konumlandırılmış GNSS ağlarından elde edilen bölgedeki fay kayma oranları veri olarak kullanılmıştır.

Veri analizi için öncelikle tüm coğrafi veriler hazır GIS yazılımı aracılığıyla düzenlenmiş ve nokta verisi olarak hazırlanmıştır. Elde edilen verilerin ön işlenmesi aşamasında veri normalizasyonu, eksik veri tamamlama ve anomali tespiti gibi önemli hususlar dikkate alınmıştır. RNN mimarisi için uygun hiperparametrelerin belirlenmesi amacıyla, katman sayısı, her katmandaki nöron sayısı, öğrenme hızı ve aktivasyon fonksiyonları gibi değişkenler üzerinde kapsamlı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Ayrıca modelin overfitting riskini azaltmak için parametre düzenlemeleri yapılmıştır ve eğitim ile test setlerinin ayrılması sağlanmıştır.

Modelin performansı, çeşitli yapılandırmaların (epoch sayısı, katman sayısı, veri çeşitliliği gibi) karşılaştırmalı analizi ile değerlendirilmektedir. Elde edilen bulgular, farklı hiperparametre ayarlarının modelin tahmin yeteneği üzerindeki etkilerini ortaya koymakta ve en iyi performansı sağlayacak RNN yapılandırmalarının belirlenmesine olanak tanımaktadır. Yine , fay kayma oranları da modele eklenerek, depremlerin büyüklüğünü ve zamanını tahmin etme konusundaki doğruluğu artırmak amacıyla kullanılmıştır. Farklı hiperparametre değerlerinde tahmin performanslarının karşılaştırılması yapılmıştır. Modelde farklı zaman adımlarıyla (aylık, 3 aylık, yıllık vb), farklı gizli katman sayılarıyla (0,1,2) ve farklı eğitim veri büyüklükleri (toplam verinin %40, %50,%60) gibi farklı model parametreleri kullanılarak elde edilen performanslar kıyaslanmıştır.

Gelecek çalışmalarda, bu modelin geliştirilmesi için daha geniş veri setlerinin kullanılması ve alternatif derin öğrenme mimarilerinin entegrasyonu üzerinde durulmaktadır. Ayrıca, RNN yönteminin gerçek zamanlı deprem tahmin sistemlerine entegre edilmesi, potansiyel uygulama alanları açısından önemli fırsatlar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *GNSS, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Makine Öğrenmesi, Deprem Tahmini*

Abstract

The study area is the province of Bolu and its surroundings, which are under the influence of the North Anatolian Fault Zone (NAFZ), one of the world's most significant active right-lateral strike-slip fault zones. This study involves the application of Recurrent Neural Networks (RNN), a machine learning technique, to predict the magnitude and timing of future earthquakes in Bolu and its vicinity, an area that has experienced significant and damaging earthquakes during the instrumental period. The geology of the area, seismicity characteristics, and fault slip rates obtained from GNSS networks positioned around Bolu and its surroundings are used as data for the application of this method.

For data analysis, all geographic data were first organized and prepared as point data using existing GIS software. During the pre-processing of the collected data, important aspects such as data normalization, missing data completion, and anomaly detection were taken into account. Comprehensive studies were conducted on variables like the number of layers, the number of neurons per layer, learning rate, and activation functions to determine the appropriate hyperparameters for the RNN architecture. In addition, parameter adjustments were made to reduce the risk of overfitting, and the separation of training and test sets was ensured.

The model's performance is evaluated through a comparative analysis of various configurations (such as the number of epochs, number of layers, and data variety). The findings reveal the effects of different hyperparameter settings on the model's prediction capabilities, allowing for the identification of the best-performing RNN configurations. Furthermore, fault slip rates are added to the model to improve the accuracy of predicting earthquake magnitudes and timing. Performance comparisons were made with different hyperparameter values. The model's performance was compared using various time steps (monthly, 3-monthly, yearly), different numbers of hidden layers (0, 1, 2), and different sizes of training data sets (40%, 50%, 60% of total data).

Future studies will focus on improving this model by using larger data sets and integrating alternative deep learning architectures. Additionally, the integration of the RNN method into real-time earthquake prediction systems offers significant opportunities in terms of potential applications.

Keywords: *GNSS, Geographic Information Systems, Machine Learning, Earthquake Prediction*

20 Temmuz 2017 Bodrum-Kos Depremi (Mw: 6.6) Sonrası Gökova Körfezi'nin Güncel Hız Alanı ve Potansiyel Deprem Büyüklüğünün Belirlenmesi

Determination Of Current Velocity Fields and Potential Earthquake Magnitudes After The 20 July 2017 Bodrum-Kos Earthquake (Mw:6.6) In The Gökova Gulf

Ece Bengünaz Çakanşimşek[1,✉] , İbrahim Tiryakioğlu[1], Halil İbrahim Solak[1], Eda Esma Eyübagil[1], Hasan Hakan Yavaşoğlu[2]

[1]*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon*
[2]*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul*

✉*zanugneb@gmail.com*

Özet

Gökova Körfezi ve çevresi, Batı Anadolu'nun sismik açıdan en aktif ve en hızlı deformasyona uğrayan bölgeleri arasında yer almaktadır. Körfezin kuzey kenarı karada D-B uzanımında, güneye (70°-85°) eğilimli normal fay segmentlerinin bir araya gelerek oluşturduğu Gökova Fay Zonu (GKFZ) tarafından sınırlandırılmaktadır. GKFZ'nin çizgiselliği doğuda Muğla'nın Ula ilçesinden başlar ve Ören mevkinde körfezin içinden Kos Adası'nın güneyine doğru uzanan kolu ile yaklaşık olarak 120 km'dir. 20 Temmuz 2017 tarihinde Bodrum Yarımadası açıklarında Bodrum-Kos Depremi (Mw:6.6) meydana gelmiştir. Tiryakioğlu vd. (2018) tarafından depremin hemen ardından gerçekleştirilen GNSS gözlemlerinin değerlendirilmesiyle kosismik deformasyon belirlenmiştir. Bu çalışmada ise GNSS tekniğiyle Bodrum-Kos depremi sonrasında Gökova Körfezi ve çevresinde güncel hız ve gerinim alanları elde edilerek, GKFZ'nin depremselliği jeodezik olarak incelenmiştir. Çalışma 22.FENBİL.19 numaralı AKÜBAPK (Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü) tarafından desteklenmiştir. Bu kapsamda 28 noktalı bir GNSS ağı kurulmuştur. Güncel GNSS ağına, Tiryakioğlu vd. (2018) çalışmasında yer alan 12 nokta dahil edilmiştir. Çalışma kapsamında 2022 yılı Şubat-Aralık aylarında 2 kampanya GNSS gözlemi gerçekleştirilmiştir. Noktaların deprem öncesi ve sonrası döneme ait temin edilen GNSS verileriyle birlikte kampanyalara ait GNSS verileri GAMIT/GLOBK yazılımında değerlendirilmiştir. Avrasya plakası sabit alınarak ve ITRF 2014 referans çerçevesinde elde edilen deprem öncesi ve deprem sonrası hız alanları analiz edilmiştir. Deprem öncesi KD-GB doğrultulu vektörel hızlar 25-30 mm/yıl arasında değişmektedir. Deprem sonrası hız alanı, noktaların deprem sonrası temin ed Gerçekleştirilen 2 kampanya GNSS verisi sonucunda güncel hız alanı elde edilmiştir. Deprem sonrası vektörel hızlar 25-35 mm/yıl arasında değişmektedir. Deprem öncesi ve sonrası döneme ait hız vektörleri kıyaslandığında yaklaşık olarak aynı doğrultuya sahiptir. GeodSuit yazılımında deprem sonrası hız alanı kullanılarak güncel gerinim alanı hesaplanmıştır. Datça Yarımadası'nın kuzey kesimi ile Bodrum-Karaada açıkları arasında, körfezin batı kısmına doğru gerinimlerin arttığı görülmektedir. Körfezin batı kesimi ve Bodrum yarımadasında KKD-GGB yönlü açılma bileşenlerinin baskın olduğu görülmüştür. En yüksek gerinim körfezin güneyinde 230 ns/yıl olarak hesaplanmıştır. Güncel gerinim alanının elde edilmesiyle Aktuğ (2017)'de geliştirilen bağıntı kullanılarak çalışma bölgesinin jeodezik deprem tekrarlama periyodu Mw≥6, Mw ≥ 6.5 ve Mw ≥ 7 olarak belirlenen eşik değerleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Buna göre GKFZ ve çevresinde eşik değeri Mw≥6 olarak belirlenen jeodezik deprem tekrarlama periyodu 70-150 yıl aralığında, Mw ≥ 6.5 için 210-500 yıl aralığında, Mw ≥ 7 için 710-1714 yıl arasında hesaplanmıştır. Dikbaş vd. (2022)'nin paleosismoloji çalışmaları sonucunda GKFZ Ören Segmenti'nde tarihsel dönem deprem izleri tespit edilmiştir. Solak (2020) tarafından Aktuğ (2020)'de geliştirilen modele getirilen ters çözüm yaklaşımı kullanılarak GKFZ'nin üretebileceği maksimum deprem büyüklüğü hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar ile tarihsel dönemde meydana gelen depremlerden günümüze dek geçen zaman içerisindeki enerji birikimi hesaplanmıştır. Sismik boşluk niteliği taşıyan Ören Segmenti çevresinde bu hesaplamalara göre 6.3-6.9 (Mw) arasında deprem üretme potansiyeline sahip enerji birikimi mevcuttur.

Anahtar Kelimeler: *Gerinim,20 Temmuz 2017 Bodrum-Kos Depremi (Mw: 6.6), Jeodezik Deprem Tekrarlama Periyodu*

Abstract

The Gökova Gulf and its surrounding region are among the most seismically active and rapidly deforming areas in Western Anatolia. The northern margin of the gulf is defined by the Gökova Fault Zone (GKFZ), which comprises east-west trending, south-dipping (70°-85°) normal fault segments on land. The linearity of the GKFZ initiates in the Ula district of Muğla in the east and extends approximately 120 km, with a branch stretching from the gulf to the south of Kos Island at Ören. On 20 July 2017, an earthquake with a magnitude of 6.6 struck offshore of the Bodrum peninsula. Tiryakioğlu et al. (2018) assessed coseismic deformation by analyzing GNSS observations conducted immediately after the earthquake. In this study, the current velocity and strain fields in and around the Gulf of Gökova following the Bodrum-Kos earthquake were derived using the GNSS technique, and the seismicity of the GKFZ was examined geodetically. A 28-site GNSS network was established with the support of the AKUBAPK project number 22.FENBİL.19. Twelve sites from the research by Tiryakioğlu et al. (2018) were incorporated into the current GNSS network. Throughout the study, two campaign GNSS observations were carried out in February and December 2022. The GNSS data of the points for the pre- and post-earthquake periods and the GNSS data of the campaigns were analysed in GAMIT/GLOBK software.The pre-seismic and post-seismic velocity fields of the study area were calculated in the Eurasian plate-fixed reference frame. Pre-seismic NE-SW vector velocities vary between 25-30 mm/year. The current velocity field was obtained from the two campaigns conducted after the earthquake, with post-seismic vector velocities varying between 25-35 mm/year. When the velocity vectors of the pre-seismic and post-seismic periods are compared, they show approximately the same direction.The current strain field was calculated using the post-seismic velocity field in the GeodSuit software. Between the northern part of the Datça peninsula and the Bodrum-Karaada offshore, strain values increase towards the western part of the gulf. In the western part of the gulf and the Bodrum peninsula, it was observed that the NNE-SSW extension components were dominant. The highest strain was calculated as 230 ns/year in the south of the gulf. Accordingly, the geodetic earthquake recurrence period for Mw ≥ 6 in and around the GKFZ was calculated to be between 70-150 years, for Mw ≥ 6.5 between 210-500 years, and for Mw ≥ 7 between 710-1714 years the relation developed by Aktuğ (2017). As a result of the paleoseismological studies by Dikbaş et al. (2022), historical earthquake trace were detected in the GKFZ Ören segment. The maximum earthquake magnitude that the GKFZ can generate was calculated by Solak (2020) using the inverse solution approach based on the model developed by Aktuğ (2020). These calculations estimate the energy accumulation from earthquakes that occurred in the historical period up to the present day. Accordingly, the Ören segment, which is a seismic gap, has accumulated enough energy to potentially produce earthquakes with magnitudes between 6.3 and 6.9 (Mw).

Keywords: *Strain, 20 July 2017 Bodrum-Kos Earthquake (Mw:6.6), Geodetic Earthquake Recurrence Period*

6 Şubat Depremlerinin Deprem Anı ve Erken Dönem Deprem Sonrası Deformasyonların GNSS ile İzlenmesi

Monitoring Co-seismic and Early Post-seismic Deformations of the February 6 Earthquakes with GNSS

Mehmet Akif Gümüş[1, ✉], Ali Berat Bozkurt[1, ✉], Volkan Özbey[1], Ergin Tarı[1]

[1]*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, İstanbul*
✉ gumusm18@itu.edu.tr
bozkurtal19@itu.edu.tr

Özet

GNSS (Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri) teknolojisi, yer kabuğunda meydana gelen hareketlerin izlenmesinde etkin bir rol oynamaktadır. Bu teknoloji hem düşük maliyetli hem de yüksek doğruluklu sonuçlar elde edilmesini sağlayarak diğer yöntemlere göre önemli avantajlar sunmaktadır. Özellikle büyük depremlerden kaynaklı deformasyonların tespiti için GNSS tekniği yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ülkemizde de Kahramanmaraş bölgesinde 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen 7.7 (Mw) büyüklüğündeki Pazarcık ve 7.6 (Mw) büyüklüğündeki Ekinözü depremleri, Doğu Anadolu Makaslama Zonu çevresinde büyük tektonik hareketlere yol açmıştır. Bu çalışmada, deprem bölgesinde ve çevresindeki deprem anı yer değiştirmelerin ve deprem sonrası hareketlerin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif) sistemine ait deprem bölgesindeki istasyonlar belirlenmiş ve bu istasyonların zaman serileri analiz edilmiştir. Deprem anınındaki yer değiştirmenin yüksek hassasiyette tespit edilebilmesi adına deprem anı zaman serilerinde, ilgili istasyonların 1 saniye aralıklı GNSS ölçmeleri kullanılmıştır. GNSS ölçmelerinden elde edilen deprem anı yer değiştirmeler, web tabanlı çevrimiçi GNSS servisi olan CSRS-PPP yardımıyla analiz edilmiştir. Deprem sonrası davranışların zamana göre değişimi uzun zaman serilerine sahip GNSS istasyonlarının deprem öncesi hızlarından yararlanarak kestirilmiştir. Çalışma kapsamında deprem öncesi ve deprem sonrası zaman serileri için 30 saniye aralıklı HGM tarafından işlenmiş konum verisi kullanılmıştır. Deprem sonrası hareketler, genel olarak iki ana başlık altında ele alınmıştır: yakın alan deprem sonrası hareketler ve uzak alan deprem sonrası hareketler. Deprem sonrası yer değiştirmenin hangi istasyonlarda devam ettiği ve bu yer değiştirmenin zamanla nasıl bir değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Öncül değerlendirme sonucu deprem sonrası hareket bölgesel olarak 3 farklı şekilde sınıflandırılmıştır. Öncül sonuçların daha anlamlı şekilde geliştirilmesi adına daha uzun zaman serileri ile çalışılması ve sürekli istasyonlardan oluşan GNSS ağının yapılan kampanya ölçmeleri ile çözünürlüğünün artırılması tavsiye edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Deprem Sonrası Deformasyon, Deprem Anı Deformasyon, GNSS, Zaman Serisi Analizi*

Abstract

GNSS (Global Navigation Satellite Systems) technology plays an effective role in monitoring movements in the Earth's crust. This technology offers significant advantages over other methods by providing both low-cost and high-accuracy results. GNSS techniques are widely used, especially for detecting deformations caused by large earthquakes. In our country, the 7.7 (Mw) Pazarcık earthquake and the 7.6 (Mw) Ekinözü earthquake, which occurred on February 6, 2023, in the Kahramanmaraş region, led to significant tectonic movements around the East Anatolian Shear Zone. This study aims to analyze the co-seismic displacements in and around the earthquake region, as well as the post-seismic movements that occurred after the earthquakes. GNSS stations in the earthquake region, belonging to the Turkish National Permanent GNSS Network (TUSAGA-Aktif), were selected, and the time series of these stations were analyzed. To detect displacements at the time of the earthquake accurately, 1-second interval GNSS measurements of the relevant stations were used in the co-seismic time series. The co-seismic assessment was processed using the Web-based GNSS data evaluation platform CSRS-

PPP. The temporal changes in post-seismic behaviors were estimated by utilizing the interseismic velocities of GNSS stations with long time series. For the interseismic and post-seismic time series, 30-second interval position data processed by the General Directorate of Mapping (HGM) were used. Post-seismic movements were generally examined under two main categories: near-field post-seismic movements and far-field post-seismic movements. The study identified the stations where post-earthquake displacements continued and how these displacements changed over time. Preliminary assessments classified post-seismic movements regionally into three different types. To further develop these preliminary results in a more meaningful way, it is recommended to work with longer time series and increase the resolution of the GNSS network through campaign measurements at continuous stations.

Keywords: *Post-seismic Deformation, Co-seismic Deformation, GNSS, Time Series Analysis*

GNSS IMU Çözümlerinin Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünde Kullanımı ve Proses Süreçlerinde Sabit İstasyon Sayısının Önemi

Use of GNSS IMU Solutions in the General Directorate of Land Registry and Cadastre, the Importance of the Number of Fixed Stations in the Process

Fatih BALCIOĞLU[1,✉], Tahsin KARA[2], Metin SOYLU[3], Ekrem AYYILDIZ[4]

[1,2,3,4] *Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye*
✉*tk44565@tkgm.gov.tr*

Özet

Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi (KUSS-GNSS), artık hayatımızın her aşamasında aktif rol oynamaktadır. Birçok farklı meslek grubu konum belirlemede uydu verilerinden faydalansa da kuşkusuz en yoğun kullanımı Haritacılık sektöründedir. Bunun yanında Havadan Görüntü Alımı vasıtasıyla elde edilen Haritaların gerekli hassasiyeti taşımalarında sadece GNSS verileri yetersiz kalmaktadır. Görüntü alımı yapan Hava Kameralarında bulunan Atalet Ölçüm Birimi (Inertial Measurement Unit-IMU) sayesinde uçuş sırasında Hava Aracının anlık konumu daha hassas belirlenebilmektedir.

Atalet Ölçüm Birimi (IMU), kullanılan hava aracının (Uçak, Drone vs.) hareketini ve yönelimini belirleyen ivmeölçerler, jiroskoplar ve manyetometreler gibi sensörleri içerir. İvmeölçerler, hava aracının hızlanmasını ölçerken, Jiroskoplar yön değişikliklerini, Manyetometreler ise dünyanın manyetik alanına göre yönünü belirler. GNSS ile konum bilgisi sağlanırken, IMU daha hassas bir şekilde hız, ivme ve yön verilerini sağlar.

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğümüzün envanterinde olup Havadan Görüntü Alımı işlerinde kullanılan TC-TKG çağrı adlı uçağımızda "Vexcel Ultracam Osprey Mark 3" marka Eğik Hava Kamerası, TC-KDR çağrı adlı uçağımızda "Z/I DMC-IIe" marka Geniş Format Dijital Hava Kamerası kullanılmaktadır. "Vexcel Ultracam Osprey Mark 3" marka Eğik Hava Kamerasından elde edilen verilerin değerlendirilmesinde "PosPac MMS 8.3" GNSS IMU yazılımı, "Z/I DMC-IIe" marka Geniş Format Dijital Hava Kamerasından elde edilen verilerin değerlendirilmesinde "Inertial Explorer 8.60" GNSS IMU yazılımı kullanılmaktadır.

Bildiriye konu çalışmada "PosPac MMS 8.3" GNSS IMU yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılımda Uçuş verileri, uçuş gününe ait Sabit İstasyon verileri (TUSAGA-Aktif istasyonlarından elde edilen 1. sn aralığındaki RINEX datalar) ve uçuş gününe ait GPS-GLONASS uydularının Hassas Efemeris (Precise Orbits-sp3) bilgilerinin yazılıma yüklenmesi sonrası Proses işleminin yapılarak Hava Kamerasının çektiği Fotoğrafların Orta Nokta Koordinatlarının elde edilmesi sağlanmaktadır. GNSS IMU yazılımından elde edilen veriler fotogrametrik yazılımlara (Pix4D, UltraMap vb.) altlık oluşturmaktadır. Çalışmada 25.07.2024 tarihli Ankara ili, Sincan ilçesinde gerçekleştirilen uçuş verileri ile 01.08.2024 tarihli İzmir ili, Bergama, Kınık ilçeleri; Manisa ili, Soma, Kırkağaç ilçelerinde gerçekleştirilen uçuş verileri değerlendirilmiştir. Bu uçuş verileri "PosPac MMS 8.3" GNSS IMU yazılımında sırasıyla 4, 8, 16, 32 adet TUSAGA-Aktif istasyonu verisi kullanılarak ayrı ayrı çözülmüş, çıkan sonuçlar karşılaştırmak üzere raporlanmıştır. Kullanılan istasyon sayısı arttıkça elde edilen Konum ve Hız Hatalarının azaldığı gözlemlenmiştir.

Günümüzde Bilgisayarların veri işleme hızlarının artması ve veri depolama kapasitelerinin yükselmesi sonucu GNSS IMU yazılımlarında da yüksek kapasiteli veriler kullanılabilir. Hassasiyetin artmasıyla Havadan Görüntü Alımı işlerinde Yer Kontrol Noktası (YKN) tesisi gerekmeden Harita Üretiminin gerçekleştirilebileceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *GNSS IMU, PosPac MMS, Tusaga-AKTİF*

Abstract

Global Navigation Satellite System (GNSS) now plays an active role in every stage of our lives. Although many different professions use satellite data for positioning, the mapping sector is undoubtedly the one that uses it the most. However, when it comes to aerial imagery, GNSS data alone

is not sufficient to achieve the required precision in the maps produced. The Inertial Measurement Unit (IMU), found in aerial cameras, helps determine the exact position of the aircraft during flight with greater accuracy.

The IMU contains sensors like accelerometers, gyroscopes, and magnetometers, which detect the movement and orientation of the aircraft (such as planes or drones). Accelerometers measure acceleration, gyroscopes detect directional changes, and magnetometers determine direction based on the Earth's magnetic field. While GNSS provides location data, the IMU provides more precise information about speed, acceleration, and direction.

In the inventory of the General Directorate of Land Registry and Cadastre, we have the aircraft with the call sign TC-TKG, equipped with a "Vexcel Ultracam Osprey Mark 3" Oblique Aerial Camera for aerial imagery. Another aircraft, TC-KDR, uses a "Z/I DMC-IIe" Large Format Digital Aerial Camera. For the data evaluation from the "Vexcel Ultracam Osprey Mark 3" camera, the "PosPac MMS 8.3" GNSS IMU software is used. For the "Z/I DMC-IIe" camera, the "Inertial Explorer 8.60" GNSS IMU software is utilized.

In the study mentioned in this report, the "PosPac MMS 8.3" GNSS IMU software was used. Flight data, fixed station data from the flight day (RINEX data from TUSAGA-Active stations at 1-second intervals), and precise ephemeris information (Precise Orbits-sp3) of GPS-GLONASS satellites were loaded into the software to obtain the midpoint coordinates of the photos taken by the aerial camera. The data from the GNSS IMU software serves as a base for photogrammetric software (e.g., Pix4D, UltraMap).

In this study, flight data from Sincan, Ankara, on July 25, 2024, and flight data from Bergama and Kınık in İzmir and Soma and Kırkağaç in Manisa on August 1, 2024, were evaluated. The flight data was processed using 4, 8, 16, and 32 TUSAGA-Active stations in the "PosPac MMS 8.3" GNSS IMU software, and the results were reported for comparison. It was observed that as the number of stations increased, the position and speed errors decreased.

Nowadays, with the increased processing speed of computers and the growing storage capacity, high-capacity data can be used in GNSS IMU software. As accuracy improves, it is expected that map production can be carried out without the need for Ground Control Points (GCP) in aerial imagery.

Keywords: *GNSS IMU, PosPac MMS, Tusaga-Active*

Yıldırım Olaylarının Gerçekleştiği Konumlara ait Doğrultuların Yerelektrik Değişimlerinden Jeodezik Yöntemler Kullanılarak Belirlenmesi

Determination of Lightning Event Location Directions by Using Geodetic Methods from Geoelectric Variations

Mustafa Ulukavak[1,✉]

[1]*Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü 63300 Haliliye ŞANLIURFA*
✉*mulukavak@harran.edu.tr*

Özet

Atmosferdeki elektriksel yük dengesizliği, genellikle fırtına bulutları (kümülonimbüs) içinde pozitif ve negatif yüklerin ayrışması sonucunda oluşur. Bu yük dengesizliği bulut ile yer arasında kritik bir potansiyel seviyeye ulaştığında elektron akışı meydana gelir ve buna yıldırım denir. Yıldırım esnasında büyük miktarda enerji açığa çıkar ve bu enerji, yüksek sıcaklık ve ani bir ışık patlaması (şimşek=şerare) ile birlikte görülür ve oluşan şimşeğin deşarj sesi hava ortamında yaklaşık 340m/sn hızla yayılarak duyulur. Yıldırımlar, doğrudan insan yapıları üzerinde büyük tahribat yaratabilen bir doğa olayıdır ve sıklıkla yangınlara, elektrik kesintilerine ve can kayıplarına yol açabilir. Yıldırım tespiti ve önlenmesi, hava durumu izleme sistemleri ve koruma teknolojileri açısından önemli bir araştırma alanıdır. Gelişmiş algılama sistemleri, yıldırımların yerini ve zamanını tespit ederek hava güvenliği ve risk yönetimi konularında kritik katkılar sağlamaktadır. Yıldırımların konumunu belirlemek, genellikle çok sayıda sensörün kullanıldığı ve zaman farklarına dayalı ölçüm yöntemleri ile gerçekleştirilir. Bu çalışmada birbirine dik kesişen iki dipol kullanılarak, sinyal kaynağının doğrultusunun belirlenmesine yönelik bir uygulama yapılmıştır. Voltaj ölçümlerinin yapıldığı ve iki dipolün birleştiği istasyon ile yıldırım olayının gerçekleştiği yerin konumu arasındaki doğrultu, her iki dipolden alınan voltaj ölçümlerinin oranı kullanılarak belirlenmiştir. Jeodezik çalışmalarda, açıklık açısı genellikle semt açısı olarak adlandırılır ve biri kuzey doğrultulu olmak üzere iki ayrı yer doğrultusu arasındaki açıyı ifade etmekte kullanılmaktadır. Bu çalışmada da yıldırımın etkisiyle oluşan yersel elektriksel potansiyel değişimin birbirine dik iki dipolde yapılan yerelektrik ölçümleri oranına jeodezik olarak semt açısı belirleme yöntemi uygulanmış ve yıldırım olaylarının gerçekleştiği nokta konumlarına ait doğrultular belirlenmiştir. Bu uygulama Harran Üniversitesi Kampüsünde kurduğumuz kuzey-güney ve doğu-batı doğrultulu konumlandırılan 200 metre uzunluğundaki iki dipol üzerinden yapılan yıldırım kaynaklı yerelektrik değişimlerinin ölçümleriyle gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, 8-9 Mart 2024 tarihlerinde gerçekleşen yıldırım olayları nokta konumlarına ait doğrultuların belirlenmesine yönelik yapılan hesaplamalarda TÜBİTAK tarafından desteklenen 122Y365 numaralı projenin yerelektrik gözlemleri karşılaştırmalı olarak kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Atmosfer, Yıldırım, Yerelektrik, Semt Açısı, Doğrultu Belirleme*

Abstract

The electrical charge imbalance in the atmosphere generally occurs as a result of the separation of positive and negative charges within storm clouds (cumulonimbus). When this charge imbalance reaches a critical potential level between the cloud and the ground, a flow of electrons occurs, which is called lightning. During lightning, a large amount of energy is released, accompanied by high temperatures and a sudden flash of light (lightning discharge), and the sound of the discharge propagates through the air at approximately 340 m/s. Lightning is a natural phenomenon that can cause significant damage to human structures, often resulting in fires, power outages, and loss of life. Lightning detection and prevention is an important area of research for weather monitoring systems and protection technologies. Advanced detection systems provide critical contributions to aviation safety and risk management by determining the time and location of lightning strikes. The location of lightning strikes is typically determined using multiple sensors and measurement methods based on time differences. In this study, an application was performed to determine the direction of the signal source using two intersecting

perpendicular dipoles. The direction between the station where the voltage measurements were taken and the location of the lightning strike was determined from the ratio of the voltage measurements from both dipoles. In geodetic studies, the bearing angle is commonly referred to as the azimuth and is used to express the angle between two separate ground directions, one of which is north. In this study, the method of geodetic determination of azimuth was applied to the ratio of geoelectric measurements from two perpendicular dipoles and the directions to the locations of lightning events were determined. This application was carried out using measurements of lightning-induced geoelectric changes made on two dipoles, each 200 meters long and positioned in the north-south and east-west directions, installed on the campus of Harran University. In this study, the geoelectric observations of the project 122Y365 supported by TUBITAK were used comparatively in the calculations made to determine the directions of the point locations of the lightning events which occurred on March 8-9, 2024.

Keywords: *Atmosphere, Lightning, Geoelectric, Bearing Angle, Determination of Direction*

Uydu Teknikleri ile Elde Edilen Zaman Serilerinin Tekil Spektrum Analizi

Singular Spectrum Analysis of Time Series Obtained by Satellite Techniques

Mehmet Ali Uğur[1,✉], İbrahim Tiryakioğlu[1,2], Mustafa Yılmaz[1], Hediye Erdoğan[3]

[1]*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 03200, Afyonkarahisar*
[2]*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi, 03200, Afyonkarahisar*
[3]*Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray*

✉*maliugur@aku.edu.tr*

Özet

Sürekli Çalışan Referans İstasyonları (Continuously Operating Reference Station – CORS) belirli bir noktada sürekli GNSS ölçümleri gerçekleştiren alıcılardır. Küresel ve bölgesel GNSS ağlarında tesis edilen bu alıcılar, GNSS koordinat zaman serilerinin sürekli ve düzenli olarak elde edilmesine ve konumla ilgili değişikliklerin tespit edilip izlenmesine olanak tanımaktadır. Bu zaman serilerinden istenilen sinyallerin ve bilgilerin alınabilmesi için çeşitli analizler gerekmektedir. Bu çalışmada, GNSS zaman serilerini analiz etmek ve anlamlı sinyalleri çıkarmak için Robust Kestirimi (RK) ve Tekil Spektrum Analizi (TSA) olmak üzere gelişmiş zaman serisi analiz yöntemleri kullanılmıştır. GNSS zaman serileri sıklıkla aykırı değerler ve normal dağılımda olmayan gürültü içerir. Bu sebeple RK yöntemi aykırı değerlere karşı daha az duyarlı olacak şekilde tasarlanmış olup veri anormalliklerinde daha güvenilirdir. TSA, GNSS zaman serilerini analiz etmek ve yorumlamak için veri güdümlü bir tekniktir. Bu yönteminin temeli; orijinal zaman serisini, yavaşça değişen trend, salınımlı bileşenler ve yapısal olmayan gürültü gibi bağımsız ve yorumlanabilir bileşenlerin toplamıyla ifade etmesine dayanmaktadır. Marmara bölgesinde yer alan TUSAGA-Aktif istasyonları zaman serileri iki farklı yöntem ile analiz edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda, uzun dönemli genel trend ve periyodik hareketlerin takip edilmesinde her iki yöntem de güvenilir sonuçlar verirken, kısa dönemli geçici hareketlerin varlığında TSA'nın daha üstün performans sergilediği gözlemlenmiştir. Bu bulgular, periyodik etkinin sabit kaldığı durumlarda her iki yöntemin kullanılabileceğini, ancak karmaşık yapıdaki zaman serilerin analizi ve geçici sinyallerin tespiti için TSA'nın tercih edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Çalışmamızın sonucu olarak, araştırmacıların veri setinin büyüklüğünü, analiz amaçlarını, analiz edilen sürecin doğasını, zaman serisinin yapısını ve elde edilmek istenen sonuçların hassasiyetini dikkate alarak uygun yöntemleri tercih etmeleri önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *GNSS, Zaman Serileri, Robust Kestirimi, Tekil Spektrum Analizi*

Abstract

Continuously Operating Reference Stations (CORS) are receivers that perform continuous GNSS measurements at a specific location. These receivers, established in global and regional GNSS networks, enable the continuous and regular acquisition of GNSS coordinate time series, allowing for the detection and monitoring of location-related changes. Various analyses are required to extract the desired signals and information from these time series. In this study, advanced time series analysis methods, namely Robust Estimation (RE) and Singular Spectrum Analysis (SSA), were used to analyze GNSS time series and extract meaningful signals. GNSS time series often contain outliers and noise that does not follow a normal distribution. Therefore, the RE method is designed to be less sensitive to outliers and is more reliable in the presence of data anomalies. SSA is a data-driven technique for analyzing and interpreting GNSS time series. The foundation of this method is based on expressing the original time series as a sum of independent and interpretable components, such as slowly varying trends, oscillatory components, and structural noise. The time series of CORS-Tr stations located in the Marmara region were analyzed using two different methods, and the results were compared. As a result of these comparisons, while both methods provided reliable results in tracking long-term general trends and periodic movements, it was observed that SSA exhibited superior performance in the presence of short-term transient movements. These findings suggest that both methods can be used when the periodic

effect remains stable, but SSA should be preferred for analyzing complex time series structures and detecting transient signals. As a conclusion of our study, it is recommended that researchers consider the size of the dataset, the objectives of the analysis, the nature of the process being analyzed, the structure of the time series, and the sensitivity of the desired outcomes when selecting appropriate methods.

Keywords: *GNSS, Time Series, Robust Estimation, Singular Spectrum Analysis*

GNSS Hız ve Konum Verilerine Dayalı Kümeleme Analizi ile Anadolu Plakası'ndaki Tektonik Blok Sınırlarının Belirlenmesi

Determination of Tectonic Block Boundaries in the Anatolian Plate Using Clustering Analysis Based on GNSS Velocity and Location Data

Şeyma Şafak Yaşar[1,✉]), İbrahim Tiryakioğlu[1], Bahadır Aktuğ[2], Çağlar Özkaymak[1], Hediye Erdoğan[3]

[1]*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon*
[2]*Ankara Üniversitesi, Ankara*
[3]*Aksaray Üniversitesi, Aksaray*

✉*ssafak@aku.edu.tr*

Özet

Plaka hareketlerini anlamak ve tektonik aktiviteleri değerlendirmek amacıyla blok model çalışmaları geçmişten günümüze değin önemli araştırma alanlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Blok modellerin, yer kabuğundaki hareketleri ve meydana gelen deformasyonları gerçekçi bir şekilde yansıtabilmesi için blok sınırlarının da doğru bir şekilde belirlenmesi önemlidir. Blok modelleri üretilirken, blok sınırlarının tespitinde çeşitli parametreler göz önüne alınmaktadır. Ancak gelişen teknoloji ile bu gibi parametrelerin daha önceden elde edilmesi gerekmeksizin denetimsiz makine öğrenimi uygulamaları ile objektif bir değerlendirme yapmak mümkün olmuştur. Geçen son on yılda makine öğrenimi algoritmalarının jeodezik modelleme çalışmalarında kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Özellikle temel amacı veri noktalarını benzerliklerine göre gruplandırarak veriler arasındaki ilişkileri tespit etmeye olanak sağlayan denetimsiz makine öğrenimi algoritmaları önem kazanmıştır. Bu noktada denetimsiz makine öğrenimi içinde yer alan kümeleme analizi uygulamaları jeodezik modelleme çalışmalarında kendine yer bulmuştur. Jeodezik modelleme çalışmalarında kümeleme analizinin kullanılmasıyla beraber tektonik açıdan gizli kalmış keşfedilebilir. Bu durum kümeleme analizi uygulamalarının günümüzde jeodezik modellemeye yardımcı bir araç olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Literatürde kümeleme analizi yalnızca GNSS hızları kullanılarak farklı çalışmalarda test edilmiştir. Yapılan çalışmalarda ana fay zonlarını bu analizlerin çok iyi tespit edebildiği görülmüştür. Bu çalışmada diğerlerinden farklı olarak Anadolu Plakası, kümeleme analizi ile farklı parametreler kullanılarak incelenmiştir. Plaka üzerinde yer alan 841 adet GNSS noktasına ait yatay hız ve konum verisi çeşitli çalışmalardan temin edilmiştir. Temin edilen veriler kullanılarak plakada en uygun küme sayısının kaç olabileceği Elbow Method, Silhoutte Score, Davies Bouldin Index ve Calinski Harabasz Score algoritmaları ile araştırılmıştır. En uygun küme sayıları bu algoritmalar aracılığıyla 7 ve 9 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca Anadolu Plakası'nda kümeleme analizinde kullanılacak noktalar üzerinde sentetik hız verisi üretilmiştir. Bu veri ile kullanılacak algoritma ve modelin test edilmesi sağlanmıştır. Bu test için dama tahtası testi kullanılmıştır. Daha sonra Anadolu Plakası üzerindeki noktalarda K-Means kümeleme analizi algoritması kullanılarak 7 ve 9 küme sayılarında analiz yapılmıştır. Elde edilen analiz sonucunda üretilen her kümenin sınırı, blok sınırı olarak kabul edilmiştir. K-Means algoritması sonucu elde edilen blok sınırlarının literatürde ifade edilen bir çok blok sınırı ile uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrıca Anadolu Plakası'nda literatürde daha önce tanımlanmayan yeni sınırlar keşfedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Blok Model, Kümeleme Analizi, K-Means, Anadolu Plakası*

Abstract

Block modelling analysis has long been an important area of research for understanding plate movements and evaluating tectonic activity. The accuracy of block boundaries is critical to the representation of crustal movement and deformation in block models. During the development of block models, various parameters are taken into account in the determination of block boundaries. However, as technology has advanced, it has become possible to perform objective evaluation using unsupervised machine learning algorithms without the need to obtain such parameters beforehand. The use of machine

learning algorithms in geodetic modelling studies has been increasingly observed over the last decade. Unsupervised machine learning algorithms have become increasingly important, particularly for their ability to identify relationships among data by classifying data points based on their similarities. At this point, cluster analysis methods within unsupervised machine learning have found their place in geodetic modelling studies. With the use of cluster analysis in geodetic modelling studies, it is possible to discover unidentified structures. This shows that cluster analysis methods can be used today as an additional technique for geodetic modelling. Cluster analysis using only GNSS velocities has been tested in several studies in the literature. It has been observed that these analyses have been quite successful in the identification of major fault zones. The Anatolian Plate was examined by cluster analysis using different parameters in this study, in contrast to other studies. The horizontal velocity and location data of 841 GNSS points on the plate were obtained from several studies. Using the data obtained, the optimum number of clusters in the plate was determined using the Elbow Method, Silhoutte Score, Davies Bouldin Index and Calinski Harabasz Score algorithms. The most appropriate cluster numbers were determined as 7 and 9 by these algorithms. In addition, synthetic velocity data were generated for the points to be used in the clustering analysis on the Anatolian Plate. With this synthetic data, the algorithm and model to be used are tested. For this test, a checkerboard test was used. The points on the Anatolian Plate were then analysed into 7 and 9 clusters using the K-means cluster analysis method. The block boundaries were defined by the boundaries of the clusters resulting from the analysis. It was observed that the block boundaries obtained as a result of the K-Means method were compatible with several block boundaries described in the literature. In addition, new boundaries have been discovered in the Anatolian Plate that were not previously recognised in the literature.
Keywords: *Block Model, Cluster Analysis, K-Means, Anatolian Plate*

Anadolunun Güneyi ve Kıbrıs'ın Kinematiğinin GNSS gözlemleriyle incelenmesi

Kinematics of the southern Anatolia and Cyprus with GNSS Observations

Volkan Özbey[1,✉], Ali Mehmet Celal Şengör[2], Pierre Henry[3], Mehmet Sinan Özeren[4], Alan John Haines[5], Elliot C. Klein[6], Ergin Tarı[1], Cengiz Zabcı[2]

[1]*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, İstanbul, Türkiye*
[2]*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloi Bölümü, 34469 Maslak, İstanbul, Türkiye*
[3]*Aix-Marseille Universite, CNRS, IRD, INRA, Coll France, CEREGE, Aix-en-Provence, Fransa*
[4]*İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Katı Yer Bilimleri, 34469 Maslak, İstanbul, Türkiye*
[5]*GNS Science, Institute of Geological and Nuclear Sciences Ltd, Lower Hutt, Yeni Zellanda*
[6]*FM Global, Research Division, Norwood, MA, Amerika Birleşik Devletleri*

✉*ozbeyv@itu.edu.tr*

Özet

Doğu Akdeniz'in tektoniğini Arabistan, Afrika ve Avrasya levhalarının etkileşimi şekillendirmektedir. Anadolu bloğu ise bu üç ana levhanın birbirine göre hareketleri kaynaklı batıya doğru gitmektedir. Günümüzde Arabistan levhası ve Anadolu bloğu arasındaki tektonik sınır, Doğu Anadolu Fay zonu (DAFZ) olarak adlandırılan sol yanal bir transform faydır. Afrika ile Arabistan levha sınırı ise yine sol yanal bir transform fay olan Ölü Deniz Fay zonudur. Öte yandan Afrika'nın Anadolu'ya dalma-batma hareketi batıda Helen Yayı, doğuda ise Kıbrıs yayını meydana getirmektedir. Kahramanmaraş üçlü eklemi, Ölü Deniz Fay zonu, DAFZ ve Kıbrıs Yayı'nın kesiştiği yerdir.

Bu çalışma, Kıbrıs ve Türkiye'nin güneyini kapsayan bir GNSS (Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri) hız alanı kullanılarak geliştirilen kinematik modellerin sonuçlarını içermektedir. Kampanya istasyonlarıyla sıklaştırılan sürekli gözlem yapan GNSS ağının uzun süreli zaman serileri değerlendirilerek geliştirilen kinematik modeller yüksek çözünürlüklü güncel sınır koşullar ve Kıbrıs'a özgü iç deformasyonu da irdelemeyi amaçlamaktadır. Buna ek olarak, 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş üçlü eklem bölgesinde DAFZ'nda meydana gelen Mw (moment büyüklüğü) 7.8 Pazarcık depremi ve Çardak Fayı üzerindeki Mw 7.6 Elbistan depremlerinin kinematik bağlamı intersismik döneme ait kinematik modeller üzerinden tartışılacaktır. Sürekli ortamlar modeli özellikle Kahramanmaraş üçlü eklemi ve çevresindeki genleme (strain) birikiminin sadece Doğu Anadolu fayı üzerinde değil çevredeki diğer faylarda da olduğunu kanıtlamaktadır. Geliştirilen blok model ise blok sınırlarının (fayların) yıllık hızlarını kestirmektedir. Bununla birlikte yüksek çözünürlüklü hız alanı ve blok model yaklaşımının temel ilkelerinden yararlanarak Sina-Anadolu Euler Kutup parametreleri hesaplanıp, geçmiş çalışmalarla farkları irdelenmektedir. Kıbrıs'ta gerçekleştirilen GNSS gözlemleri ve geliştirilen blok model hem "Kıbrıs bloğunun" varlığını açığa çıkarmakta hem de adanın güneyindeki Kıbrıs Yayı ile kuzeyindeki Beşparmak fayı arasındaki genleme bölümlenmesini ortaya koymaktadır. Kinematik modeller tektonik karmaşıklığın Kahramanmaraş üçlü eklemine yaklaştıkça arttığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *İntersismik deformasyon, Kinematik model, Kahramanmaraş üçlü eklemi*

Abstract

The tectonics of the Eastern Mediterranean is governed by the interaction of the Arabia, Africa and Eurasia plates. The Anatolian block is moving westward due to the relative movements of these three main plates. The tectonic boundary between the Arabian plate and the Anatolian block is a left-lateral transform fault called the Eastern Anatolian Fault zone (EAFZ). The plate boundary between Africa and Arabia is the Dead Sea Fault zone, which is also a left lateral transform fault. The subduction of the Africa plate onto Anatolia forms the Hellenic Arc in the west and the Cyprus Arc in the east. The

Kahramanmaras triple junction is located at the intersection of the Dead Sea Fault zone, the EAFZ and the continuation of Cyprus Arc.

This study presents the results of kinematic models developed using a GNSS (Global Navigation Satellite Systems) velocity field from Cyprus and southern Türkiye. These models, derived from the long-term time series of both continuous and survey-mode GNSS stations, aim to provide updated, high-resolution boundary conditions of the region and insights into the internal deformation of Cyprus. In addition, the kinematic interpretation of the February 6, 2023 Mw 7.8 Pazarcık and the Mw 7.6 Elbistan earthquakes, which occurred in the DAFZ and the Çardak Fault (near the Kahramanmaraş triple junction), will be discussed through kinematic models of the interseismic period. The continuum model suggests that the strain around the Kahramanmaras triple junction is not solely accumulated on the East Anatolian fault but also on the other nearby faults. Furtheremore, using the principles of the block model and the high-resolution velocity field, the study calculates the Sinai-Anatolia Euler Pole parameters and compares them with previous research. Both GNSS observations in Cyprus and the block model reveal the existence of the "Cyprus block" and strain partitioning between the Cyprus arc in the south and the Kyrenia fault in the north. The kinematic models demonstrate an increasing tectonic complexity towards the Kahramanmaraş triple junction.

Keywords: *Interseismic deformation, Kinematic modeling, Kahramanmaraş triple junction*

Doğal Afetlerin İzlenmesinde GNSS Kampanya Tipi Ölçümlerdeki Veri Boşluklarının Hızlara Etkisi

The Effect of Data Gaps in GNSS Campaign Type Measurements on Velocities in Monitoring Natural Disasters

Mert Tuna[1,✉], Yener Türen[2]

[1]*Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uygulamalı Bilimler ve Teknoloji Anabilim Dalı*
[2]*Trakya Üniversitesi Edirne Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Harita ve Kadastro Programı*

✉*merttuna@trakya.edu.tr*

Özet

GNSS (*Global Navigation Satellite System*) zaman serileri veri boşlukları, GNSS verilerinin kesintiye uğraması veya eksik olması durumunda ortaya çıkar. Sürekli gözlem yapan istasyonlarda oluşan veri boşluklarının kaynağı temel olarak topografik faktörlere ve atmosferik koşullara bağlı uydu görüşü ve teknik sorunlar sonucu oluşan sinyal kesiklikleridir. Kullanıcıdan bağımsız olan bu durum, kampanya tipi ölçülerle oluşan zaman serilerinde ise daha çok noktanın ulaşılabilirliği ve hava koşullarının elverişli olması gibi faktörler ile etkin zaman planlamasına bağlıdır. Öte yandan, doğal afetlerin izlenmesinde bakım maliyetleri ve afet anı sürekli istasyonların zarar görmesi hatta kaybolması gibi durumlardan dolayı kampanya tipi ölçümler tercih edilebilir. Bu durumda elde edilen verilen sıklığı zaten azalacağından, bunun üstüne bir de belli bir periyot sonucu oluşan zaman serilerinde veri boşluklarının olması nokta hızlarında anlamlı değişikliğe yol açabilir.

Yukarıda açıklanan nedenlerden dolayı doğal afetlerin izlenmesi uygulamalarında genelde tercihen yaz aylarında yılda bir ya da ardışık birkaç gün kampanya tipi ölçüm yapılmaktadır. Bu çalışmada, yeryüzünde homojen dağılım olacak şekilde IGS (*International GNSS Service*) ağından seçilen yedi adet istasyon üzerinde bir simülasyon analizi yapılmıştır. Ana motivasyon olarak, kampanya ölçümlerinin dört yıldan az sürede toplanması göz önünde bulundurularak, öncelikle dört yıllık veri boşluksuz sürekli gözlemler oluşturulup, bunlardan ayda bir örneklem aralıkları elde edilmiştir. Daha sonra kuzey yarım küre için kış aylarından başlanarak sırasıyla 4, 6, 8 ve 10 aylık veri boşlukları oluşturulmuştur. Böylece uygulamada tercihen yaz aylarında yılda bir ya da ardışık birkaç gün yapılan kampanya tipi ölçümler simüle edilmeye çalışılmıştır. Tüm durumlar için yukarı ve sağa değerler ile düşey değerler için hız kestirmeleri yapılmıştır. Ayda bir gözlemler başta olmak üzere sırasıyla 4, 6, 8 ve 10 aylık veri boşluklarından kuzey yönünde 0.1 ila 0.5 mm, doğu yönünde 0.2 ila 0.5 mm, düşey yönde 0.5 ila 1.3 mm arasında karesel ortalama hata ile kestirilen hızların test sonuçlarında, özellikle doğu bileşenlerinde %57 oranında anlamlı değişiklikler bulunmuştur. Kampanya tipi ölçümlerde uzun veri boşlukları ya da başka bir deyişle yılda bir veya ardışık birkaç kampanya ölçümleri yapmanın yetersiz olacağı ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: *GNSS Kampanya Ölçmeleri, Veri Boşlukları, Hız Kestirimi*

Abstract

GNSS (Global Navigation Satellite System) time series data gaps occur when GNSS data is interrupted or incomplete. The cause of data gaps at continuously observing stations is primarily signal interruptions caused by satellite visibility affected by topographic factors and atmospheric conditions, as well as technical issues. This situation independent of the user, in the time series formed by campaign-type measurements, is more dependent on factors such as the accessibility of the point and favorable weather conditions, as well as effective time planning. On the other hand, in monitoring natural disasters, campaign-type measurements may be preferred due to maintenance costs and the potential damage or loss of continuous stations during the disaster event. In this case, since the frequency of the data obtained will already decrease, the occur of data gaps in the time series resulting during a certain period can caused to significant changes in point velocities.

For the reasons explained above, in the applications for monitoring natural disasters, campaign measuements are generally conducted preferably in the summer, once a year or for several consecutive days. In this study, a simulation analysis was conducted on seven stations selected from the IGS (International GNSS Service) network where are a homogeneous distribution on the Earth's surface. As the main motivation, considering that campaign measurements are collected in less than four years, initially, four years of continuous observations without data gaps were created, and from these, monthly sample intervals were obtained. Subsequently, starting from the winter months in the northern hemisphere, data gaps of 4, 6, 8, and 10 months were created sequentially. In this way, campaign measurements, typically conducted in the summer months, either once a year or for several consecutive days, were simulated in practice. Velocity estimations were made for the North and East values, as well as for the Vertical values, for all cases. Starting with monthly observations and sequentially with 4, 6, 8, and 10-month data gaps, the test results of the velocities estimated with a root mean square error between 0.1 to 0.5 mm in the north direction, 0.2 to 0.5 mm in the east direction, and 0.5 to 1.3 mm in the vertical direction are founded significant changes as especially in the eastern components at a rate of 57%. It has been demonstrated that long data gaps in campaign-type measurements, or in other words, conducting campaign measurements once a year or for several consecutive days, would be insufficient.

Keywords: *GNSS Campaign Measurements, Data Gaps, Velocity Estimation*

GNSS tekniği ve yapay sinir ağı modeli kullanılarak yağış tahmini

Precipitation forecast using GNSS technique and artificial neural network model

Bilal Mutlu[1,✉], Serdar Erol[1]

[1]*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü*

✉*mutlubil@itu.edu.tr*

Özet

Atmosferin yeryüzüne en yakın tabakası olan troposferdeki meteorolojik olaylar GNSS sinyallerini etkilemekte, sinyallerin yeryüzüne ulaşımını geciktirmektedir. Bu troposferik gecikme değerlerinin bir fonksiyonu olarak hesaplanan yoğuşabilir su buharı (PWV) değeri ise ortaya çıkacak potansiyel yağış bilgisinin bir göstergesidir. Küresel ısınmanın etkisiyle oluşan dengesiz hava olayları düşünüldüğünde, yakın-gerçek zamanlı hava durumu tahminlerinde meteorolojik istasyon verilerine ek olarak GNSS tabanlı verilerin kullanılması hem mekânsal hem de zamansal çözünürlüğü arttırmak amacıyla önemli hale gelmiştir. Yağış fenomeni, dolaylı veya direkt olarak birçok meteorolojik parametrenin fonksiyonu olduğu için, tüm bu verilerin aynı anda kullanıldığı bir derin öğrenme modelinin performansının araştırılması önemli bir çalışma konusudur. Bu çalışma kapsamında, GNSS ve meteorolojik istasyon verilerini giriş verisi olarak kullanan yapay sinir ağları (YSA) yaklaşımı ile, yağışların kısa vadeli tahmini gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 30 dakikalık yağış tahmini için ileri beslemeli doğrusal olmayan otoregresif dışsal girdili (Nonlinear Autoregressive Exogenous Model – NARX) sinir ağı modeli kullanılmıştır. Modelin girdileri olarak, GNSS tabanlı troposferik gecikme (ıslak, kuru, toplam) ve PWV değerleri; GNSS istasyonuna ait meteorolojik algılayıcıdan elde edilen bağıl nem, basınç, ıslak ve kuru sıcaklık ölçüleri ve NASA'nın Küresel Yağış Ölçümü için Entegre Çoklu Uydu Ölçmeleri (IMERG) projesinin yağış oranı verileri, kullanılmıştır. Yapay sinir ağı mimarisi 10 nöronlu gizli bir katman ve 1 nöronlu çıkış katmanından oluşmakta olup aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu tercih edilmiştir. Çalışmada, GNSS verisi olarak Uluslararası GNSS Servisi (IGS) ağının ISTA istasyonunun 2021 yılı 30 saniye aralıklı gözlem verileri kullanılmıştır. Troposferik gecikme değerleri açık kaynak kodlu PRIDE PPP-AR yazılımı kullanılarak hesaplanmış olup, bu gecikme değerlerinden PWV değerleri türetilmiştir. Modelin giriş verileri, %60 eğitim, %10 doğrulama ve %30 test olarak gruplandırılmıştır. Kestirilen yağış oranı değerleri, eğer 0 mm/saat ise yağmursuz hava, 5 mm/saat den düşük ise hafif yağmurlu hava ve 5 mm/saat den yüksek ise şiddetli yağmurlu hava olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Modelin performansını değerlendirmek için kestirim sonucu oluşan sınıflandırma ile olması gereken sınıflar karşılaştırılmış ve genel sınıflandırma başarısının %90'ın üzerinde olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: *GNSS, Troposfer, PWV, YSA*

Abstract

Meteorological events in the troposphere, which is the lowest layer of the atmosphere, affect GNSS signals and delay the signals from reaching the Earth's surface. The precipitable water vapor (PWV) value calculated as a function of these tropospheric delay values is an indicator of the potential precipitation information that will emerge. Considering the unstable weather events caused by global warming, the use of GNSS-based data in addition to meteorological station data in near-real-time weather forecasts has become important in order to increase both spatial and temporal resolution. Numerous meteorological parameters influence precipitation, both directly and indirectly. Therefore, analyzing how a deep learning model performs when utilizing all of this data at once is a crucial area of research. Within the scope of this study, short-term precipitation prediction was carried out using the artificial neural network (ANN) approach, using GNSS and meteorological station data as input. This

study used a feed-forward nonlinear autoregressive exogenous (NARX) neural network model for 30-minute precipitation prediction. As inputs to the model, GNSS-based tropospheric delay (wet, dry, total) and PWV values; relative humidity, pressure, wet and dry temperature measurements obtained from the meteorological sensor of the GNSS station; and precipitation rate data of NASA's Integrated Multi-satellite Retrievals for Global Precipitation Measurement (IMERG) project were used. The artificial neural network architecture consists of a 10-neuron hidden layer and a 1-neuron output layer, and the sigmoid function was preferred as the activation function. In this study, GNSS observation data with a 30-second sampling rate of the ISTA station of the International GNSS Service (IGS) network in 2021 were used. Tropospheric delay values were calculated using the open-source PRIDE PPP-AR software, and PWV values were derived from these delay values. The input data of the model were grouped as 60% training, 10% validation and 30% test. The predicted precipitation rate values were classified as no rain if there were 0 mm/hour, moderated rain if there were less than 5 mm/hour, and intense rain if there were greater than 5 mm/hour. In order to evaluate the performance of the model, the classification resulting from the prediction was compared with the true classes, and it was found that the overall classification success was over 90%.

Keywords: *GNSS, Troposphere, PWV, ANN*

Üç Boyutlu Simetrik Benzerlik Dönüşümünde Varyans Bileşen Kestiriminin Performans Analizi

Performance Analysis of Variance Component Estimation in Three Dimensional Symmetric Similarity Transformation

Süreyya Özgür Uygur[1,✉], Cüneyt Aydın[1]

[1]*Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul*
[2]*Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul*

✉*ozguruygurjfm@gmail.com*

Özet

Üç boyutlu (3B) benzerlik dönüşümü algoritmaları jeodezik çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Dönüşüm parametrelerinin belirlenmesinde izlenen yaygın çözüm klasik en küçük kareler (EKK) yöntemidir. Bununla beraber, her iki sistem koordinatlarının da hatalı olması durumunda problemin simetrik dönüşüm modeli altında ele alınması gereklidir. Her iki çözüm yöntemi de parametre kestiriminde kullanılan ortak noktaların homojen olduğu varsayımına dayanır ve tek bir varyans çarpanı göz önünde bulundurulur. Ancak veri setinin heterojen olduğu (farklı yöntemlerde, farklı doğruluklarla elde edildiği) durumlarda bu varsayıma dayalı gerçekleştirilen çözümler ile doğru bir stokastik yapı kurmak mümkün değildir. Bu durumda problem "Varyans Bileşenlerinin de Bilinmeyen Olduğu Simetrik Koordinat Dönüşümü" modeli altında ele alınmalıdır. Diğer bir deyişle, uygun birleştirme işlemi için bu heterojen yapı hem fonksiyonel modelde hem de stokastik modelde göz önünde bulundurulmalıdır.

Varyans bileşenleri bilinmeyen simetrik koordinat dönüşümü probleminin çözümü birbirini takip eden iki iteratif adımdan oluşur. Burada dikkat edilmesi gereken husus, simetrik koordinat dönüşümünde stokastik model biliniyor olmalıyken, varyans bileşen kestiriminde fonksiyonel model doğru olmalıdır. İlk adımda simetrik koordinat dönüşümü işlemi gerçekleştirilirken; ikinci adımda stokastik modele ilişkin bilinmeyen parametrelerin kestiriminde IAUE, MINQUE, LS-VCE, vb. farklı varyans bileşen kestirimi (VBK) algoritmaları kullanılır.

Bu çalışma kapsamında, üç boyutlu simetrik koordinat dönüşümü probleminde varyans bileşen kestiriminin performansı irdelenmiştir. Problem, dördey tabanlı simetrik koordinat dönüşümü modeli altında ele alınmış ve VBK algoritması olarak IAUE (Iterative Almost Unbiased Estimation) kullanılmıştır. İlk olarak, bir jeodezik ağ örneği ele alınmış, elde edilen kestirim sonuçları jeodezik literatürde verilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. İkinci olarak, her biri 100 rasgele örneklem içeren 20 farklı konfigürasyondan oluşan bir simülasyon çalışması tasarlanarak farklı ağ geometrileri için algoritmanın performansı irdelenmiştir.

Bulgular göstermektedir ki, çalışmada kullanılan algoritma tutarlı biçimde çalışmaktadır. VBK algoritmasının başarısının ortak noktaların sayısına bağlı olduğu, nokta sayısı arttıkça başarı oranlarının arttığı gösterilmiştir. Düşük başarı oranları, kullanılan metodolojinin yetersizliğinden ziyade modeli ifade edecek yeterli bilginin mevcut olmamasına bağlıdır.

Anahtar Kelimeler: *Varyans Bileşen Kestirimi, Simetrik Koordinat Dönüşümü, Üç Boyutlu Benzerlik Dönüşümü*

Abstract

Three-dimensional (3D) similarity transformation algorithms are frequently used in geodetic studies. The common solution for determining the transformation parameters is the classical least-squares (LS) method. However, if both system coordinates are erroneous, it is necessary to consider the problem under the symmetric transformation model. Both solution methods are based on the assumption that the

common points used for parameter estimation are homogeneous and a single variance factor is considered. On the other hand, in cases where the data set is heterogeneous (gathered by different methods with different accuracies), it is not possible to establish an accurate stochastic structure with solutions based on this assumption. In this case, the problem should be considered under the model "Symmetric Coordinate Transformation with Unknown Variance Components". In other words, this heterogeneous structure should be taken into account both in the functional model and in the stochastic model for proper combination.

The solution of the symmetric coordinate transformation problem with unknown variance components consists of two successive iterative steps. Here, it is worth noting that the stochastic model should be known in symmetric coordinate transformation, while the functional model should be correct in variance component estimation. In the first step, the symmetric coordinate transformation is performed, while in the second step, different variance component estimation (VCE) algorithms such as IAUE, MINQUE, LS-VCE, etc. are used to estimate the unknown parameters of the stochastic model.

In this study, the performance of variance component estimation in three-dimensional symmetric coordinate transformation problem is examined. The problem is considered under the quaternion-based symmetric coordinate transformation model and IAUE (Iterative Almost Unbiased Estimation)-based VCE algorithm. First, a geodetic network example is considered and the estimation results are compared with the results given in the geodetic literature. Secondly, a simulation study consisting of 20 individual configurations each of which includes 100 random samples is designed and the performance of the algorithm is analyzed for different network configurations.

The results show that the algorithm used in this study works quite well. It has been shown that the success of the VCE algorithm depends on the number of common points, and the success rates increase as the number of points increases. The low success rates are due to insufficient information to express the model, rather than any inadequacy in the methodology used.

Keywords: *Variance Component Estimation, Symmetric Coordinate Transformation, Three Dimensional Coordinate Transformation*

Göl Derinliklerinin Gravite Anomalisi Hesaplamalarına Dahil Edilmesi

Incorporating Lake Depths for Gravity Anomaly Computations

Sevda Olgun[1], **Aydın Üstün**[1, ✉]

[1]*Kocaeli Üniversitesi, Harita Mühendisliği, Kocaeli, Türkiye*

✉*aydin.ustun@kocaeli.edu.tr*

Özet

Geleneksel jeoit kestirimi ve gravite anomalisi hesaplamalarında, göl derinlikleri ve deniz batimetri verileri sıklıkla göz ardı edilir ve bu su kütlelerinin yüzeyleri kara yüzeyi olarak değerlendirilir. Ancak, bu basitleştirilmiş yaklaşım, özellikle geniş göller ve derin su kütleleri söz konusu olduğunda önemli hatalar doğurabilir. Su ve kara kitleleri arasındaki yoğunluk farkı, kütle temsillerinde yanlışlıklara yol açarak, yerçekimsel etkiden sapmalara neden olabilir. Böyle durumlarda, geleneksel yöntemlerle elde edilen gravite anomalisi sonuçları, hatalı tahminler içerebilir. Bu sorunu çözmek amacıyla, batimetrik verilerin Dijital Yükseklik Modelleri (DEM'ler) ile entegrasyonunu sağlayan yeni bir yöntem önerilmektedir. Bu yöntem, topoğrafik düzeltme hesaplamaları sırasında göllerin ve denizlerin batimetrik özelliklerini dikkate alarak daha doğru yerçekimsel etkiler sunmayı hedeflemektedir. Önerilen hesaplama yöntemi, hesaplama noktası ile su kütlesinin göreceli konumunu ve su derinliklerinin etkisini göz önünde bulundurmaktadır. Özellikle göllerin derinlikleri ve bu derinliklerin hesaplama noktası seviyesinin altında veya üstünde olma durumu, sonuçları büyük ölçüde etkilemektedir. Benzer şekilde, deniz batimetrisinin de bu düzeltmelere dahil edilmesiyle daha hassas sonuçlar elde edilmektedir. Bu çalışmada, batimetrik düzeltmeleri topoğrafik düzeltmelere dahil eden algoritmanın farklı kombinasyonları tanıtılacaktır. Algoritmanın çalışma prensibi, kullanılan hesaplama teknikleri, göller ve denizler üzerindeki uygulama örnekleri detaylı bir şekilde sunulacaktır. Yapılan analizler, batimetrik verilerin dahil edilmesinin, Bouguer anomalisi değerlerinde kayda değer farklılıklar oluşturabileceğini ve bazı durumlarda sapmaların onlarca mGal'e kadar ulaşabileceğini ortaya koymaktadır. Bu yöntem, büyük su kütlelerine sahip bölgelerde yapılan jeodezik ve jeofizik çalışmalarda jeoit ve gravite anomalisi tahminlerinin doğruluğunu artırmak açısından son derece önemlidir. Bu çalışma, yerçekimsel hesaplamaların doğruluğunu artırmak için batimetrik verilerin kullanılması gerektiğini vurgulamakta ve büyük su kütlelerine sahip göllerin olduğu bölgelerdeki gravite alanıyla ilgili araştırmalar için önemli bir katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Topoğrafik düzeltmeler, Batimetri, Göl derinliği, Küresel yaklaşım, Tamamlanmış Bouguer anomalileri*

Abstract

In traditional geoid estimation and gravity anomaly calculations, lake depths and marine bathymetry data are often omitted, with the surfaces of these water bodies generally treated as land surfaces. However, this simplified approach can lead to significant errors, particularly in the case of large lakes or deep water bodies. The density difference between water and land can cause inaccuracies in mass representations, resulting in deviations from the actual gravitational effect. In such situations, the gravity anomaly results obtained through conventional methods can contain wrong estimates. To address this issue, a new method is proposed that integrates bathymetric data with Digital Elevation Models (DEMs). This method aims to provide more accurate gravitational effects by considering the bathymetric characteristics of lakes and seas during terrain correction calculations. The proposed calculation method considers the relative position of the water body to the calculation point and the impact of water depths. Specifically, the depth of lakes and whether these depths are below or above the level of the calculation point significantly influence the results. Similarly, including marine bathymetry in these corrections yields more precise results. In this study, different combinations of the algorithm that incorporates bathymetric corrections into terrain corrections will be introduced. The operation of the algorithm, the calculation techniques used, and application examples for lakes and seas will be presented in detail. The

analyses conducted demonstrate that incorporating bathymetric data can result in substantial differences in Bouguer anomaly values, with deviations reaching several dozen mGal in some cases. This method is crucial for improving the accuracy of geoid and gravity anomaly predictions in geodetic and geophysical studies conducted in regions with large water bodies. This study emphasizes the need to use bathymetric data to enhance the accuracy of gravitational calculations and offers a significant contribution to geodetic and geophysical research in areas with large lake bodies.

Keywords: *Terrain correction, Bathymetry, Lake depth, Spherical approximation, Complete Bouguer anomalies*

Sıcaklık Stabilizasyonulu SIMU ile Yersel Mobil ve Hava Gravimetrisi

Terrestrial Mobile and Airborne Gravimetry with Temperature-Stabilized SIMU

Yunus Aytaç AKDOĞAN[1,✉], Murat DURMAZ[2], Hasan YILDIZ[1]

[1] *Harita Genel Müdürlüğü, 06590 Ankara,*
[2] *Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 06800 Ankara*
✉*yunusaytac.akdogan@harita.gov.tr*

Özet

Harita Genel Müdürlüğü (HGM) koordinatörlüğünde 2015-2020 yılları arasında gerçekleştirilen "Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu ve Gravite Altyapısının İyileştirilmesi" projesi kapsamında Türkiye Jeoid Modeli (TG-2020) hesaplanmıştır. Bu modelin hassasiyeti 1-3 cm doğrulukta olup, 1-3 km konumsal çözünürlüğe sahiptir. Türkiye genelinde 1 cm doğruluğa ve 1 km konumsal çözünürlüğe sahip bir jeoit belirleme amacıyla HGM tarafından gravite verilerinin sıklaştırılması çalışmaları devam etmektedir. Ancak, statik yersel gravimetri ile yapılan bu çalışmaların maliyetli ve zaman alıcı olması, hava ve mobil gravimetri yöntemlerini alternatif olarak gündeme getirmiştir. 2019 yılından itibaren, HGM tarafından GNSS ile entegreli sıcaklık stabilizasyonuna sahip iCORUS Analitik Ataletsel Navigasyon Sistemi (SIMU) kullanılarak hava gravimetresi çalışmalarına başlanmıştır. iTempStab teknolojisi ile sıcaklık stabilizasyonu sağlanarak, ölçümler boyunca sıcaklık dalgalanmalarından kaynaklanan hatalar minimize edilmiştir. Hava gravimetresi ile toplanan veriler, Analitik Hava Gravimetrisi (Strapdown Airborne Gravimetry - SAG) veri işleme yazılımı ile analiz edilmekte, gravite değerleri uçuş yüksekliğinde elde edilmektedir. Bu yöntemle elde edilen gravite verilerinin Yeryüzüne indirgenmesi için aşağı uzanım yöntemleri kullanılmakta, bu süreçte ise topoğrafya modeline bağlı hatalar meydana gelebilmektedir. Ayrıca, hava gravimetresinde ilave statik ölçü güncellemeleri yapılamadığından, ölçme doğruluğunu sınırlayan faktörler bulunmaktadır. Bu sınırlamaları aşmak amacıyla, yersel mobil gravimetri sistemi geliştirilmiştir. Mobil gravimetride, iCORUS SIMU sistemi ve GNSS entegrasyonu kullanılarak doğrudan Yeryüzünde ölçü yapılabilmekte ve bu sayede aşağı uzanım kaynaklı hatalar önlenebilmektedir. Ayrıca, Genişletilmiş Kalman Filtresine (EKF) statik olarak gravitenin düşey bileşeni, sıfır gravite gradyanı ve sıfır hız güncellemeleri gibi ilave ölçü güncellemeleri yapılabilmektedir. Bu çalışmada, hava gravimetresi ile mobil gravimetre arasındaki EKF parametreleri ve ilave ölçü güncellemeleri farklılıkları incelenmiş ve bu iki yöntem karşılaştırılmıştır. Hava gravimetresi genellikle geniş alanlarda hızlı veri toplama açısından avantajlı olsa da, yersel mobil gravimetri daha yüksek doğruluk ve çözünürlük sağlamakta, yerel topografik hatalardan kaçınma ve statik ölçü güncellemeleri yapabilme gibi önemli avantajlar sunmaktadır. Çalışmanın bulguları, mobil gravimetrenin jeofizik araştırmalar için büyük bir potansiyele sahip olduğunu ve hassas gravite verisi gerektiren bilimsel ve mühendislik uygulamaları için kullanılabilir bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Mobil gravimetre, SIMU/GNSS, EKF, sıcaklık stabilizasyon sistemi.*

Abstract

The Turkish Geoid Model (TG-2020) was calculated using gravity data obtained within the scope of the "Türkiye Height System Modernization and Gravity Recovery" project, carried out under the coordination of the Directorate General for Mapping (DGM) between 2015-2020. The accuracy of this model is within 1-3 cm with a spatial resolution of 1-3 km. In line with efforts to achieve a 1 cm accuracy and 1 km spatial resolution geoid across all of Türkiye, DGM continues to densify the gravity data. However, the high costs and time-consuming nature of static terrestrial gravimetry have brought airborne and mobile gravimetry methods forward as alternative solutions. Since 2019, DGM has begun airborne gravimetry studies using the iCORUS Strapdown Inertial Navigation System (SIMU) integrated with GNSS and equipped with temperature stabilization. With the iTempStab technology, temperature stabilization is maintained during measurements, minimizing errors caused by temperature

fluctuations. The raw data collected from airborne gravimetry is analyzed using Strapdown Airborne Gravimetry (SAG) processing software to obtain gravity values at flight altitude. The gravity data obtained by this method is reduced to the Earth's surface using downward continuation methods, which can introduce errors depending on the topographic model. Furthermore, the inability to perform additional static measurement updates in airborne gravimetry limits the accuracy of these measurements. A terrestrial mobile gravimetry system has been developed to overcome these limitations. In mobile gravimetry, measurements are taken directly on the Earth's surface using the iCORUS SIMU system integrated with GNSS, avoiding errors associated with downward continuation. Moreover, Extended Kalman Filter (EKF) can incorporate additional static measurement updates, such as the vertical component of gravity, zero gravity gradient and zero velocity updates. In this study, the differences between EKF parameters and additional measurement updates in airborne and mobile gravimetry are investigated, and these two methods are compared. While airborne gravimetry is advantageous for rapid data collection over large areas, terrestrial mobile gravimetry provides higher accuracy and spatial resolution, offering significant advantages such as avoiding local topographic errors and enabling static measurement updates. The findings of this study confirm that mobile gravimetry not only has great potential for geophysical research but is also a viable method for scientific and engineering applications requiring precise gravity data.

Keywords: *Mobile gravimetry, SIMU/GNSS, EKF, temperature stabilization system.*

Afet Yönetiminde 3B Akıllı Şehir Modellerinden Yararlanma

Utilizing 3D Smart City Models in Disaster Management

Hamdi Seçilmiş[1,✉], Orhan KURT[2]

[1]*SeçGeo, Cumhuriyet Mahallesi, 7560 Sok. No:4,B1-26 Daire:8 Merkez/Aksaray.*
[2]*Kocaeli Üniversitesi, Umuttepe Yerleşkesi, Mühendislik Fakültesi A Blok, Harita Müh. Böl., 41380 İzmit/Kocaeli.*

✉*hamdi.secilmis@gmail.com*

Özet

Akıllı Şehir, her türlü afet de deprem, sel ve covid-19 gibi kitlesel olaylar da şehri kontrol altına alabilmek ve kitleleri yönlendirebilmek için oluşturulan bir sistemdir. Akıllı Şehir oluşturabilmek için şehrin modellenebilmesi ve ölçülebilir olması gerekir. Devamın da alınacak kararlar da, veri odaklı, şehir yönetimine yönelik sürekli güncellenen verilere dayalı mekansal zekanın geliştirilmesi gerekir. Bu çalışmada, açık kaynaklı kodlar ile desteklenerek geliştirilen 3B-WEB tabanlı bir yazılım ile farklı veri türlerinin birleştirilmesi ve işlenmesi üzerinde durulacaktır. Söz gelimi fay hatları, 3B bina modelleri, yol hatları ve deformasyon hatları ve bize ait diğer ölçü değerlerinin birlikte görselleştirilmesi ve sorgulanabilir hale getirilmesi amaç edinilmektedir.

Akıllı verinin kullanılabilmesi için, bir başlangıç sisteminin kurulması ve kurulan sistem üzerinden verilerin yayınlanması, sorgulanması ve analiz gibi süreçlere tabi olması gerekmektedir. Bu bildiride, akıllı şehir için kurulmuş ve çalışan bir sistem üzerine afet ile ilgili verilerin yüklenmesi, aralarında bağlantılar kurarak sorgulama işlemlerinin yapılabilmesinin altyapısı ve kullanılmasından bahsedilecektir. Kurulan sistemin ileriye dönük ihtiyaç ve isteklerle göre analiz yapacak konuma ulaşacağı, kestirim yöntemleri ve yapay zeka ile desteklenerek belirli komutlara otomatik olarak yanıt verebilecek yapısı üzerinde durulacaktır.

Akıllı veri, eyleme dönüştürülebilir ve karar alma ile alakalı olması için filtrelenen, işlenen ve analiz edilen verileri ifade eder. Bunaltıcı ve yorumlanması zor olabilen ham yapılandırılmamış verilerin aksine, akıllı veri anlamlı içgörüler sağlamak, verimliliği artırmak ve stratejik eylemleri yönlendirmek için rafine edilir. Bir şehrin akıllı olabilmesi için o şehri veri setleri ile modellememiz gerekir. Verileri bilgiye dönüştürmek ve şehirleri aktif bir şekilde doğru bilgi ile yönetebilmek için yerel yönetimler de Mekansal zekanın geliştirilmesi gereklidir.

Bu çalışmada, geliştirilen 3B-WEB tabanlı sisteme ait yazılımın tanıtımı ve gelecek planları üzerinde durulacaktır. Geliştirilen yazılımın Çanakkale ili için farklı kaynaklardan ücretsiz olarak elde edilebilen farklı formatlardaki akıllı verilerin bu yazılım ortamında birleştirilmesi ve sorgulanabilir hale getirilmesi üzerinde durulacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Akılı Veri, Akıllı Şehir, Veri Formatları, Analiz.*

Abstract

Smart City is a system created to control the city and direct the people in all kinds of disasters, earthquakes, floods, and mass events such as COVID-19. To make a Smart City, the city must be modeled and measurable. In the subsequent decisions, data-driven, spatial intelligence based on constantly updated data for city management must be developed. This study will focus on combining and processing different types of data with a 3D-WEB-based software developed with the support of open-source codes. For example, it is aimed to visualize fault lines, 3D building models, road lines deformation lines, and other measurement values belonging to us together and make them queries.

To use smart data, an initial system must be established and the data must be subject to processes such as publishing, querying, and analyzing through the established system. In this report, the infrastructure and use of loading disaster-related data on a system established and working for a smart city, establishing connections between them, and performing query operations will be discussed. The structure of the established system that will reach a position to analyze according to future needs and demands, and will be able to respond automatically to certain commands supported by predictive methods and artificial intelligence will be emphasized.

Smart data refers to data that is filtered, processed, and analyzed to be actionable and relevant to decision-making. Unlike raw unstructured data that can be overwhelming and difficult to interpret, smart data is refined to provide meaningful insights, increase efficiency, and guide strategic actions. For a city to be smart, we need to model that city with data sets. To transform data into information and actively manage cities with accurate information, local governments must develop spatial intelligence.

In this study, the introduction of the software belonging to the developed 3D-WEB-based system and its plans will be emphasized. The developed software will focus on combining smart data in different formats that can be obtained free of charge from different sources for Çanakkale City and making them queryable in this software environment.

Keywords: *Smart Data, Smart City, Data Formats, Analysis.*

YOLOv11 ile video görüntülerinde gerçekleştirilen duman ve yangın tespitinin erken uyarı için kullanılabilirlik potansiyelinin araştırılması

Investigating the potential of fire and smoke detection in video footage using YOLOv11 for early warning purposes

Cemali Altuntaş[1,✉], Duygu Arıcan[1], Okan Yılmaz[1]

[1]*Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Davutpaşa Kampüsü, 34220, Esenler/İstanbul.*

✉*cemali@yildiz.edu.tr*

Özet

Kentsel ve kırsal alanlarda meydana gelen yangınlar, çevreye ve doğaya büyük zarar verirken, telafisi mümkün olmayan mal ve can kayıplarına neden olarak yıkıcı sonuçlara yol açabilmektedir. Yangınla mücadelede yangın, alev veya duman olayının mümkün olan en erken zamanda tespit edilmesi ve itfaiye birimlerinin hızlı müdahalesi çok önemlidir. Yangınların tespitinde kullanılan geleneksel yöntemlerin doğruluk ve hız açısından sınırlılığı, gerçek-zamanlı tespiti zorlaştırarak erken müdahaleyi güçleştirmektedir. Teknolojik gelişmelerle birlikte, iklim değişikliği ve afet yönetiminde yapay zekâ araçlarının kullanımı, hızlı, efektif ve gerçek-zamanlı çözümlere olanak sağlaması nedeniyle hızla artmaktadır. Bu çalışma kapsamında, YOLO (You Only Look Once) mimarisinin Eylül 2024 sonunda yayımlanan son versiyonu YOLOv11'in farklı ölçeklendirmeleri (11n, 11s, 11m, 11l ve 11x), çeşitli kaynaklardan elde edilen 21527 adet gerçek ve yapay yangın ve duman görüntülerini içeren D-Fire isimli veri seti kullanılarak eğitilmiştir. Google Colab ortamında A100 GPU çalışma zamanında gerçekleştirilen eğitim süresinin, modelin boyutuna bağlı olarak 46 ile 98 dakika arasında değiştiği görülmüştür. Modellerin doğrulamasında hassasiyet, duyarlılık ve F1-skor metrikleri üzerinden yapılan değerlendirme sonucunda duman sınıfı için sırasıyla 0.72, 0.79, 0.75; yangın sınıfı için ise 0.61, 0.67 ve 0.63 değerleriyle YOLOv11s modeli en iyi sonuçları vermiştir. Modellerin erken uyarı için kullanılabilirliği; farklı ortam ve koşullarda (iç mekân, dış mekân, gece, gündüz), orman ve taşıt trafiğini izleyen güvenlik ve gözetleme kameralarından elde edilen videolar üzerinde test edilmiştir. Model tahminlerindeki sınırlayıcı kutu genişliklerinin zamana bağlı değişimi ile yangının başlangıcı ve büyümesi arasındaki ilişki ortaya konulmuştur. Bulgular, YOLOv11'in yangın ve dumanın gerçek-zamanlı erken tespitinde düşük güçlü cihazlarda ve gözetim sistemlerinde kullanılabileceğini göstermiştir. Farklı boyutlardaki modellerle yapılan değerlendirmeler sonucunda, yangın tespitinin çeşitli senaryolarda ve koşullarda etkin bir şekilde gerçekleştirilebileceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Bilgisayarlı görü, Derin öğrenme, YOLO, Nesne tespiti, Yangın ve duman tespiti*

Abstract

The occurrence of fires in urban and rural areas cause significant damage to the environment and nature, leading to devastating consequences with irreversible losses of property and lives. In the context of firefighting, it is crucial to detect fire, flame, or smoke incidents as early as possible and for firefighting units to respond quickly. The limitations of traditional methods used for fire detection in terms of accuracy and speed make real-time detection challenging, thereby hindering early intervention. In consequence of technological advancements, the use of artificial intelligence tools in climate change and disaster management is rapidly increasing, as they enable fast, effective, and real-time solutions. In this study, variants (11n, 11s, 11m, 11l, and 11x) of YOLOv11, the latest version of the YOLO (You Only Look Once) architecture released at the end of September 2024, were trained using the D-Fire dataset, which contains 21527 real and synthetic fire and smoke images obtained from different sources. The training process, conducted in Google Colab's A100 GPU runtime, with the duration varying between 46 to 98 minutes, depending on the model size. In the validation of the models, YOLOv11s model demonstrated the most optimal performance, with the values of 0.72, 0.79, 0.75 for the smoke

class and 0.61, 0.67 and 0.63 for the fire class, respectively, as a result of the evaluation made on the precision, sensitivity and F1-score metrics. The usability of the models for early warning was tested on videos obtained from security and surveillance cameras monitoring forests and vehicle traffic in various environments and conditions (indoor, outdoor, night, day). The relationship between the onset and growth of the fire was demonstrated by analyzing the temporal changes in the bounding box widths of model predictions. The results indicate that YOLOv11 can be used on low-power devices and surveillance systems for real-time early detection of fire and smoke. The evaluations conducted with models of different sizes suggest that fire detection can be effectively performed in various scenarios and conditions.

Keywords: *Computer vision, Deep learning, YOLO, Object detection, Fire and smoke detection*

Türkiye'de İki Boyutlu ITRF96-ED50 Datum Dönüşümünde Lineer Regresyon ve Multi-Layer Perceptron Yöntemlerinin Kullanımı

The Use of Linear Regression and Multi-Layer Perceptron Methods in Two-Dimensional ITRF96-ED50 Datum Transformation in Turkey

Şakir Levent Şahin[1,✉], Faruk YILDIRIM[1,✉]

[1] *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye*
✉ *379537@ogr.ktu.edu.tr*
✉ *yfaruk@ktu.edu.tr*

Özet

Türkiye'de ITRF96 ve ED50 datumlarındaki iki boyutlu 3°'lik UTM koordinatlarının aktif olarak kullanılması, bu iki datum arasında yüksek doğrulukta datum dönüşümü yapılması ihtiyacını doğurmaktadır. Halihazırda uygulanan datum dönüşüm işlemleri, 81 il ve ilçelerinde BÖHHBÜY kapsamında iki boyutlu benzerlik dönüşümüyle hesaplanan yerel dönüşüm parametreleriyle yapılmaktadır. Bu yerel dönüşüm parametrelerinde kullanılan ortak noktaların, dönüşümü yapılacak noktaları çevrelemesinin gerekmesi koşulunun sağlanamaması nedeniyle jeodezik doğruluğun azalması, dönüşüm parametrelerinin hesaplanacağı noktalarda sıklaştırma işleminin yapılmasının gerekliliği, her çalışma alanı için dönüşüm parametrelerinin temin edilmesi ihtiyacının olması ve doğu-batı yönünde yapılan karayolu ve enerji iletim hattı gibi projelerdeki dilim geçişi olan bölgelerde UTM projeksiyon sisteminden kaynaklı sorunlarla karşılaşılmaktadır.

Bu çalışmada, lokal parametrelerin kullanımından kaynaklanan sorunlara çözüm sunmak amacıyla Türkiye genelinde kullanılabilecek Lineer Regresyon (LR) ve Multi-Layer Perceptron (MLP) yöntemleri ile eğitilmiş dönüşüm modelleri geliştirilmiştir. 81 ilde TKGM'ce onanmış her iki datumdaki ortak noktalar, modelin eğitiminde kullanılmıştır. İl bazında elde edilen 3°'lik UTM koordinatları, hatalı ve uyuşumsuz ölçülerden arındırılarak dilim geçişlerindeki problemleri ortadan kaldırmak adına Çift standart paralelli Lambert Konform Konik (LKK) tasvir koordinatlarına(x_{lkk},y_{lkk}) dönüştürülmüştür ve işlemlerde kullanılacak 7000 noktadan oluşan veri seti üretilmiştir. Model eğitimi aşamasında, yalnızca (x_{lkk},y_{lkk}) koordinatlarının kullanılması durumunda istenen başarı yakalanamadığından veri mühendisliği yapılarak 7 adet yeni girdi verisi üretilmiştir. Bu değerler, 2 adet ölçek, 2 adet öteleme, 2 adet dönüklük ve 1 adet mesafe bilgisidir. Bu verilerin daha sonra üretilebilmesi ve modellerin yalnızca (x_{lkk},y_{lkk}) koordinat bilgileri ile kullanılabilmesi için bu koordinatlara ilaveten 7 adet girdi verisini hesaplayan bir algoritma oluşturulmuştur.

LR yöntemi, ITRF96 ve ED50 datumları arasındaki doğrusal ilişkileri modellemek için MATLAB ortamında 7000 veri noktası ile eğitilmiştir. 7000 noktanın %70'i eğitim, %15'i validasyon ve %15'i test kümesi olarak kullanılmıştır. Eğitim sonucu üretilen modelin test kümesine uygulanması ile elde edilen performans sonuçları, x_{lkk} koordinatları için RMSE: ± 6.153cm, MSE: 37.859cm^2 ve R^2: 1; y_{lkk} koordinatları için RMSE: ± 5.477cm , MSE: 29.997cm^2 ve R^2: 1 olarak hesaplanmıştır.

Doğrusal olmayan dönüşüm ilişkilerini öğrenme yeteneğiyle öne çıkan MLP yöntemi, [9-11-2] gizli katman düzeni ve 7000 noktanın %70'ini eğitim, %15'ini validasyon ve %15'ini test kümesi olacak şekilde kullanarak eğitilmiştir. Eğitim sürecinde herhangi bir veri normalizasyonu uygulanmamış ve model, LR yöntemine kıyasla daha az başarılı sonuçlar elde etmiştir. Modelin performans değerleri; eğitim hatası (RMSE): ±7.141 cm, validasyon hatası (RMSE): ±7.483 cm, test hatası (RMSE): ±7.416 cm ve R^2: 1 olarak ölçülmüştür.

Sonuçlar, LR ve MLP modellerinin Türkiye'nin tamamında yerel dönüşüm parametrelerine dayanan iki boyutlu benzerlik dönüşümü yerine kullanılabileceğini ve jeodezik doğruluk ile hassasiyet gerektiren dönüşüm işlemlerini başarıyla gerçekleştirebileceğini göstermektedir. Doğruluk ve hassasiyet analizleri,

7000 noktalık veri kümesinden ayrılan test ve validasyon noktaları üzerindeki tahminler ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan veri seti içerisindeki noktaları kullanarak gerçekleştirilen iki boyutlu benzerlik dönüşümleri ile karşılaştırılan LR ve MLP modellerinin sonuçları, LR yöntemi için x_{lkk} koordinatları ortalama ±2.408 cm, y_{lkk} koordinatları ortalama ±1.549 cm, MLP yöntemi için x_{lkk} koordinatları ortalama ±3.437 cm, y_{lkk} koordinatları ortalama ±2.156 cm fark ile hesaplanmıştır. Üretilen LR ve MLP yöntemlerinin, jeodezik doğruluk ile hassasiyet gerektiren dönüşüm işlemlerini, herhangi bir dönüşüm parametresine ihtiyaç duymadan Türkiye coğrafi sınırları içerisinde yer alan herhangi bir nokta için başarıyla gerçekleştirebildiği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Datum Dönüşümü, ITRF96, ED50, Lineer Regresyon (LR), Multi-Layer Perceptron (MLP)*

Abstract

The active use of two-dimensional 3°UTM coordinates in ITRF96 and ED50 datums in Turkey requires high-accuracy transformations between these two datums. Current transformations use local parameters calculated for 81 provinces and districts. However, geodetic accuracy decreases if these regional parameters do not fully surround the target points, which is sometimes the case. This creates the need to densify transformation parameters at specific points. Additionally, obtaining parameters for every project area is challenging, and UTM zone transitions cause issues in east-west projects like highways and power transmission lines.

This study develops transformation models using Linear Regression (LR) and Multi-Layer Perceptron (MLP) methods to overcome the limitations of local parameters. Common points between ITRF96 and ED50, approved by the General Directorate of Land Registry and Cadastre (TKGM) in all 81 provinces, were used to train the models. The 3°UTM coordinates for each province were filtered to remove errors and residuals. To address zone transition issues, the coordinates were converted to Lambert Conformal Conic (LCC) projection coordinates (x_{lkk},y_{lkk}), and a dataset of 7,000 points was generated. During training, using only (x_{lkk}, y_{lkk}) coordinates did not yield the desired accuracy, so data engineering was applied. Seven new input features were created: 2 scales, 2 translations, 2 rotations, and 1 distance metric. An algorithm was developed to compute these inputs, enabling future models to operate with only (x_{lkk},y_{lkk}) coordinates if needed.

The LR model was trained in MATLAB to capture the linear relationships between ITRF96 and ED50 datums using 7,000 data points. The data was divided into 70% for training, 15% for validation, and 15% for testing. Test results showed RMSE: ±6.153cm, MSE: 37.859cm², and R^2:1 for x_{lkk} coordinates; and RMSE: ±5.477cm, MSE: 29.997cm², and R^2:1 for y_{lkk} coordinates.

The MLP model, known for learning nonlinear transformations, used a [9-11-2] hidden layer structure with the same 7,000-point dataset split. No data normalization was applied, and the MLP model performed worse than LR. RMSE values were ±7.141cm for training, ±7.483cm for validation, and ±7.416cm for testing, with R^2:1.

The results indicate that the LR and MLP models can be successfully used across Turkey as alternatives to traditional methods relying on local transformation parameters. These models can achieve the geodetic accuracy and precision required for transformation operations. Accuracy and precision analyses were conducted based on predictions for test and validation points selected from the 7,000-point dataset. The results of the LR and MLP models were compared with two-dimensional similarity transformations performed using the same points. The average differences for the LR method were ±2.408cm for x_{lkk}coordinates and ±1.549cm for y_{lkk} coordinates, while the average differences for the MLP method were ±3.437cm for x_{lkk} coordinates and ±2.156cm for y_{lkk} coordinates. The study demonstrates that the LR and MLP methods are capable of performing transformation operations requiring geodetic accuracy and precision for any point within Turkey's geographical boundaries, without the need for any transformation parameters.

Keywords: *Datum Transformation, ITRF96, ED50, Linear Regression (LR), Multi-Layer Perceptron (MLP)*

Karadeniz'de Deniz Yüzey Suyu Sıcaklığının Analizi

Analysis of Sea Surface Temperature in the Black Sea

Nevin Betül Avşar[1,✉]

[1]*İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Balatçık 35620, Çiğli, İzmir*

✉*nevinbetul.avsar@ikcu.edu.tr*

Özet

Okyanusların en üst birkaç metresinin, insan kaynaklı küresel ısınmanın neden olduğu aşırı ısının %90'ından fazlasını depoladığı ve bu durumun günümüzde okyanus suyu sıcaklığının olağandan fazla yükselmesine yol açtığı bilinmektedir. Bu kapsamda değerlendirildiğinde; okyanus ile atmosferin arayüzü olan deniz yüzeyinin su sıcaklığının (Deniz Yüzey Suyu Sıcaklığı - Sea Surface Temperature - SST) değişimi küresel iklim değişikliğini tahmin etmek/modellemek için kullanılmaktadır. Hava olayları ve iklim sistemini düzenleyen SST'nin olağandışı yükselmesi, atmosferik su buharı miktarında artışa yol açarak yağış ve rüzgar hızının artmasına, şiddetli fırtınaların ve tayfunların sıklığında artış meydana gelmesine, okyanus akıntılarının dolaşımında değişimlere ve kuraklığa neden olmaktadır. Bu durum, son yıllarda ülkemizde de Karadeniz Bölgesi'nde oldukça sık görülen fırtına, sel, taşkın, heyelan gibi afetlere yol açmaktadır. Karadeniz ekosistemi de SST artışından olumsuz etkilenmektedir. Bu çalışmada, Karadeniz yüzey suyu sıcaklığı, Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) uydu sensörlerinden elde edilen 0,05 derecelik grid veriler kullanılarak haritalandırılmış ve analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; Ocak 1982 - Nisan 2023 dönemi için deniz yüzey suyu sıcaklığının yılda 0,06 °C yükseldiği belirlenmiştir. Buna göre, Karadeniz'de ortalama deniz yüzeyi sıcaklığı son 40 yılda neredeyse 2,5 °C artmıştır. Karadeniz'in deniz yüzey suyu sıcaklığının ortalama değeri, uydu ölçümlerinin kaydedilmeye başlandığı 1982'de 14,5 °C iken günümüzde 16 °C'nin üzerindedir. Özellikle, 2010 yılından itibaren çoğu yılda, Karadeniz'de ortalama yıllık deniz yüzey suyu sıcaklığının 16 °C'yi aştığı gözlenmiştir. 1982-2023 dönemi için Karadeniz'in ortalama su sıcaklığı 15,06 °C iken; 2018 yılı ortalama 16,81 °C ile en sıcak yıl olurken; 1987 yılı ise ortalama 13,41 °C ile en soğuk yıl olmuştur. 2018 ve 2022 yılları ortalama sıcaklıkları son 40 yılın ortalaması ile karşılaştırıldığında, Karadeniz'de deniz yüzey suyu sıcaklığının son yıllarda ısınma eğiliminde olduğu açıkça görülmüştür. Karadeniz'de deniz suyu sıcaklığının en soğuk olduğu ay Şubat, en sıcak olduğu ay ise Ağustos'tur. Yapılan analizlere göre, genel olarak su sıcaklığının yaz ve kış dönemi ortalamasının üzerine çıktığı görülmüştür. Çalışma dönemi için, yüzey sularının ortalama sıcaklığı kışın 8,66 °C, yazın 23,32 °C olmuştur. Kış dönemi için Karadeniz'de deniz yüzey suyu sıcaklığı ortalamaları 2000 yılından itibaren artmaya başlamış, 2020 kışında 10,33 °C'lik -ortalamaya göre oldukça yüksek- bir sıcaklık değeri meydana gelmiştir. Karadeniz'in doğu kısımlarında deniz suyu, batıya göre daha sıcaktır; özellikle kuzeybatı kısımlarında deniz suyu sıcaklığının düşük olduğu bilinmektedir. Ancak çalışmanın sonuçları gösteriyor ki; son yıllarda SST'de gözlenen rekor değerler ile Karadeniz bütünüyle, tüm dünyada en hızlı ısınan denizler arasındadır.

Anahtar Kelimeler: *Karadeniz, İklim Değişikliği, Deniz Yüzey Suyu Sıcaklığı, Uydu Verileri*

Abstract

It is known that the top few meters of the ocean store more than 90% of the excess heat caused by anthropogenic global warming, and that this situation causes seawater temperature to increase more than usual today. Change in temperature (Sea Surface Temperature - SST) of uppermost layer of seawater, which is the interface between the ocean and the atmosphere, is used to estimate/model global climate change. An unusual increase in SST, which regulates weather events and climate system, causes to increase precipitation and wind speed by increasing the amount of atmospheric water vapor, to increase the frequency of severe storms and typhoons, changes in the circulation of ocean currents and also drought. Eventually, it leads to disasters such as storms, floods, inundations and landslides, which have been seen quite frequently in the Black Sea Region in our country in recent years. The Black Sea

ecosystem is also negatively affected by the high SST. In this study, Sea Surface Temperature in the Black Sea was mapped and analyzed using 0.05-degree grid data obtained from Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) satellite sensors. The results of this study showed that the Sea Surface Temperature increased by 0.06 °C per year for the period January 1982 - April 2023. Accordingly, the average Sea Surface Temperature in the Black Sea has increased by almost 2.5 °C over the last four decades. While the average Sea Surface Temperature of the Black Sea was 14.5 °C in 1982, when satellite measurements began to be recorded, today it exceeded 16 °C. Especially, since 2010 the average annual temperature has been 16 °C in most years. While the average water temperature of the Black Sea was 15.06 °C for the period 1982-2023; 2018 was the warmest year with an average of 16.81 °C; and 1987 was the coldest year with an average of 13.41 °C. When the average temperatures of 2018 and 2022 were compared with the average of the last 40 years, it is clearly seen that the Sea Surface Temperature in the Black Sea has been rising in recent years. The coldest month for seawater temperature in the Black Sea is February, and the warmest month is August. This study indicates that the average temperatures of the summer and winter periods have risen in recent years. For the study period, the average temperatures of the surface waters were 8.66 °C and 23.32 °C in winter and summer, respectively. The average Sea Surface Temperature in the Black Sea for the winter period started to increase since 2000, and an average temperature of 10.33 °C with a record value was observed in the winter of 2020. Seawater is warmer in the eastern parts of the Black Sea than in the west; it is known that the seawater temperature is low, especially in the northwestern parts. However, the results of the study support that with the record values observed in SST in recent years, all the Black Sea is one of the fastest warming seas in the world.

Keywords: *Black Sea, Climate Change, Sea Surface Temperature, Satellite Data*

Datum Dönüşümünde İl Bazlı İki Boyutlu Dönüşüm Yöntemlerinin İncelenmesi; Trabzon İli Örneği

Investigation Of Province Based Two Dimensional Transformation Methods In Datum Transformation; The Case Of Trabzon Province

Fatma Nur Ayyıldız[1,✉], Faruk Yıldırım[1,2]

[1] *MEB Trabzon Ortahisar Cumhuriyet Ortaokulu, Gülbaharhatun Mah, Faik Dranaz Caddesi No:6A Ortahisar/Trabzon*
[2] *KTÜ, KTÜ Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü Ortahisar/Trabzon*

✉ *fnurayyildiz@gmail.com*

Özet

Türkiye'de jeodezik ağlarla ilgili ilk çalışmalar 1932 yılında başlamış, 1950'li yılların başında tamamlanarak Birinci Derece Yatay Kontrol Ağı oluşturulmuştur. Bu ağ 1954 yılında dengelenerek Türkiye Ulusal Datumu-1954 (TUD54)'na dayandırılmıştır. Daha sonra da bu datum ED50 (European Datum 50) datumuna dönüştürülmüştür. Ancak Türkiye'nin tektonik plakalar üzerinde yer alması sebebiyle tabaka hareketlerinden fazlaca etkilenmesi, ED50 datumunun sürekli güncellenmesi ve alan hareket vektörlerinin belirlenmesi gibi sorunları beraberinde getirmiştir. Zamanla yapılan güncellemeler yeterli olamayıp, elde edilen konum duyarlılıkları son teknolojilerin gerisinde kaldığından ED50 datumu pratik ihtiyaçları karşılayamaz hale gelmiştir. Farklı datumlardaki koordinat dönüşümü, harita mühendislik projelerinin, ortak bir koordinat sisteminde kullanılması için yapılan jeodezik uygulamalardır. Bu uygulamalara olan ilgi, ülkemizde GNSS sistemlerinin kullanılmasıyla ED50 datumundan ITRF96 (International Terrestrial Reference Frame 1996) datumuna dönüşümün jeodezik hassasiyette gerçekleştirilmesi ve uygulamada kolaylıklar sağlanması için, son yıllarda özellikle de kadastro yenileme çalışmalarıyla oldukça artmıştır. Literatürde iki veya üç boyutlu dönüşüm yöntemleri mevcuttur. ED50 datumundaki elipsoid yüksekliklerinin jeodezik hassasiyette belirlenememesinden dolayı datum dönüşümü iki boyutlu yapılmaktadır. Bu araştırmada, Trabzon ilinde, merkez ve diğer ilçelerde datum dönüşümünde 139 ortak noktanın ED50 ile ITRF96 datumlarındaki koordinatları kullanılmıştır. Bu ortak noktalarla Trabzon ili sınırları içinde, tek bir datum dönüşümü ile elde edilen parametrelerin kullanılması amaçlanmıştır. Bu amaç için ilin tamamına homojen şekilde dağıtılarak seçilen 10 ve 16 ortak noktalı iki boyutlu benzerlik, afin ve kollokasyonlu benzerlik dönüşümleri irdelenmiştir. İrdeleme sonucunda 16 ortak noktalı kollokasyonlu benzerlik yöntemi; hem 123 test noktasında hem de ilin farklı ilçelerinde daha önce yapılmış datum dönüşümlerinde kullanılan ortak noktalarda test edilerek en iyi sonuçları vermiştir. Seçilen yöntemle x ve y yönündeki düzeltmelerin karesel ortalamasının ortalaması; 123 test noktasında 16.2cm ve Akçaabat, Arsin, Beşikdüzü, Çaykara, Maçka, Of, Ortahisar, Sürmene, Tonya, Yomra ilçelerinde seçilen datum dönüşümlerinde kullanılan ortak noktalarda ise 18.1cm olarak elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İki Boyutlu Dönüşüm, Datum, ED50, ITRF96

Abstract

The first studies on geodetic networks in Turkey began in 1932 and were completed in the early 1950s, creating the First Degree Horizontal Control Network. This network was balanced in 1954 and based on the Turkish National Datum-1954 (TUD54). Later, this datum was converted to the ED50 (European Datum 50) datum. However, since Turkey is located on tectonic plates, it is heavily affected by plate movements, which has brought about problems such as the constant updating of the ED50 datum and the determination of area movement vectors. Since the updates made over

time were not sufficient and the location sensitivities obtained fell behind the latest technologies, the ED50 datum became inadequate to respond practical needs. Coordinate transformation in different datums are geodetic applications carried out for the use of geomatics engineering projects within a common coordinate system. These applications have gained increasing interest in recent years especially with the cadastral renewal works in order to perform transformation from ED50 datum to ITRF96 datum with geodetic precision by using GNSS systems in our country and to provide ease of application. There exist two-dimensional or three-dimensional transformation methods in literature. Datum transformation is performed in two dimensions for ellipsoid heights in ED50 datum cannot be determined with geodetic precision. In this research, coordinates of 139 common points in ED50 and ITRF96 datums have been used for datum transformation in Trabzon province, in the central and other districts thereof. With these common points, use of parameters that are derived from a single datum transformation within the borders of the Trabzon province is aimed. For this purpose, two-dimensional similarity, affine and collocated similarity transformations with 10 and 16 common points that are homogeneously distributed throughout the province have been analyzed. The analysis has indicated that the collocated similarity method with 16 common points has yielded the best results both at 123 test points and at the common points used in datum transformations previously performed in different districts of the province. With the selected method, the average of square mean of the corrections in x and y directions has been obtained as 16.2cm at 123 test points and 18.1cm at the common points selected and used in the datum transformations in Akçaabat, Arsin, Beşikdüzü, Çaykara, Maçka, Of, Ortahisar, Sürmene, Tonya and Yomra districts.

Keywords: Two Dimensional Transformation, Datum, ED50, ITRF96

Yatay Ulusal Datum Belirleme ve İzleme

Determining and Monitoring Horizontal National Datum

Orhan Kurt[1,✉], Yasin ERKAN[2]

[1]*Kocaeli Üniversitesi, Umuttepe Yerleşkesi, Mühendislik Fakültesi A Blok, Harita Müh. Böl., 41380 İzmit/Kocaeli.*
[2]*Maptech Elektronik A.Ş., Prestij Plaza, Ehlibeyt Mah. Ceyhun Atuf Kansu Cd. No:124 K.2/4 Balgat, 06320 Çankaya/Ankara.*

✉*orhnkrt@gmail.com*

Özet

Ülkemizde yaşanan doğal afetlerinden en önemlisi depremlerdir. Depremler yatay ya da düşey yönde olabilir. Yatay yöndeki depremler yatay atımlı depremler olarak adlandırılır ve yıkıcı etkileri düşey yöndeki depremlere göre daha fazladır. Yatay atımlı depremlerin izlenmesi yatay konum ağları ile oluşturulan yatay datuma dayanır. HGM (Harita Genel Müdürlüğü) tarafından kurulan TUTGA (Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı) yatay datumun dayanağını oluşturur. HGM TUTGA'yı sürekli izlemekte ve günün ihtiyaçlarına göre geliştirilmektedir.

A - seviye (uluslar arası ağlar, IGS, IVS, ... vb.) ağlara dayalı olarak kurulan B – Seviye (TUTGA, CORS-TR, ... vb.) ağlar ilk değerlendirmeden sonra belli zaman aralıklarda ölçüler. Son değerlendirme ile ilk değerlendirme arasındaki farklar, nokta hızlarının zamana bağlı olarak belirlenmesi sağlar. Fay hatlarına yakın olan B – Seviye noktalar depremlerden en fazla etkilenen noktalardır. Şu anki uygulamalarda, bir deprem sonucu konumu değişen noktaların yeni konumları depremden etkilenmeyen noktalara dayalı olarak ölçülerek yeniden hesaplanır. Bu bir tip ölçme tercihi jeodezik açıdan fazla güvenilir değildir.

B – Seviye bir ulusal ağın ölçme planı ilk datum belirleme aşamasında istenilen duyarlık ve güven ölçütlerini sağlayacak şekilde bağımsız bazlardan oluşan üçgenler şeklinde belirlenmelidir. Ölçülen ağ serbest olarak dengelenmeli, model testi ve uyuşumsuz ölçü testlerini sağlamalıdır. Ağın ölçme anına (ulusal ağın zaman datumuna) taşınmış olan ve serbest ağ dengeleme sonuçlarına en uygun olan A – Seviye ağa ait noktalara dayalı olarak yapılan dayalı dengeleme ile ağın ilk koordinat datumu belirlenmelidir. Bu ağın nokta konum hızlarının belirlenmesi için yapılan ölçme ve değerlendirme aşamalarında; aynı ölçme planı korunmalı, aynı oturum planı sırası korunmalı ve her bir bağımsız bazın ölçü süreleri yaklaşık aynı kalmalıdır. Deprem sonrası konumu bozulan noktalar için yine ilk datum belirleme aşamasındaki ağ planına sadık kalınmalı, bozulan noktaların yer aldığı parçalar ilk plana uygun olacak şekilde bütünlenmelidir. Bir yatay ulusal ağın oluşturulması ve izlenmesi için güvenilir yol budur.

B – Seviye bir ulusal ağın kurulması ve izlenmesi aşamalarının daha iyi anlaşılabilmesi için CORS-TR verileri sayısal uygulama olarak kullanılacaktır. Bu veriler ile mevcut ulusal datum belirleme tercihi ve yeni ulusal datum belirleme önerisi test edilecektir. İki yöntemin güçlü ve zayıf yanları teorik ve uygulamalı olarak tartışılarak uygulayıcılara önerilerde bulundurulacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Ulusal Ağlar, Planlama, Dengeleme, İzleme*

Abstract

The most important natural disasters experienced in our country are earthquakes. Earthquakes can be horizontal or vertical. Horizontal earthquakes are called horizontal-slip earthquakes and their destructive effects are more than vertical earthquakes. Monitoring horizontal-slip earthquakes is based on horizontal datum created with horizontal control networks. TNFGN (Turkish National Fundamental GNSS Network) established by GDM (General Directorate of Mapping) forms the basis of horizontal datum. GDM continuously monitors TNFGN and develops it according to the needs of the day.

B-Level (TUTGA, CORS-TR, ... etc.) networks established based on A-Level (international networks, IGS, IVS, ... etc.) networks are measured at certain time intervals after the first evaluation. Differences between the last evaluation and the first evaluation allow the determination of temporal point velocities. B-Level points close to fault zones are the points most affected by earthquakes. In current applications, the new positions of points whose positions have changed as a result of an earthquake are measured and recalculated based on points that are not affected by the earthquake. This type of measurement preference is not very reliable geodetically.

The observation plan of a B-level national network should be determined in the form of triangles consisting of independent bases in a way that will provide the desired precision and reliable critters in the initial datum determination phase. The observed network should be adjusted freely, and provide mathematical model and outlier tests. The initial coordinate datum of the network should be determined by the constraint adjustment by connecting to the points in the A-Level network that have been transformed to the observation epoch of the network (the time datum of the national network) and are most suitable for the free network adjustment results. In the measurement and evaluation stages carried out to determine the point velocities of this network; the same observation plan should be preserved, the same occupation order should be preserved and the observation period of each independent baseline should remain approximately the same. For points whose positions are moved after the earthquake, the network plan in the initial datum determination phase should be adhered to again and the parts containing the moved points should be observed in a way that is by the initial plan. This is a reliable way to create and monitor a horizontal national network.

CORS-TR data will be used as a numerical part of the study to better understand the stages of establishing and monitoring a B-level national network. With these data, the current national datum determination preference and the new national datum determination proposal will be tested. The strengths and weaknesses of the two methods will be discussed theoretically and practically and recommendations will be made to the applicants.

Keywords: *National Networks, Planing, Adjustment, Monitoring.*

Karadeniz İçin LSTM Oto-Kodlayıcı Tabanlı Deniz Seviyesi Anomali Modellemesi

LSTM Auto-Encoder Based Sea Level Anomaly Modeling for the Black Sea

Ahmet YAVUZDOĞAN[1], **Emine TANIR KAYIKÇI**[2]✉

[1] *Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane*
[2] *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Trabzon*

✉*etanir@ktu.edu.tr*

Özet

Deniz seviyesindeki değişimlerin doğru şekilde tahmin edilmesi, kıyı bölgelerinde yaşayan topluluklar ve ekosistemler için kritik öneme sahiptir. Yükselen deniz seviyeleri, kıyı erozyonu, taşkınlar ve altyapı hasarları gibi birçok olumsuz etkiye yol açabilmektedir. Bu nedenle, özellikle kısa vadeli deniz seviyesi tahminleri, jeodezik düşey datumun belirlenmesi ve güncellenmesi, kıyı alanlarının korunması, kıyı ekosistemlerinin izlenmesi, geleceğe yönelik oluşturulacak etkin su ve kıyı politikalarının hazırlanması, kıyı yapılarının planlanması ve bakımı, afet önleme stratejilerinin geliştirilmesi, iklim değişikliği etkilerinin gözlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma, Karadeniz bölgesinde deniz seviyesi anomalilerini tahmin etmek amacıyla geliştirilen yenilikçi bir Uzun-Kısa Süreli Bellek (LSTM) Oto-Kodlayıcı modelini tanıtmaktadır.

Bu çalışmada, LSTM Oto-Kodlayıcı modelinin performansı, geleneksel Yığılmış LSTM ağları ve Sönümlü-Kalıcılık istatistiksel modeli ile karşılaştırılmıştır. LSTM Oto-Kodlayıcı modeli, daha düşük Karesel Ortalama Hata ve yüksek Pearson Korelasyon Katsayısı ile diğer yöntemlere kıyasla üstün bir tahmin performansı sergilemiştir. Modelin tahmin doğruluğu, özellikle kısa vadeli değişimlerin izlenmesi gereken durumlarda büyük avantaj sağlamaktadır. Bu sonuçlar, LSTM Oto-Kodlayıcı modelinin deniz seviyesi tahminlerinde daha hassas ve güvenilir olduğunu ortaya koymaktadır.

Yapılan testlerde, LSTM Oto-Kodlayıcı modeli, genelleme yetenekleri açısından da başarılı sonuçlar elde etmiştir. Özellikle farklı veri kaynaklarından gelen veriler üzerinde tutarlı ve doğru tahminler yapabilmesi, modelin geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılabileceğini göstermektedir.

Bu çalışmanın odak noktası Karadeniz olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında üç farklı veri seti kullanılmıştır. LSTM modellerinin eğitimi için kullanılan DUACS veri seti, ERS1, Topex/Poseidon, ERS2, Jason-1, Envisat, Jason-2, Cryosat, Altika, Sentinel-3A ve Jason-3 gibi uydulardan alınan çok amaçlı uydu altimetre verilerini içermektedir. Ayrıca, Copernicus Deniz Çevre İzleme Servisi (CMEMS) tarafından sağlanan Deniz Seviyesi Anomali (SLA) veri seti, jeofizik veriler ve atmosferik düzeltmeler yapılmış SLA verilerini içermektedir. Modellerin genelleme yeteneklerini test etmek amacıyla, NEMO sayısal okyanus modeline dayanan CMEMS veri seti de kullanılmaktadır. Bu veri seti, başlangıçta geliştirilen modeldeki DUACS veri setine göre çok daha yüksek bir mekansal çözünürlük sunmaktadır. Modelin genelleme kapasitesini ve mareograf verileriyle kullanım uygunluğunu değerlendirmek için ise, Karadeniz kıyısındaki Trabzon (TRAB) gelgit ölçüm istasyonundan alınan bağıl deniz seviyesi gözlemleri kullanılmıştır.

Çalışmanın bulguları, kıyı yönetimi, afet önleme ve çevresel koruma çalışmaları için önemli katkılar sunmaktadır. Bu bağlamda, LSTM Oto-Kodlayıcı gibi ileri seviye derin öğrenme tekniklerinin kullanımı, iklim değişikliğinin etkileriyle mücadelede güçlü bir araç sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Deniz Seviyesi, Karadeniz, LSTM, Anomali Modellemesi, Derin Öğrenme*

Abstract

Accurately predicting changes in sea level is of critical importance for communities and ecosystems living in coastal areas. Rising sea levels can lead to many adverse effects, such as coastal erosion, flooding, and infrastructure damage. Therefore, especially short-term sea level predictions are crucial

for protecting coastal areas, monitoring coastal ecosystems, preparing effective water and coastal policies for the future, planning and maintenance of coastal structures, developing disaster prevention strategies, monitoring the effects of climate change.This study introduces an innovative LSTM Auto-Encoder model developed to predict sea level anomalies in the Black Sea region.

In this study, the performance of the LSTM Auto-Encoder model was compared with traditional Stacked LSTM networks and a Damped-Persistence statistical model. The LSTM Auto-Encoder model demonstrated superior performance with lower Root Mean Square Error and higher Pearson Correlation Coefficient compared to other methods. The accuracy of the model provides a significant advantage, particularly in situations where short-term changes need to be monitored. These results indicate that the LSTM Auto-Encoder model is more precise and reliable in sea level predictions.

In this study, sea level data obtained from both satellite altimeters and tide gauge stations were used. In the tests conducted using these datasets, the LSTM Auto-Encoder model also achieved successful results in terms of generalization capabilities. The ability to make consistent and accurate predictions across data from different sources demonstrates that the model can be applied in a wide range of scenarios.

The focus of this study has been determined as the Black Sea. Three different datasets have been used within the scope of the study. The DUACS dataset, used for training LSTM models, contains multi-purpose satellite altimetry data obtained from satellites such as ERS1, Topex/Poseidon, ERS2, Jason-1, Envisat, Jason-2, Cryosat, Altika, Sentinel-3A, and Jason-3. Additionally, the Sea Level Anomaly (SLA) dataset provided by the Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) includes geophysical data and SLA data that have been corrected for atmospheric effects. To test the generalization capabilities of the models, the CMEMS dataset, based on the NEMO numerical ocean model, is also used. This dataset offers a much higher spatial resolution compared to the DUACS dataset used in the initially developed model. To evaluate the model's generalization capacity and suitability for use with tide gauge data, relative sea level observations obtained from the Trabzon (TRAB) tide gauge station on the Black Sea coast have been utilized.

The findings of this study offer significant contributions to coastal management, disaster prevention, and environmental protection efforts. In this context, the use of advanced deep learning techniques like the LSTM Auto-Encoder provides a powerful tool for combating the effects of climate change.

Keywords: *Sea Level, Black Sea, LSTM, Anomaly Modeling, Deep Learning*

Türkiye'de Farklı LEO Uydularından Elde Edilen GNSS-RO Ölçüleri İle Yağışa Dönüşebilir Su Buharı Hesaplama

Calculation of Precipitation Water Vapor Using GNSS-RO Measurements Obtained from Different LEO Satellites in Turkey

Seldanur Çelik Tunçer[1], Emine Tanır Kayıkçı[2], Ahmet Yavuzdoğan[3], Murat Bektaşoğlu[2], Mualla Yalçınkaya[2], Şeyma Gül Cihan[2], Kutluhan Gümrükçüoğlu[2], Kamil Teke[4], Yasemin Şişman[5], Neslihan Beden[6], Jens Wickert[7]

[1] *Hitit Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Harita ve Kadastro Programı, Çorum*
[2] *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Trabzon*
[3] *Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane*
[4] *Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Ankara*
[5] *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Samsun*
[6] *Samsun Üniversitesi, Özdemir Bayraktar Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, Samsun*
[7.1.] *German Research Centre for Geosciences GFZ, Potsdam, Germany,* [7.2.] *Technische Universität Berlin, Germany*
✉ *etanir@ktu.edu.tr*

Özet

Hava olaylarının oluşumunu tahmin etme ve izleme kabiliyeti atmosferdeki yağışa dönüşebilir su buharı (PWV-Precibitable Water Vapor) miktarının hassas bir şekilde izlenmesine bağlıdır. Günümüzde, PWV tahminleri için kullanılan yöntemler genellikle yer ve uzay tabanlı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Başlıca, yer tabanlı yöntemler; radyosonda, güneş fotometrisi, mikrodalga radyometri, Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS-Global Navigation Satellite Systems) meteorolojisi; başlıca uzay tabanlı yöntemler ise Atmosferik Kızılötesi Sonda (AIRS-Atmospheric Infrared Sounder), Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektroradyometrisi (MODIS-Moderate Resolution İmaging Spectroradiometry), GNSS Radyo Okültasyon (RO-Radio Occultation) şeklinde sıralanabilir. Radyosondalar, atmosferik su buharı ölçümünde kullanılan etkili gözlem tekniklerinden biridir. Ancak radyosonda istasyonlarının sınırlı sayıda olmalarından ötürü birçok meteorolojik ve iklimsel çalışma için radyosonda gözlemleri yetersiz kalmaktadır. GNSS sistemlerinin operasyonel duruma gelmesiyle, yer tabanlı ve uzay tabanlı GNSS atmosferik uzaktan algılama bilim ve teknolojisinde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. 1980'li yıllarda GNSS jeodezisi ile yer tabanlı GNSS atmosferik uzaktan algılama sistemi ortaya çıkmıştır. Dünya çapında GNSS jeodezik yer ağlarının hızla artmasıyla birlikte, büyük miktarda atmosferik yağışa dönüşebilir su buharı hava ve iklim modellemesi için sayısal hava tahmininde kullanılmıştır.

Bu çalışmada 123Y150 TÜBİTAK 1001 (2023-2026) projesinin 1.Rapor dönemi kapsamında elde edilen sonuçlar sunulacaktır. Çalışmada, CHAMP, GRACE, FORMOSAT-3/COSMIC-1, METOP ve FORMOSAT-7/COSMIC-2 gibi LEO uydularının Türkiye üzerindeki veri potansiyeli araştırılmış ve mevcut LEO uydularından elde edilen gözlemlerler GNSS-RO tekniğiyle PWV'ler hesaplanmıştır. GNSS-RO PWV hesabı için uluslararası güncel konvansiyonlara uygun modeller kullanılarak MATLAB tabanlı GNSS-RO PWV yazılımı geliştirilmiştir. Çalışmada elde edilen GNSS-RO tabanlı PWV değerlerinin referans bir PWV hesaplama tekniği olan radyosondadan elde edilen PWV'lerle karşılaştırılması yapılmıştır. Bunun için Türkiye'deki mevcut 9 radyosonda istasyon verileri NOAA'nın (National Oceanic and Atmospheric Administration, USA) (https://ruc.noaa.gov/raobs/) web adresinden alınmıştır. Radyosonda PWV hesabı, 116Y186 kodlu TÜBİTAK 1001 (2017-2020) kapsamında hazırlanmış olan MATLAB tabanlı RADIO_MET yazılımı ile yapılmıştır. Elde edilen ilk sonuçlara göre radysondadan elde edilen PWV ve GNSS-RO'dan elde edilen PWV farklarının standart sapması 2-3 mm civarında elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Yağışa dönüşebilir Su Buharı, PWV, GNSS-radyo okültasyon, GNSS-RO*

Abstract

The ability to predict and monitor the occurrence of weather events depends on precise monitoring of the amount of precipitable water vapor (PWV) in the atmosphere. Today, the methods used for PWV estimates are generally divided into two: ground-based and space-based. The main ground-based methods are; radiosonde, solar photometry, microwave radiometry, Global Navigation Satellite Systems (GNSS) meteorology; The main space-based methods can be listed as Atmospheric Infrared Sounder (AIRS), Moderate Resolution Imaging

Spectroradiometer (MODIS), GNSS Radio Occultation (RO-Radio Occultation). Radiosondes are one of the effective observation techniques used to measure atmospheric water vapor. However, due to the limited number of radiosonde stations, radiosonde observations are insufficient for many meteorological and climatic studies. With GNSS systems becoming operational, significant advances have been made in ground-based and space-based GNSS atmospheric remote sensing science and technology. In the 1980s, GNSS geodesy and ground-based GNSS atmospheric remote sensing system emerged. With the rapid increase of GNSS geodetic ground networks worldwide, large amounts of atmospheric precipitable water vapor have been used in numerical weather prediction for weather and climate modelling.

In this study, the results obtained within the 1st Report period of the 123Y150 TUBITAK 1001 (2023-2026) research project will be presented. The LEO satellites observation data such as CHAMP, GRACE, FORMOSAT-3/COSMIC-1, METOP and FORMOSAT-7/COSMIC-2 over Turkey was investigated and PWVs were calculated using the GNSS-RO technique from the observations obtained from existing LEO satellites. For GNSS RO PWV calculation, MATLAB-based GNSS-RO PWV software was developed using models in accordance with current international conventions. The GNSS-RO based PWV values obtained in the study were compared with the PWVs obtained from radiosonde, which is a reference PWV calculation technique. For this purpose, data from 9 existing radiosonde stations in Turkey were taken from the website of NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, USA) (https://ruc.noaa.gov/raobs/). Radiosonde PWV calculation was made with the MATLAB-based RADIO_MET software prepared within 116Y186 TÜBİTAK 1001 (2017-2020) research project. According to the first results obtained, the standard deviation of the differences in PWV obtained from the radiosonde and PWV obtained from GNSS-RO was obtained around 2-3 mm.

Keywords: *Precipitable Water Vapor, PWV, GNSS-radio occultation, GNSS RO, radiosonde*

GNSS Konum Belirlemede İklimin Etkisi

Effect of Climate on GNSS Positioning

Süleyman Metin Kestir[1,✉], D. Uğur Şanlı[1]

[1]*Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul*

✉*Süleyman Metin Kestir metinkestir@gmail.com*

Özet

Günümüzde GNSS konum doğruluğunu predikte eden birçok matematiksel model üretilmiştir. Konum doğruluğunu predikte eden modeller arazi ölçüm planlarının hazırlanmasında ve jeodezik ağların optimizasyonunda/tasarlanmasında bizlere yardımcı olur. Konuyla ilgili mevcut çalışmalar incelendiğinde doğruluğu hesaplayan modeller arasında; GNSS (Global Navigation Satellite Systems) konum belirlemede kullanılan metodolojik fark (örneğin bağıl konum belirleme ya da PPP kullanılması), yazılım farkları, bölgesel iklim farklılıklarının dikkate alınması vb farklılıklar ya da modellemede kullanılan matematiksel yaklaşım farklılıkları olduğu görülmektedir. Bunlara ek olarak artık günümüzde IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service) ve IGS (International GNSS Service) ürünlerinin kalitesindeki iyileşme, yeni üretilen atmosferik modeller vb. de konum doğruluğunu inceleyen prediksiyon modellerin daha doğru üretilmesine neden olmakta ve modeldeki iyileşme güncel GNSS doğruluğunu daha iyi yansıtmaktadır. Dolayısıyla, GNSS konum doğruluğunu predikte eden modellerin sektördeki gelişmelerin paralelinde güncel konumu daha iyi yansıtabilmek amacıyla sürekli yenilenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, diğer çalışmalarda kullanılan ve daha ziyade bölgesel karakterde olan GNSS verilerinden tamamen bağımsız bir global veri seti seçilerek yaklaşık son 5 yıldır üretilen konum doğruluğu modelleri birbiri ile karşılaştırılmaktadır. Çalışmada global ölçekte dağılmış 30 sabit IGS istasyonunun GNSS verileri yardımıyla sentetik GNSS kampanya ölçüleri üretilmiştir. Buna ek olarak sürekli GNSS verisinin değerlendirilmesinde JPL (Jet Propulsion Laboratory) tarafından üretilen yerel toposentrik koordinat verilerinden yararlanılmıştır. GNSS verilerinin analizinde NASA-JPL yazılımı olan GIPSY-X kullanılmıştır. Var olan çalışmalar arasından, geliştirilen yeni yazılımlar ve GNSS ürünleri yardımı ile hesap edilen konum doğruluğuna en yakın sonucu üreten matematik model belirlenmeye ve model farklılıklarının yol açtığı duyarlık kaybı irdelenmeye çalışılmıştır. İklim farklılıkları dikkate alınarak tasarlanan matematik modellerin günümüz konum doğruluğunu, diğerlerine göre daha iyi yansıttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *GNSS, Konum Doğruluğu, İklim*

Abstract

Today, many mathematical models have been produced that predict GNSS positioning accuracy. Models that predict the positioning accuracy help us in the preparation of field surveying plans and in the optimization/design of geodetic networks. When the existing studies on the subject are examined, it is seen that there are methodological differences used in GNSS (Global Navigation Satellite Systems) position determination (for example, using relative position determination or PPP), software differences, consideration of regional climate differences, etc. or differences in mathematical approaches used in modeling among the models that calculate accuracy. In addition to these, the improvement in the quality of IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service) and IGS (International GNSS Service) products today, newly produced atmospheric models, etc. also cause more accurate production of prediction models that examine positioning accuracy, and the improvement in the model better reflects the current GNSS accuracy. Therefore, it becomes necessary to constantly renew the models that predict GNSS positioning accuracy in order to better reflect the current position in parallel with the developments in the sector. In this study, a global data set that is completely independent of the GNSS data used in other studies and which are mostly regional in character is selected and the location accuracy

models produced in the last 5 years are compared with each other. In the study, synthetic GNSS campaign measurements were produced with the help of GNSS data from 30 permanent IGS stations distributed on a global scale. In addition, local topocentric coordinate data produced by JPL (Jet Propulsion Laboratory) were used in the evaluation of continuous GNSS data. NASA-JPL software GIPSY-X was used in the analysis of the GNSS data. Among the existing studies, it was tried to determine the mathematical model that produces the closest result to the calculated position accuracy with the help of newly developed software and GNSS products and to examine the loss of precision caused by model differences. It was determined that mathematical models designed by taking climate differences into account reflect today's position accuracy better than others.

Keywords: *GNSS, Positioning Accuracy, Climate*

Doğal afet kaynaklı deformasyonun izlenmesinde GNSS kampanyalarının performansı

Performance of GNSS campaigns in monitoring of the natural hazard induced deformation

Mehmet Can Aras[1,✉], Ece Uysal[1], D. Uğur Şanlı[1]

[1]*Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul*

✉*Mehmet Can Aras mehmet.aras@std.yildiz.edu.tr*

Özet

Günümüzde GNSS kampanyalarına hala ihtiyaç bulunmaktadır çünkü sürekli GNSS istasyonlarını her zaman, her yerde kullanamıyoruz. Yerel çökme, kıyı erozyonu veya heyelanlar vb. gibi doğal afetlerin izlenmesinde çoğunlukla GNSS kampanyalarına başvuruyoruz. Mevcut çalışmalar, sürekli GNSS ölçümlerinden üretilen hızların kalitesine erişebilmek için GNSS kampanyalarının düzgün bir şekilde örneklenmesi ve dikkatli bir şekilde ele alınması gerektiğini göstermektedir. Kampanya ölçümlerinin bir dezavantajı, pratikteki çeşitli kısıtlamalar nedeniyle istenildiği kadar sık tekrarlanamamasıdır. Bu nedenle, GNSS kampanyalarından hız belirsizliğinin spektral davranışını incelemek için uzun kampanya GNSS zaman serileri oluşturmak şu an için mümkün gözükmemektedir. Çalışmalar, GNSS kampanya zaman serilerinin gürültü özelliklerinin de sürekli GNSS zaman serilerinde olduğu gibi 'renkli' olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada, GNSS kampanyalarının hız kestirim hatasını belirlemek amacıyla alandaki ilk çalışmaları tekrar gözden geçirdik. Bu çalışmalarda, gürültü büyüklüğü ve koordinat bileşeninin WRMS'si arasında doğrusal ilişkiler türetilerek herkesin kullanabileceği basit formüller ortaya konmaktadır. Bu ilişkilerden üretilen sonuçları IGS ağını kullanarak simüle ettiğimiz GNSS kampanya sonuçları ile test ettik. IGS sabit istasyonları kullanılarak ilgili deformasyon periyodu için birçok GNSS kampanyası üretme şansımız oldu. Hız belirsizlikleri bu GNSS kampanya serilerinden üretilen hızların standart sapması alınarak belirlendi ve mevcut çalışmaların önerdiği formüllerden üretilen hız hatası ile karşılaştırıldı. İlk bulgular, daha önceki çalışmalarda geliştirilen basit ampirik formüllerin neredeyse küresel olarak kuzey ve doğu koordinat bileşenlerinin hız belirsizliği için oldukça iyi sonuçlar ürettiğini göstermektedir. Formüller, ekvatorda ve güney yarımkürede düşey bileşenin hız belirsizliği için uygun sonuçlar üretmede başarısız kalmaktadır. Sunumuzda bunların nedenlerini tartışıyor olacağız. Yukarıdaki sonuç bize kuzey yarımkürede yer alan ülkemizdeki GNSS kampanyalarından türetilen deformasyon hatasının belirlenmesi için daha önceki çalışmalarda üretilen basit formüllerin kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *GNSS kampanyası, Hız Hatası, Renkli Gürültü*

Abstract

Today, GNSS campaigns are still needed because we cannot use continuous GNSS stations everywhere and at all times. We mostly use GNSS campaigns for monitoring natural disasters such as local subsidence, coastal erosion or landslides. Existing studies show that GNSS campaigns should be properly sampled and carefully considered in order to reach the quality of site velocities produced from continuous GNSS measurements. One disadvantage of campaign measurements is that they cannot be repeated as frequently as desired due to various limitations in practice. Therefore, it does not seem possible to create long campaign GNSS time series to examine the spectral behavior of velocity uncertainty from GNSS campaigns at present. Studies show that the noise characteristics of GNSS campaign time series are also 'colored' as in continuous GNSS time series. In this study, we revisited the initial studies in the field to determine the velocity estimation uncercainty of GNSS campaigns. In these studies, linear relationships between the noise magnitude and the WRMS of the coordinate component are derived and simple formulas that everyone can use are presented. We tested the results generated from these relations with the GNSS campaign results that we simulated using the IGS network. We had the chance to generate many GNSS campaigns for the relevant deformation period

using IGS permanent stations. The velocity uncertainties were determined by taking the standard deviation of the velocities generated from these GNSS campaign series and compared with the velocity error generated from the formulas suggested by existing studies. The initial findings show that the simple empirical formulas developed in previous studies produce quite good results for the velocity uncertainty of the north and east coordinate components almost globally. The formulas fail to produce suitable results for the velocity uncertainty of the vertical component at the equator and in the southern hemisphere. We will discuss the reasons for this in our presentation. The above result shows us that the simple formulas generated in previous studies can be used to determine the deformation error derived from the GNSS campaigns in our country located in the northern hemisphere.

Keywords: *GNSS Campaign, Velocity Uncertainty, Coloured Noise*

GNSS-IR yöntemiyle uzun-periyotlu, günlük ve yarı günlük gelgit bileşenlerinin kestirilmesi

Estimation of long-period, diurnal, and semidiurnal tidal constituents using GNSS-IR

Cemali Altuntaş[1,✉], Nursu Tunalıoğlu[1]

[1]*Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Davutpaşa Kampüsü, 34220, Esenler/İstanbul.*

✉*cemali@yildiz.edu.tr*

Özet

Deniz seviyesinin; iklim değişikliği, buzulların erimesi ve okyanusların ısınması nedeniyle dünya genelinde yükselmesinin, gelecekte kıyı bölgelerinde yaşayan topluluklar üzerinde büyük riskler oluşturacağı öngörülmektedir. Deniz seviyesindeki kısa vadeli ve düzenli dalgalanmaları ifade eden gelgitler, deniz seviyesi değişimlerinin incelenmesinde kritik bir role sahiptir. Gelgit bileşenlerinin doğru ölçülmesi ve değerlendirilmesi, kıyı yönetimi ve deniz seviyesi tahminleri açısından büyük önem taşımaktadır. Gelgit bileşenlerinin belirlenmesinde kullanılan deniz seviyesi ölçüleri, günümüzde çeşitli uydu-tabanlı ve yersel ölçme teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Yaklaşık 10 yıldır, mevcut yöntemlere alternatif olarak GNSS Sinyal Gürültü Oranı (SNR) verilerindeki çok yolluluk kaynaklı salınımların analiz edildiği GNSS İnterferometrik Reflektometri (GNSS-IR) yöntemi de deniz seviyesinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, GNSS-IR ile elde edilen deniz seviyelerinin uzun-periyotlu (SSa, Mm, Mf), günlük (Q1, O1, P1, K1) ve yarı günlük (N2, M2, S2, K2) gelgit bileşenlerinin genlik ve faz değerlerinin kestirilmesinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla, Avustralya'nın güneydoğusunda yer alan PTLD isimli GNSS istasyonunun 2022 yılı boyunca topladığı çok-frekanslı çoklu-GNSS SNR verileri, GNSS-IR yöntemiyle analiz edilmiş ve saatlik deniz seviyesi kestirimleri elde edilmiştir. Gelgit bileşenleri harmonik regresyon kullanılarak, tekli ve çoklu-GNSS çözümleri için ayrı ayrı kestirilmiştir. Kestirilen bileşenler, PORL isimli mareograf istasyonundan sağlanan ölçülerden elde edilen gelgit bileşenleriyle karşılaştırılmıştır. Kestirilen gelgit bileşenleri arasındaki farkların genlik değerlerinde 0.7 cm ve altında, faz değerlerinde ise 17.5 derece ve altında olduğu tespit edilmiştir. Günlük ve yarı günlük gelgit bileşenlerinin faz değerleri, zamansal olarak 36 dakikanın altında doğrulukla elde edilmiştir. Bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, çok-frekanslı çoklu-GNSS SNR verilerinin GNSS-IR yöntemiyle analizi sonucunda elde edilen saatlik deniz seviyesi kestirimlerinin kıyı bölgelerinde kısa ve uzun-periyotlu gelgit bileşenlerinin kestirilmesinde kullanılabilir olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *GNSS-IR, Çoklu-GNSS, Deniz seviyesi, Gelgit analizi, Gelgit bileşenleri*

Abstract

The rise in sea levels worldwide; due to climate change, melting glaciers, and warming oceans is expected to pose significant risks to communities living in coastal areas in the future. Tides, representing short-term and regular fluctuations in sea levels, play a crucial role in the study of sea level changes. Accurate measurement and evaluation of tidal constituents are essential for coastal management and sea level predictions. Sea level measurements used to determine tidal constituents are currently conducted using various satellite-based and ground-based techniques. For approximately the past decade, GNSS Interferometric Reflectometry (GNSS-IR), which analyzes the oscillations caused by multipath effects in GNSS Signal-to-Noise Ratio (SNR) data, has also been used as an alternative method for determining sea levels. In this study, the feasibility of using sea levels obtained from GNSS-IR to estimate the amplitude and phase values of long-period (SSa, Mm, Mf), diurnal (Q1, O1, P1, K1), and semi-diurnal (N2, M2, S2, K2) tidal constituents was investigated. For this purpose, the multi-frequency, multi-GNSS SNR data collected by the PTLD GNSS station located in southeastern Australia throughout 2022 were analyzed using the GNSS-IR method, and hourly sea level estimates were obtained. Tidal constituents were estimated using harmonic regression, separately for single and multi-GNSS solutions. The

estimated constituents were compared with those derived from measurements obtained from the PORL tide gauge station. The differences between the estimated tidal constituents were found to be within 0.7 cm for amplitude values and within 17.5 degrees for phase values. The phase values of the diurnal and semi-diurnal tidal constituents were obtained with an accuracy of less than 36 minutes in temporal resolution. Overall, the results indicate that the hourly sea level estimates derived from the analysis of multi-frequency, multi-GNSS SNR data using the GNSS-IR method can be effectively used for estimating short and long-period tidal constituents in coastal regions.

Keywords: *GNSS-IR, Multi-GNSS, Sea level, Tidal analysis, Tidal constituents*

Türkiye Genelinde GRACE ve GNSS Zaman Serileriyle Hidrolojik ve Jeolojik Deformasyonların İncelenmesi

Examination of Hydrological and Geological Deformations Across Türkiye with GRACE and GNSS Time Series

Aydın Üstün[1,✉] , Muhammed Ali Güvenaltın[2], Gonca Okay Ahi[2]

[1]*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli*
[2]*Hacettepe Üniversitesi, Ankara*

✉*aydin.ustun@kocaeli.edu.tr*

Özet

Yerkabuğu deformasyonları geniş ve alansal ölçekte InSAR (Interferometrik Sentetik Açıklıklı Radar) yöntemiyle analiz edilebilmektedir. Ayrıca, yer kontrol noktalarında üç boyutlu yer değiştirme büyüklüklerinin ölçülmesini olanaklı kılan GNSS (Küresel Navigasyon Uydu Sistemi) yöntemleri, yüzey deformasyonlarının izlenmesinde etkin şekilde kullanılmaktadır. Anılan yöntemler iklim değişikliğine bağlı atmosferik, hidrolojik kuraklık takibinin sağlanmasına, bu olayların tektonik plaka hareketleriyle ilişkisinin araştırılmasına ve özellikle tarımsal havzalarda sıklıkla meydana gelen çökme etkilerinin anlaşılmasına önemli katkılar sağlamaktadır.

Yer çökmesi olayını meydana getiren olaylar doğal olduğu kadar insan faktörüyle de ilişkilidir. Yeraltı sularının kontrolsüz kullanımı ve kuraklık olayları birlikte gelişmesi söz konusu deformasyon etkilerini arttırmaktadır. Hidroloji kaynaklı sebeplerin çalışılabilmesi için geleneksel yöntemlerin yanı sıra yersel gravite gözlemleri, kuyu ölçüleri, hidrolojik modeller, yağış verisi ve yörüngede kitle taşınımı olaylarını izleyen uydu gravimetrisi (örneğin GRACE-FO: The Gravity Recovery and Climate Experiment Follow-on) gibi yeni tekniklere gereksinim duyulmaktadır. Bu gözlemlerin bazıları yerel ölçekte sinyal izleme sağlarken uydu gravimetresi bölgesel ölçekte sinyal katkısı sunmaktadır. Bu sayede, geleneksel istatistik yaklaşımlara ek olarak günümüzde oldukça popüler olan makine öğrenmesi algoritmaları yardımıyla uzun ya da kısa vadeli tahminler geliştirilebilmektedir. Söz konusu araçlar günümüzde çeşitli veri setleri arasında doğrusal olmayan ilişkiyi incelemeyi ve ileriye dönük çıkarım yapmayı kolaylaştırmıştır.

Bu çalışmada farklı jeodezik (GNSS, InSAR ve GRACE/GRACE-FO) yöntemler ile Türkiye coğrafyasında var olan yer çökmeleri ve sebep olan hidrolojik ve jeolojik kaynaklı değişimlerin incelenmesi ve olası sonuçlarının tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Araştırmanın temel odak noktalarından biri hidrolojik ve jeolojik yöntemlerin etkin kullanımını incelemek, uygun yöntem ve stratejileri belirlemektir. Konya Kapalı Havzası, Fırat-Dicle Havzası gibi Türkiye'nin büyük havzalarında tespit edilen çökme olaylarına etki edebilecek antropojenik faktörler, depremler ve mevsimsel değişimlerin etkisi göz önünde bulundurulmaktadır. Son olarak, alansal, zamansal ve konum bazlı çökme olaylarını ortaya koyduktan sonra makine öğrenmesi yöntemleri ile ileriye dönük tahminlerin yapılması da hedeflenmiştir

Anahtar Kelimeler: *Yer çökmesi, Kuraklık, Türkiye, GRACE-FO, GNSS, InSAR, Hidrojeoloji*

Abstract

Crustal deformations can be analyzed on a large spatial scale using the InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) method. Additionally, GNSS (Global Navigation Satellite System) methods, which allow the measurement of three-dimensional displacement magnitudes at ground control points, are effectively used for monitoring surface deformations. These methods make significant contributions to monitoring atmospheric and hydrological droughts caused by climate change, investigating their relationship with tectonic plate movements, and understanding the subsidence effects that frequently occur in agricultural basins.

The events that cause land subsidence are related to both natural and human factors. The uncontrolled use of groundwater and the occurrence of droughts together increase these deformation effects. In addition to traditional methods, new techniques are required to study hydrologically driven causes, such as terrestrial gravity observations, well measurements, hydrological models, precipitation data, and satellite gravimetry that tracks mass transport events in orbit (e.g., GRACE-FO: The Gravity Recovery and Climate Experiment Follow-on). Some of these observations provide signal tracking on a local scale, while satellite gravimetry contributes on a regional scale. As a result, alongside traditional statistical approaches, long- or short-term predictions can be developed using machine learning algorithms, which are highly popular today. These tools have made it easier to examine nonlinear relationships among various datasets and to make forward-looking inferences.

In this study, it is aimed to examine the subsidence events present in the geography of Turkey and the hydrological and geological changes that cause them, as well as to predict their possible outcomes using different geodetic methods (GNSS, InSAR, and GRACE/GRACE-FO). One of the main focus points of the research is to examine the effective use of hydrological and geological methods and to determine appropriate methods and strategies. Anthropogenic factors, earthquakes, and seasonal changes that may affect the subsidence events identified in Turkey's large basins, such as the Konya Closed Basin and the Euphrates-Tigris Basin, are also taken into account. Finally, after revealing the spatial, temporal, and location-based subsidence events, it is also aimed to make forward-looking predictions using machine learning methods.

Keywords: *Land subsidence, Drought, Türkiye, GRACE-FO, GNSS, InSAR, Hydrogeology*

Zeytindağı Fay Zonu ve Bergama Fayı Çevresinin Hız Alanı, Batı Anadolu

Velocity Field of the Zeytindağı Fault Zone and Bergama Fault Zone, Western Anatolia

Halil İbrahim SOLAK[1,2]✉, İbrahim TİRYAKİOĞLU[2,3], Çağlar ÖZKAYMAK[2, 4], Cemil GEZGİN[5], Bahadır AKTUĞ[6], Sefa YALVAÇ[7], Cemal Özer YİĞİT[8], Ergin DÖNMEZ[9], Ertuğrul DEMİRELLİ[3], Eda Esma EYÜBAGİL[3], Ece Bengünaz ÇAKANŞİMŞEK[3], Furkan ŞAHİNER[3], Muhiddin Can YILDIRIM[3], Hasan SÖZBİLİR[10], Umut ÖNCÜ[11], Mustafa SOFTA[10]

[1]*Afyon Kocatepe Üniversitesi Uzaktan Eğitim Meslek Yüksekokulu, Afyonkarahisar, TÜRKİYE*
[2]*Afyon Kocatepe Üniversitesi Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi, Afyonkarahisar, TÜRKİYE*
[3]*Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, TÜRKİYE*
[4]*Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, TÜRKİYE*
[5]*Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Aksaray, TÜRKİYE*
[6]*Ankara Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Ankara, TÜRKİYE*
[7]*Gümüşhane Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane, TÜRKİYE*
[8]*Gebze Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, TÜRKİYE*
[9]*Pamukkale Üniversitesi, Çivril Meslek Yüksekokulu Emlak ve Emlak Yönetimi Bölümü, Denizli, TÜRKİYE*
[10]*Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, TÜRKİYE*
[11]*Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir, TÜRKİYE*

✉*hisolak@aku.edu.tr*

Özet

Zeytindağı Fay Zonu (ZFZ) ve Bergama Fayı (BF), Türkiye'nin sismik olarak en aktif tektonik bölgelerinden biri olan Batı Anadolu Genişleme Bölgesi içerisinde yer alan önemli tektonik yapılardandır. ZFZ, kuzeydoğuda Bergama ile güneybatıda Çandarlı Körfezi arasında yaklaşık KKD-GGB doğrultusuna sahip yaklaşık 20 km uzunluğunda sağ yönlü doğrultu atımlı iki ana segmentten oluşmaktadır. Yuntdağını kuzeyden sınırlayan, aynı zamanda Bakırçay Grabeni'nin de güney sınırını teşkil eden BF, batıda, ZFZ'nun kuzeydoğu ucu ile doğuda Kınık arasında yaklaşık DKD-BGB doğrultusunda ve 9 km uzunluğa sahiptir. 2011 yılında güncellenen Türkiye Diri Fay Haritası'nda ZFZ, Kuvaterner fayı; BF ise diri fay olarak tanımlanmıştır. Aletsel dönem içerisinde, bu fay segmentlerinin kuzey doğusu ve kuzeybatısı sırasıyla, 18 Kasım 1919 Soma Depremi (Mw:6,7) ve 22 Eylül 1939 Dikili Depremi (Mw:6,4) ile sarsılmıştır. Aletsel dönemde ZFZ ve BF üzerinde raporlanmış herhangi bir yıkıcı deprem kaydı bulunmamakla beraber, 150'den fazla M≥3 deprem kaydı vardır. Zonun güncel hız alanının belirlenmesi ve deprem tehlike analizinin gerçekleştirilmesi amacıyla TUTGA (Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı), TUSAGA-Aktif (Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı - Aktif) ve kampanya tipi noktalardan oluşan 26 noktalık bir GNSS (Global Navigation Satellite Systems) ağı oluşturulmuştur. Ağda yer alan kampanya tipi noktalar 2 gün tekrarlı ve günlük minimum 8 saat olarak ölçülmüştür. İlgili kampanya dönemleri için TUTGA ve TUSAGA-Aktif ağına ait noktaların verileri HGM (Harita Genel Müdürlüğü) ve TKGM'den (Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü) temin edilmiştir. Elde edilen veriler GAMIT/GLOBK yazılımı ile değerlendirilerek günlük koordinatlar ve noktalara ait Avrasya sabit (ITRF 2014 – International Terrestrial Reference System and Frame) hızlar elde edilmiştir. Elde edilen öncül sonuçlar bölgenin literatürde yer alan çalışmalarla uyumlu olarak 22 - 28 mm/yıl ile güneybatı yönünde hareket ettiğini göstermektedir. Oluşturulan ağda yer alan noktalarda gelecek dönemlerde yapılacak GNSS ölçümleri ile birlikte tüm noktalarda hız doğrulukları iyileştirilerek zonun kayma hızları yüksek doğrulukla belirlenebilecektir. Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 121Y259 ve 121Y285 Numaralı projeler ile desteklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Zeytindağı Fay Zonu, Bergama Fayı, GNSS, GNSS Hızı*

Abstract

Zeytindağı Fault Zone (ZFZ) and Bergama Fault (BF) are prominent tectonic structures located within the West Anatolian Extensional Province, one of the most seismically active tectonic regions of Türkiye. ZFZ consists of two main right-lateral strike-slip segments approximately 20 km long with an approximately NNE-SSW orientation between Bergama in the northeast and Çandarlı Bay in the southwest. BF, which borders Yuntdağı to the north and also represents the southern border of Bakırçay Graben, has an approximately ENE-WSW orientation between the northeastern end of ZFZ in the west and Kınık in the east and is 9 km long. In the Active Fault Map of Türkiye updated in 2011, ZFZ is defined as a Quaternary fault and BF as an active fault. During the instrumental period, the northeast and northwest of these fault segments were shaken by the Soma Earthquake of 18 November 1919 (Mw: 6.7) and the Dikili Earthquake of 22 September 1939 (Mw: 6.4), respectively. Although there are no destructive earthquake records reported on the ZFZ and BF during the instrumental period, there are more than 150 earthquake records with magnitudes 3 and more. A 26-site GNSS (Global Navigation Satellite Systems) network consisting of TUTGA (Turkey National Fundamental GNSS Network), TUSAGA-Active (Turkey National Permanent GNSS Network - Active) and campaign type sites was established to determine the current velocity field of the zone and to perform earthquake hazard analysis. The campaign type sites in the network were measured for 2 days repeatedly and for a minimum of 8 hours per day. The data of the sites belonging to the TUTGA and TUSAGA-Active network for each campaign period were obtained from HGM (General Directorate of Mapping) and TKGM (General Directorate of Land Registry and Cadastre). The obtained data were evaluated with GAMIT/GLOBK software to obtain daily coordinates and Eurasian constant (ITRF 2014 - International Terrestrial Reference System and Frame) velocities of the sites. Preliminary results show that the region is moving in the southwest direction with 25 - 30 mm/year in accordance with the studies in the literature. Future GNSS measurements in the GNSS network will improve the velocity accuracies at all sites so that the shear velocities of the zone can be determined with high accuracy. This study is supported by the Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TÜBİTAK) under the projects numbered 121Y259 and 121Y285.

Keywords: *Zeytindağı Fault Zone, Bergama Fault, GNSS, GNSS Velocity*

Türkiye'de Sabit GNSS İstasyon Gerçeği

The Reality of Permanent GNSS Stations in Türkiye

Selçuk PEKER[1,✉], Tunahan GÜNDOĞAN[1], Faruk YALÇIN[1], Mevlüt Furkan AKGÜL[1], Yusuf URAL[1], Koray PEKTAŞ[1]

[1]*Harita Genel Müdürlüğü, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Ankara*

✉*selcuk.peker@harita.gov.tr*

Özet

Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı Aktif Yapı (TUSAGA-Aktif) sistemi üzerinden ülkemizde farklı kamu kurum ve kuruluşları ile özel sektör firmaları tarafından kurulmuş olan sabit GNSS (Küresel Uydu Konumlama Sistemi) istasyonlarının yapılarını anlatarak, hem TUSAGA-Akif sistemi ile ilgili ortaya atılan bazı eleştirilere açıklık getirmek hem de farkındalık yaratmak amacı ile gerçekleştirilecek bir sunu olacaktır. Bu kapsamda hem Harita Genel Müdürlüğü hem de Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü olarak sistemin gelişmesi için satın alınan yazılım hakkında bilgi verilecektir. Harita Genel Müdürlüğü tarafından işletilen Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA) istasyonlarının ve Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES) istasyonlarının modernize edilerek TUSAGA-Aktif ağına dâhil edilmesi ve ayrıca diğer kamu kurum ve kuruluşlar tarafından işletilmekte olan sabit istasyonların sisteme dâhil edilme süreci ve analizinde karşılaşılan sorunlardan bahsedilecektir. Ayrıca, TUSAGA-Aktif sistemi ile ilgili olarak yapılan eleştiriler içerisinde Harita Genel Müdürlüğü ve Tapu Kadastro Genel Müdürlüğüne en çok iletilen; TUSAGA-Aktif sisteminin çalışmadığı veya sistemden düzeltme verisi alınamaması, sistemin ücretlendirilmesi hususu ile en önemli olarak değerlendirdiğimiz TUSAGA-Aktif sistemi ile kamu kurum ve kuruluşları ile özel sektör bileşenleri tarafından kurulmuş sabit GNSS ağları kullanılarak aynı nokta üzerinde gerçekleştirilen ölçümler sonucunda elde edilen koordinatlar arasındaki meydana gelen farkların sebeplerine dair eleştiriler hakkında ilgili kişiler ile görüşmelerimiz ve söz konusu sorunlar hakkında kendi yaptığımız çalışmalar sonucunda elde etiğimiz sonuçlar açıklanacaktır. Bununla birlikte, kendi GNSS ağlarını kuracak olan kamu kurum kuruluşları ve özel sektör bileşenleri ile ilgili beklentilerimiz ve kurulmuş olan ağlar ile ilgili Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliğinin 44'üncü maddesi gereğince 2 (iki) yılda bir Harita Genel Müdürlüğünce onaylatılması gerektiğinin hatırlatılması yapılacaktır.

Anahtar Kelimeler: *GNSS, TUSAGA-Aktif, Ağ RTK*

Abstract

A presentation will be held to explain the structures of permanent GNSS (Global Navigation Satellite System) stations established by various public institutions, organizations, and private sector companies in our country through the Türkiye National Permanent GNSS Network Active Structure (TUSAGA-Active) system. The aim is to address some of the criticisms raised regarding the TUSAGA-Active system and to raise awareness. In this context, information will be provided about the software purchased to enhance the system, both by the Directorate General for Mapping and the Directorate General of Land Registry and Cadastre. The modernization of Türkiye's National Permanent GNSS Network (TUSAGA) stations and Türkiye's National Sea Level Monitoring System (TUDES) stations, operated by the Directorate General for Mapping, and their integration into the TUSAGA-Active network, as well as the process and challenges encountered during the inclusion and analysis of other permanent stations operated by public institutions and organizations into the system, will be discussed. Additionally, criticisms frequently directed towards the Directorate General for Mapping and the Directorate General of Land Registry and Cadastre concerning the TUSAGA-Active system, such as the system not functioning or the inability to receive correction data from the system, the pricing of the system, and most importantly, the differences in coordinates obtained from measurements conducted at the same point using fixed GNSS networks established by public institutions, organizations, and private

sector components, will be addressed. These issues will be elaborated on based on our discussions with the relevant individuals and the results of our own studies. Furthermore, our expectations from public institutions, organizations, and private sector components planning to establish their own GNSS networks will be shared. It will also be reminded that, according to Article 44 of the Regulation on the Production of Large-Scale Maps and Map Information, the established networks must be approved by the Directorate General for Mapping every two years.

Keywords: *GNSS, TUSAGA-Active, Network RTK*

Çanakkale İlinde Farklı Kuraklık Parametrelerinin Yıllara Göre Uzaktan Algılama Yöntemleri ile İncelenmesi

Analysis of Different Drought Parameters in Çanakkale Province Over the Years Using Remote Sensing Methods

Egehan Alumert[1,✉]

[1] *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Harita Mühendisliği Yüksek Lisans*

✉*egehanalumert@gmaill.com*

Özet

Su, yaşamın devamlılığı için kritik öneme sahiptir. İnsani yaşam faaliyetleri için suyun varlığı ve sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir. Kuraklık felaketi ise yeterli miktarda suyun ekolojiye ulaşamadığı takdirde karşılaşılan felakettir. Ülkemizi ve dünyamızı etkileyen iklim değişiminin bir sonucu olan kuraklık bilimsel araştırmaların konusu olmaktadır. Özellikle son yıllarda artan sıcaklıklar ve yağış düzensizlikleri kuraklık felaketinin etkilerini gözle görülür bir hale getirmiştir. Bilimsel araştırmalar ile bölgesel ve ulusal alanda kuraklık afetinin etkilerinin araştırılıp gelecek yıllar için önlemler alınması gerekmektedir. Bu çalışmada Çanakkale ili için 2010-2021 yılları arasında kuraklığın ne denli etkili olduğunu belirlemek temel amaçtır. Çalışmada uzaktan algılama yöntemleri kullanılmıştır. Google Earth Engine (GEE) platformunda MODİS ve LANDSAT verileri kullanılarak daha önceden literatürde belirtilen bazı kuraklık parametreleri incelenmiş ve yıllara göre değişimlerinin ne yönde olduğu belirlenmiştir. Tüm parametreler aylık, yıllık ve 3 yıllık olarak incelenerek birbirlerine etki eden parametreler karşılaştırılmıştır.

Çalışmada kullanılan MODIS ve LANDSAT verileriyle elde edilen kuraklık parametreleri, özellikle bitki örtüsü durumu, buharlaşma potansiyeli ve toprak nemi gibi göstergelerin detaylı analizini mümkün kılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, bitki örtüsündeki azalma ve buharlaşmadaki artış, kuraklık sürecinin ekosistemi nasıl etkilediğini gözler önüne sermektedir. Özellikle yaz aylarında sıcaklıkların artış eğilimi göstermesi, toprağın nem tutma kapasitesini düşürerek tarım ve su kaynakları üzerinde ciddi bir baskı oluşturmuştur. Bu durum, ilerleyen dönemlerde su yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi ve sürdürülebilir tarım politikalarının uygulanmasının önemini vurgulamaktadır. Nem ve yağış verilerinin azalma eğilimi gösterdiği 12 yıl boyunca arazi yüzey sıcaklığı verisinin artması ve diğer verilerdeki anormal değişimler çalışmanın amacı olan kuraklık felaketinin Çanakkale ili için ilerleyen yıllarda önlem alınması gerekilen bir durum olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Anahtar kelime: *Kuraklık, Uzaktan Algılama, Kuraklık Parametreleri, Google Earth Engine*

Abstract

Water is critically important for the continuity of life. The presence and sustainability of water are essential for human life activities. Drought, on the other hand, is a disaster encountered when an insufficient amount of water reaches the ecosystem. As a consequence of climate change, which affects our country and the world, drought has become a subject of scientific research. Particularly in recent years, rising temperatures and irregular precipitation have made the effects of drought more visible. It is necessary to study the impacts of drought on both regional and national levels through scientific research and take preventive measures for the future. This study aims to determine the extent to which drought affected Çanakkale Province between 2010 and 2021. Remote sensing methods were utilized in the study. Drought parameters previously identified in the literature were examined using MODIS and LANDSAT data on the Google Earth Engine (GEE) platform, and their trends over the years were

analyzed. All parameters were compared monthly, annually, and in three-year intervals to assess their interrelationships.

The drought parameters derived from the MODIS and LANDSAT data in the study enabled a detailed analysis of indicators such as vegetation condition, evaporation potential, and soil moisture. According to the results of the study, the decrease in vegetation cover and the increase in evaporation highlight how the drought process has affected the ecosystem. Particularly in the summer months, the trend of rising temperatures has reduced the soil's moisture retention capacity, exerting significant pressure on agriculture and water resources. This underscores the importance of developing water management strategies and implementing sustainable agricultural policies in the future. Over the 12-year period, the decrease in humidity and precipitation data, along with the increase in land surface temperature and other anomalous changes in the data, reveal that drought is a pressing issue in Çanakkale Province that requires preventive measures in the coming years.

Keywords: *Drought, Remote Sensing, Drought Parameters, Google Earth Engine*

Düşük Maliyetli ve Çift Frekanslı Çoklu GNSS RTK ve Varyometrik Yaklaşım Tekniklerinin Düşey Yönlü Dinamik Hareketleri Yakalayabilme Kabiliyetinin İncelenmesi

An Investigation of the Ability of Low Cost and Dual Frequency Multi-GNSS RTK and Variometric Approach Techniques to Detect Vertical Dynamic Movements

Emre Bozdoğan[1,✉], Mert Bezcioğlu[1], Berkay Bahadur[2], Ahmet Anıl Dindar[3], Burak Akpınar[4], Metin Nohutcu[2], Cemal Özer Yiğit[1]

[1]*Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli*
[2]*Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli*
[3]*Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kocaeli*
[4]*Yıldız Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli*

✉*e.bozdogan2019@gtu.edu.tr*

Özet

Bu çalışma, düşük maliyetli GNSS (Küresel Konum Belirleme Sistemi) alıcıları ve antenleri kullanılarak elde edilen çift frekanslı çoklu GNSS gözlemlerine dayalı RTK (Gerçek Zamanlı Kinematik) ve VA (Varyometrik Yaklaşım) tekniklerinin, düşey yönlü dinamik hareketleri tespit etme yeteneğini değerlendirmektedir. Bu amaçla, düşey yönlü dinamik hareketler üretebilen özel bir sarsma tablası kullanılmış ve frekansı 0.1 ile 5.0 Hz, genliği ise 5 ile 30 mm arasında değişen 28 adet harmonik salınım üretilmiştir. Çalışma kapsamında, düşük maliyetli GNSS gözlemlerine dayalı RTK ve VA tekniklerinin dinamik hareketleri belirleyebilme kabiliyetleri, jeodezik GNSS alıcılarıyla bağıl konum belirleme yönteminden elde edilen deplasman ve epoklar arası deplasman sonuçları ile hem zaman hem de frekans alanında karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. RTK çözümleri, rtklib programının rtknavi modülü ile elde edilirken, VA çözümleri ise PPPH-VA isimli açık kaynak kodlu yazılım aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Jeodezik GNSS alıcılarıyla bağıl konum belirleme çözümleri de rtklib programının rtkpost modülü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm GNSS tabanlı yöntemlerin doğruluğu, GNSS teknolojisinden tamamen bağımsız olan LVDT (Doğrusal Değişkenli Diferansiyel Transformatör) sensöründen alınan verilerle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Zaman alanında yapılan değerlendirmelerde RTK tekniğinin, jeodezik GNSS alıcılarıyla bağıl konum belirleme yöntemine kıyasla benzer ve bazı durumlarda daha düşük hata değerlerine sahip olduğu görülmüştür. VA tekniği ile elde edilen sonuçlar diğer tekniklerle karşılaştırıldığında ise, hata değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Frekans alanında yapılan değerlendirmelerde, düşük maliyetli RTK ve VA tekniklerinin, jeodezik GNSS alıcılarıyla elde edilen bağıl konum belirleme ve LVDT sonuçlarıyla mükemmel bir uyum gösterdiği ve deneydeki tüm temel frekansları yakaladığı görülmüştür. Bu bulgular, düşük maliyetli GNSS alıcı ve antenleriyle RTK ve VA tekniğinin YSİ (Yapı Sağlığı İzlemeleri) uygulamalarında etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Bu çalışma 122Y100 nolu TÜBİTAK-1001 projesi kapsamında desteklenmiş olup projeye ilişkin gelişmeler https://gnssshm.gtu.edu.tr/ web adresinden takip edilebilir. Bu projeye destek veren TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Anahtar Kelimeler: *Düşük maliyetli GNSS, Varyometrik Yaklaşım, RTK, LVDT*

Abstract

This study evaluates the capability of RTK (Real-Time Kinematic) and VA (Variometric Approach) techniques, based on dual-frequency multi-GNSS observations obtained using low-cost GNSS (Global Navigation Satellite System) receivers and antennas, to detect dynamic movements in the vertical direction. For this purpose, a special shake table capable of generating dynamic vertical movements was used, producing 28 harmonic oscillations with frequencies from 0.1 to 5.0 Hz and amplitudes varying between 5 and 30 mm. In the study, the ability of RTK and VA techniques based on low-cost GNSS observations to detect dynamic movements was comparatively analyzed in both the time and frequency domains with results obtained from relative positioning methods using geodetic GNSS receivers. RTK solutions were obtained using the rtklib program's rtknavi module, while VA solutions were realized through the open-source software PPPH-VA. Relative positioning solutions with geodetic GNSS receivers were also carried out using the rtkpost module of the rtklib program. The accuracy of all GNSS-based methods was evaluated by comparing them with data from LVDT (Linear Variable Differential Transformer) sensor, which is completely independent of GNSS technology. In the time domain evaluations performed, it was observed that the RTK technique exhibited similar and, in some cases, lower error values compared to the relative positioning method using geodetic GNSS receivers. When the results obtained with the VA technique were compared with other techniques, the error values were found to be quite close to each other. In the frequency domain evaluations, it was found that low-cost RTK and VA techniques showed excellent agreement with relative positioning results from geodetic GNSS receivers and LVDT, capturing all fundamental frequencies in the experiment. These findings demonstrate that the RTK and VA techniques using low-cost GNSS receivers and antennas can be effectively used in SHM (Structural Health Monitoring) applications. This study was supported by the TÜBİTAK-1001 project with the number 122Y100, and updates related to the project can be followed at https://gnssshm.gtu.edu.tr/. We would like to thank TÜBİTAK for supporting this project.

Keywords: *Low-cost GNSS, Variometric Approach, RTK, LVDT*

GNSS Konumlandırmasının Doğruluğu: GPS, GLONASS ve GALILEO Kombinasyonlarının Kullanımı

Accuracy of GNSS Positioning using the combinations of GPS, GLONASS and GALILEO

Deniz Cetin[1,✉], D Ugur Sanli[2], Sermet Ogutcu[3]

[1] *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Harita Mühendisliği, Çanakkale, Türkiye*
[2] *Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği, İstanbul, Türkiye*
[3] *Necmettin Erbakan Üniversitesi, Harita Mühendisliği, Konya, Türkiye*
✉ *denizgungordu@comu.edu.tr*

Özet

GNSS (Küresel Navigasyon Uydu Sistemi) konumlandırma doğruluğu, jeodezik ağların tasarlanması, saha çalışmaları ve yer hareketlerinin izlenmesi gibi birçok farklı alanda büyük bir öneme sahiptir. GNSS, dünya genelinde yaygın olarak kullanılan bir sistem olup, GPS, GLONASS ve GALILEO farklı uydu sistemlerini içerir. Her bir GNSS sistemi kendi içinde çeşitli avantajlara sahip olsa da, bu sistemlerin kombinasyonları, konumlandırma doğruluğunu önemli ölçüde artırabilir. Geçmişte, GPS'in konumlandırma doğruluğu üzerine çok sayıda çalışma yapılmış ve bu doğruluğun çeşitli bileşenleri (Kuzey, Doğu ve Yukarı) için matematiksel modeller geliştirilmiştir. Ancak, günümüzde GNSS teknolojilerinin çeşitlenmesi ve gelişmesi ile araştırmacılar, yalnızca GPS değil, aynı zamanda GLONASS ve GALILEO gibi diğer sistemlerin de doğruluğunu incelemeye yönelmiştir. Bu incelemeler, GNSS'nin yerel ve bölgesel deneyler sonucunda elde edilen verilerle doğruluğunun ölçülmesine dayanır. Doğruluk, hem kesirli çözüm (float) hem de tamsayı bilinmeyeninin kestirilmesi ile birlikte incelenir. Ancak, tüm GNSS sistemleri için belirsizlik çözümünü tek bir sistem içinde oluşturmak zordur, çünkü her bir sistem sürekli olarak geliştirilmektedir. Örneğin, 2019 yılında NASA'nın Jet Propulsion Laboratory (JPL), GPS, GLONASS ve GALILEO'nun sistemlerini kullanarak bir veri seti oluşturmuştur. Sürekli veri kullanarak GPS'in doğruluğunu bu sistemlerin kombinasyonlarıyla karşılaştırmışlardır. Biz de bu çalışmada, GNSS doğruluğunu 2019 yılında JPL tarafından oluşturulan veri seti ile güncellemeye çalıştık. 2023 yılına ait IGS MGEX verilerini kullanarak Gipsy-X yazılımıyla bir model geliştirdik. Ayrıca, IGS verisi yardımıyla GNSS kampanyaları oluşturulmuş, kampanya ölçümlerinin doğruluğu incelenmiş ve önceki GPS modellemeleri ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Üç sistemin (GPS, GLONASS, GALILEO) birleşimi en iyi doğruluk iyileşmesini sağlarken, dikey bileşende %20 oranında iyileşme sağlanmıştır. Doğu bileşeni, 2023 verilerine göre hafif sapma gösterse de, hala IGS doğruluk seviyeleri içerisindedir.

Anahtar Kelimeler: *GNSS, Doğruluk, MGEX, GPS, GLONASS, GALILEO*

Abstract

The positioning accuracy of GNSS is important for conducting effective fieldwork, designing geodetic networks and achieving desired deformation rates. Over the years, the positioning ac-curacy of GPS has been extensively studied and the mathematical models for the North, East and Up coordinate components have been developed. Today, researchers have turned their attention to studying the accuracy of GNSS positioning. The accuracy of GNSS positioning is currently manifested in the exchange of results from local and regional experiments. Accuracy is studied both in float mode and from an ambiguity-fixed solution, for different software packages and for different combinations of GNSS techniques. At present, it is difficult to establish an adequate framework for an ambiguity-fixed solution for all GNSS techniques, due to the continuous im-provement of individual techniques. In 2019, NASA-JPL succeeded in establishing a framework for an ambiguity-fixed solution using the GNSS techniques of GPS, GLONASS and GALILEO. They compared the accuracy performance of GPS with that of various combinations of these techniques for continuous data. The NASA JPL ambiguity resolution is not available for GNSS today for the reasons mentioned above. Therefore, here we have attempted to update GNSS ac-curacy using Gipsy-X software together with the ambiguity-fixed framework established by JPL in 2019 and a procedure we develop here using IGS 2023 MGEX data.

We also make inferences for GNSS campaigns that were missing in the JPL assessment. We have also attempted to model the North, East and Up components and compared them with previous GPS accuracy modelling. The combination of all three techniques (i.e. the GRE solution) gives the best accuracy improvement for all coordinate components. The vertical component from the campaign measurements benefits the most with 20%. Using 2023 data, the east component is slightly biased, but still within the IGS accuracy levels.

Keywords: *GNSS, accuracy, MGEX, GPS, GLONASS, GALILEO*

Uzay Jeodezisi ile Ortaya Çıkarılan 2023 Kahramanmaraş Depremlerinin Beklenmedik Uzak Alan Deformasyonu

Unexpected far-field Deformation of the 2023 Kahramanmaraş Earthquakes Revealed by Space Geodesy

Semih Ergintav[1], Philip Vernant[2], Onur Tan[3], Hayrullah Karabulut[4], **Seda Özarpacı**[5], Michael Floyd[6], Ali Özgün Konca[4], Ziyadin Çakır[7], Diğdem Acarel[8], Rahşan Çakmak[9], H. Vasyura-Bathke[10], Uğur Doğan[5], Ali İhsan Kurt[11], Alpay Özdemir[5], Efe Turan Ayruk[5], Muhammed Turğut[5], Özgür Özel[11], İlay Farımaz[5]

[1] *Jeodezi Anabilim Dalı, KRDAE, Boğaziçi Üniversitesi; İstanbul, Türkiye*
[2] *Laboratoire Géosciences, Université de Montpellier; Montpellier Cedex 5, Fransa*
[3] *Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Istanbul Üniversitesi -Cerrahpasa; İstanbul, Türkiye*
[4] *Jeofizik Anabilim Dalı, KRDAE, Boğaziçi Üniversitesi; İstanbul, Türkiye*
[5] *Harita Müh. Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi; İstanbul, Türkiye*
[6] *Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, MIT; Cambridge, MA, ABD*
[7] *Jeoloji Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi; İstanbul, Türkiye*
[8] *Yer ve Deniz Bilimleri Enst., Gebze Teknik Üniversitesi; Gebze, Kocaeli, Türkiye*
[9] *Yer Bilimleri Araştırma Grubu, TUBITAK MAM; Gebze, Kocaeli, Türkiye*
[10] *German Research Centre for Geosciences GFZ, Helmholtz Centre; Potsdam, Almanya*
[11] *Harita Genel Müdürlüğü; Ankara, Türkiye*

✉*seda.ozarpaci@gmail.com, ozarpaci@yildiz.edu.tr*

Özet

Büyük depremler sırasında yüzeyde gözlemlenen zamansal ve mekansal yer değiştirmeler, Dünya'nın kabuğundaki deformasyon süreçleri ve tektonik plakalar arasındaki etkileşimler hakkında hayati bilgiler sunar. Ancak, bu tür sismik olayların çevresinde yaygın jeodezik ağların bulunmaması, depremlerin yol açtığı geniş ölçekli kabuksal deformasyonların tam olarak anlaşılmasını zorlaştırmaktadır. Türkiye'de 6 Şubat 2023'te meydana gelen moment büyüklüğü 7.8 ve 7.6 olan Kahramanmaraş deprem serisi sırasında kullanılan ve 7/24 çalışan GNSS (Küresel Navigasyon Uydu Sistemi) ağı, büyük depremlerin tahmin edilen elastik modellerin ötesine geçerek uzak bölgelerde (>700 kilometre) kabuksal deformasyonlara yol açabileceğini ortaya koymuştur. Bu tür depremler, tektonik plakaların hareketlenmesini tetikleyebilir ve uzak alanlarda yeni depremler oluşturabilir. Bu durum, sismik risk değerlendirmeleri üzerinde derin etkiler yaratmakta olup, kabuksal deformasyon ve deprem mekaniği hakkında yeni bir bakış açısını zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışma TÜBİTAK 1001 121Y400, TÜBİTAK 1002C ve TÜBİTAK MAM 5207901 ve FBA-2024-6101 kodlu YTÜ BAP projeleri ile desteklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: *6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Deprem Serisi, GNSS, Sismoloji*

Abstract

The spatiotemporal displacements observed at the surface during large earthquakes provide critical insights into the deformation processes of the Earth's crust and the interactions between tectonic plates. However, the absence of extensive geodetic networks in the vicinity of such seismic events hinders a comprehensive understanding of large-scale crustal deformations caused by earthquakes. During the sequence of Kahramanmaraş earthquakes (moment magnitudes 7.8 and 7.6) that struck Türkiye on February 6, 2023, the continuous 24/7 operation of the GNSS (Global Navigation Satellite System) network revealed that large earthquakes can induce far-field crustal deformations (>700 kilometers), exceeding the predictions of elastic models. Such seismic events can trigger tectonic plate mobilization and lead to the initiation of earthquakes in distant regions. This phenomenon has profound implications for seismic hazard assessments and necessitates a new perspective on crustal deformation and earthquake mechanics.

This study was supported by TÜBİTAK 1001 121Y400, TÜBİTAK 1002C ve TÜBİTAK MAM 5207901 and FBA-2024-6101 code number YTÜ BAP.

Keywords: *February 6, 2023 Kahramanmaraş Earthquake Sequence, GNSS, Seismology*

Depremlerin Jeotermal Alanlardaki Yüzey Sıcaklık Değişimine Etkisinin İnsansız Hava Aracı Termal Görüntüleme ile Belirlenmesi

Determination of the Effect of Earthquakes on Surface Temperature Changes in Geothermal Fields Using Unmanned Aerial Vehicle-Based Thermal Infrared Imagery

Mehmet Ali Yücel[1,✉], Deniz Şanlıyüksel Yücel[2]

[1]Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü
[2] Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü

✉aliyucel@comu.edu.tr

Özet

Türkiye, dünyanın önemli deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya dağ kuşağında yer almaktadır. Türkiye'nin karmaşık jeolojik ve jeodinamik yapısı nedeniyle birçok aktif fay bulunmaktadır. Aynı zamanda Türkiye jeotermal kaynaklar açısından da zengin olup, 2000'den fazla jeotermal kaynak tespit edilmiştir. Jeotermal kaynaklar çoğunlukla aktif fay hatları üzerinde yoğunlaşmıştır. Deprem öncesi, depremle birlikte ve deprem sonrası jeotermal kaynaklarda bazı değişimler meydana gelmektedir. Bunlar sıcaklık, debi, basınç, renk, koku, tat, bulanıklık ve kimyasal değişimler olarak gözlenmiştir. Depremin etkisiyle jeotermal alanlarda yeni kaynak oluşumları meydana gelmekte veya mevcut kaynaklar kaybolmaktadır. Bu nedenle jeotermal kaynakların toplam debisinde değişimler olmaktadır. Ayrıca depremin etkisiyle jeotermal kaynaklarda ani sıcaklık değişimleri saptanmıştır. Oluşabilecek bir depremin önceden belirlenmesi için jeotermal kaynakların sıcaklık ve kimyasal değişimlerinin düzenli olarak takip edilmesi önemli bir parametredir. Jeotermal kaynakların izlenmesi, depremin öncesinde bir erken uyarı sistemi geliştirilmesine katkı sağlayabilir. İnsansız hava araçları ile ulaşılması zor veya tehlikeli olan alanların düzenli olarak izlenmesi, yüksek hassasiyette, hızlı ve gerçek zamanlı veriler üretilmesi sağlanmaktadır. Termal kameralı insansız hava araçları ile yüksek mekânsal çözünürlüklü termal görüntüler sağlanarak, jeotermal alanlarda yüzey sıcaklık dağılım ortofotoları üretilmektedir. Bu çalışma kapsamında Çan-Etili fay zonunda yer alan, KD-GB uzanımlı sağ yönlü doğrultu atımlı faya bağlı olarak yüzeye ulaşan Karaılıca jeotermal kaynaklarında sıcaklık ölçümleri ve su örneklemesi yapılmıştır. Jeotermal alanın yüzey sıcaklık değişimi insansız hava aracı termal kamera görüntüleri ile düzenli olarak izlenmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Deprem, jeotermal kaynak, insansız hava aracı, termal kamera, yüzey sıcaklık değişimi*

Abstract

Türkiye is located within the Alpine-Himalayan mountain belt and is one of the most seismically active regions in the world. Turkiye's complex geology and geodynamics result in the presence of numerous active faults. Türkiye is also rich in geothermal resources, and more than 2000 geothermal resources have been identified. The majority of geothermal resources are situated along active tectonic lines. It has been observed that changes occur in geothermal resources both prior to, during, and following earthquakes. Such changes can be observed in a number of ways, including temperature, flow rate, pressure, color, odor, taste, turbidity, and chemical composition. Due to the impact of the earthquake, new spring formations emerge in geothermal fields, while existing springs may cease to exist. For this reason, a change in the flow rate of the total geothermal spring is observed. Furthermore, abrupt temperature fluctuations have been observed in geothermal fields in conjunction with seismic activity. The regular monitoring of temperature and chemical changes in geothermal resources is an essential parameter for predicting an impending earthquake. The regular monitoring of

geothermal resources has the potential to contribute to the development of an early warning system. Unmanned aerial vehicles facilitate the generation of real-time data, offering diverse opportunities for remote data collection, regular monitoring, and control in challenging environments. Using unmanned aerial vehicles with thermal camera technology makes it easier to get high-resolution images and generate orthophoto of surface temperature distribution in geothermal fields. In the context of this study, water samples have been collected from the Karaılıca geothermal springs, which are reaching the surface due to the NE-SW trending right-lateral strike-slip fault located in the Çan-Etili fault zone. The surface temperature changes in the geothermal field are regularly monitored using unmanned aerial vehicle-based thermal infrared imagery.

Keywords: *Earthquake, geothermal spring, unmanned aerial vehicle, thermal infrared camera, surface temperature*

Hasan Dağı GNSS Ağındaki Anomalilerin Üçgen Alan Değişimi Yöntemi ile İncelenmesi

Investigation of Anomalies in Mount Hasan GNSS Network with Triangular Area Change Method

Gülşah Aydın[1], **Cemil Gezgin**[1,✉], Hediye Erdoğan[1], S. Sefa Bilgilioğlu[1], H. İbrahim Gündüz[1], H. Murat Yılmaz[1]

[1] *Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Aksaray, 68100*

✉*cemilgezgin@aksaray.edu.tr*

Özet

Volkanlar, patlamaları durumunda çevre üzerinde önemli bir yıkıcı etkiye sahip olan ve toplumsal ölçekte direkt ve dolaylı olarak olumsuz sonuçlar doğuran dünya yüzeyindeki deformasyon fenomenlerinden biridir. Volkanik patlama ya da püskürmeler, magma sisteminin şarj/deşarj mekanizmalarının neden olduğu şişme/sönme döngüleriyle ilişkilidir. Volkanik aktivitelerin izlenmesindeki huzursuzluk belirteçlerine volkan çevresindeki sismik aktivite, gaz çıkışlarında değişiklik ve magma hareketi sonucu bölgedeki yapıların biçim değiştirmesi sonucu meydana gelen yüzey deformasyonları gösterilebilir. Volkanik sismisite ve yüzey deformasyonları dünya çapındaki volkanları izlemek için kullanılan yaygın parametrelerdendir. Volkan kaynaklı sismik aktivite, ortam koşullarından bağımsız olarak volkandan güvenli bir mesafede sürekli olarak kaydedilebilmektedir ve elde edilen sismik veriler, volkan gözlemevleri tarafından rutin olarak gerçek zamanlı olarak otomatik olarak işlenmekte ve depremin yeri ve/veya sismik titreme genliği hakkında güncel bilgiler sağlamaktadır. Bu parametrelerden bir diğeri olan yüzey deformasyonu ise volkanik huzursuzluğun en erken ve önemli göstergesidir. Magma, volkanik yapıda hareket etmeye başladığında çevredeki kayaçlar yeni malzemeye uyum sağlamak için deforme olmakta ve bunun sonucunda da bu durum sıklıkla yüzey deformasyonuna neden olmaktadır. Yüzey deformasyonları ve konum değişiklikleri gibi çeşitli objelerin geometrik değişimlerini izleme uygulamaları uydu jeodezisi teknolojisinin gelişimiyle birlikte GNSS tekniği ile hızlı ve duyarlı olarak gerçekleştirilmektedir. GNSS tekniği ile volkanlardaki magma hareketliliği sonucu meydana gelen depremler ve yüzeyde meydana gelen yatay ve düşey yöndeki deformasyonlar uzun gözlemler sonucu ve çevrimiçi izleme ağları kullanılarak belirlenebilmektedir. Bu sebeple volkan deformasyonu izleme uygulamalarını daha yönetilebilir hale getirmek amacıyla günümüzde tüm volkan yerine volkanın üzerinde belirli aralıklarla tesis edilmiş sabit noktalardan kurulu ağların geometrisinden elde edilen bilgilerden faydalanılmaktadır. Bu amaçla, bu çalışmada Dünya Volkanoloji Birliği tarafından da aktif volkanlar listesinde yer alan, Holosen'de (son 11 bin yıllık jeolojik zaman dilimi) aktivite göstermiş olan Hasan Dağı çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Ülkemizin en genç volkanlarından biri olup Aksaray ve Niğde illeri arasında bulunan Hasan Dağı'nda (3262 m) 121Y401 no'lu TÜBİTAK projesi kapsamında tesis edilmiş olan sabit GNSS ağındaki verilerden faydalanılarak bölgede meydana gelen yüzey deformasyonlarının ve istasyonların konum değişimlerinin üçgen alan değişimi yöntemiyle tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *GNSS, Üçgen Alan Değişimi, Volkanik aktivite, Hasan Dağı*

Abstract

Volcanoes are one of the deformation phenomena on the earth's surface that have a significant destructive effect on the environment in the event of their eruptions and have direct and indirect negative consequences on a social scale. Volcanic eruptions or explosions are associated with inflation/deflation cycles caused by the charging/discharging mechanisms of the magma system. Indicators of unrest in monitoring volcanic activities can be seen as seismic activity around the volcano, changes in gas outputs and surface deformations resulting from the deformation of formations in the region as a result of magma movement. Volcanic seismicity and surface deformations are the most common parameters used to monitor volcanoes worldwide. Volcano-induced seismic activity can be continuously recorded at a safe

distance from the volcano, regardless of environmental conditions, and the seismic data obtained are routinely processed automatically in real time by volcano observatories and provide up-to-date information about the location of the earthquake and/or the amplitude of seismic tremors. Another of these parameters, surface deformation, is the earliest and most important indicator of volcanic unrest. When magma starts to move in the volcanic structure, the surrounding rocks deform to adapt to the new material and as a result, it often causes surface deformation. Applications for monitoring geometric changes of various objects such as surface deformations and location changes are carried out rapidly and sensitively with the GNSS technique with the development of satellite geodesy technology. With the GNSS technique, earthquakes caused by magma movement in volcanoes and horizontal and vertical deformations on the surface can be determined as a result of long observations and by using online monitoring networks. For this reason, in order to make volcano deformation monitoring applications more manageable, information obtained from the geometry of networks built from landmark points established at certain levels on the volcano is used instead of the entire volcano. For this purpose, in this study, Mount Hasan, also on the list of active volcanoes by the International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior (IAVCEI) and has been active in the Holocene (the last 11 thousand years of geological time period), was selected as the study area. It is aimed to determine the surface deformations and position changes of the stations occurring in the region using the triangle area change method by using the data from the continuously operating GNSS network built within the scope of the TÜBİTAK project numbered as 121Y401 on Mount Hasan (3262 m), one of the youngest volcanoes of our country, located between Aksaray and Niğde provinces.

Keywords: *GNSS, Triangular Area Change, Volcanic activity, Mount Hasan*

Jeodezik Deprem Tehlike Haritası

Geodetic Earthquake Hazard Map

M.Doruk ŞENTÜRK[1,✉], Vedat ÖZSARAÇ[1], Nazan KILIÇ[1], Bahadır AKTUĞ[2]

[1]*AFAD Deprem ve Risk Azaltma Genel Müdürlüğü*
[2]*Ankara Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği*

✉*mdoruk.senturk@afad.gov.tr*

Özet

Günümüzde yerleşim alanlarının belirlenmesinden büyük yapılarının tasarımına kadar birçok alanda bölgenin sismik aktivitesinin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut haliyle deprem katalogları ve sismik tehlike analinize dayalı olarak yapılan söz konusu analizler, gerek katalogların eksiklikleri gerek depremlerin çok uzun tekrarlanma aralıklarına bağlı olarak birçok bölgede yetersiz kalmaktadır. Özellikle, aletsel dönemde az sayıda veya hiç deprem üretmemiş ancak tarihsel süreç için büyük depremler üretmiş olduğu bilinen bölgelerde güvenilir deprem tehlike analizi yapılması ve deprem bölgelerinin sınıflandırılması oldukça güçtür. Diğer yandan, jeodezik ölçümler ile elde edilen çeşitli deformasyon parametreleri çok büyük oranda deformasyon hızı düzeyinde kalmakta ve deprem mevzuat deprem tehlike haritalarına esas büyüklükler ile ilişkisi kurulmamaktadır. Bu nedenle yerkabuğu deformasyonu veya jeodinamik amaçlı jeodezik çalışmalar mevzuatta da yer almamakta ve sadece deprem kataloglarına dayalı analizler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, yalnızca jeodezik yamulma hızları kullanılarak kataloglara dayalı söz konusu analizlerin eksiklerini bir ölçüde tamamlayabilecek bir yöntem ile ülkemiz için deprem tekrarlıklarının hesaplanarak deprem tehlike haritasının üretilmesi gösterilmiştir. Ülkemizde deprem tehlike analizinin sadece jeodezik verilere dayalı olarak yapıldığı ilk çalışma olma özelliği taşımaktadır. Çalışmanın geliştirilmesi ile hâlihazır mevzuatta sadece katalog verilerine dayalı olarak yapılması öngörülen deprem tehlike haritalarının, jeodezik yöntemlerin de eklenerek geliştirilmesine katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir. Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından desteklenen 121Y402 numaralı "Jeodezik Deprem Tehlike Analizi" başlıklı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Deprem Tehlike Analizi, Jeodezik Ölçüler, Deprem Tekrarlılığı*

Abstract

It is needed to analyze the seismic hazard in a particular region in many applications from the design of large buildings to the determination of settlement areas. The analyses which are currently carried out based on the seismic catalogues are insufficient in many regions due to the incomplete seismic catalogues and long recurrence intervals of large earthquakes. In particular, it is quite difficult to perform seismic hazard analysis and to classify the seismic hazard in the regions where very few earthquakes occurred during the instrumental period despite the known historical large earthquakes. On the other hand, deformation parameters obtained from geodetic measurements often remain at the level of deformation rates without any direct association with the relevant parameters of the seismic hazard maps. Therefore, crustal deformation or geodynamic oriented geodetic studies are not included in the current bylaws and only the analyses based on earthquake catalogues are employed. In this study, it is demonstrated to produce an earthquake potential map by computing the mean recurrence intervals of the earthquakes based on the geodetic strain rates is produced for Turkey with a method which could partially complement the current practice of analysis with seismic catalogues. In this respect, it is the first study in which earthquake recurrence maps are produced only on the geodetic measurements. It is expected that the seismic hazard maps which are routinely produced with seismic catalogues in bylaws will be complemented by incorporating the geodetic methods. This study was supported by TÜBİTAK 121Y402 project “Geodetic Earthquake Hazard Map”.

Keywords: *Seismic Hazard Analysis, Geodetic measurements, Earthquake Recurrence*

CORS Sistemlerinde GNSS Sabit İstasyonlarının Sıklaştırılması ve Ağ Performansının İyileştirilmesi

Densification of GNSS Fixed Stations in CORS Systems and Improvement of Network Performance

Meryem AYDIN[1,✉], Metin SOYLU[1], Ekrem AYYILDIZ[1]

[1]*Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Ankara,Turkey*
✉*tk46535@tkgm.gov.tr*

Özet

Bu çalışmada, Sabit GNSS istasyonlarının Sürekli Faaliyet Gösteren Referans İstasyonları (CORS) sistemlerinde sıklaştırılmasıyla ağ performansının nasıl iyileştirilebileceği araştırılmaktadır. Yüksek doğruluk gerektiren uygulamalar için GNSS istasyonlarının optimum yerleşimi kritik öneme sahiptir. İstasyonlar arasındaki mesafenin azaltılması, daha güvenilir veri üretimine katkı sağlar ve iyonosferik ve troposferik hataları en aza indirir. Bu çalışma, istasyon sıklaştırması için coğrafi ve topoğrafik özellikler, kullanıcı yoğunluğu ve veri gereksinimlerine dayanan temel kriterleri sunmaktadır.

İdeal istasyon aralığının belirlenmesi ve istasyonların çevresel faktörlerden korunması gibi unsurlar detaylı olarak tartışılmaktadır. Ayrıca, istasyonların uygun iletişim altyapısına sahip olacak şekilde ve bakım kolaylığı sağlayacak şekilde konumlandırılması gerektiği, ağın gelecekteki genişleme potansiyelinin göz önünde bulundurulması gerektiği önerilmektedir. GNSS verilerinin doğruluğunu artırmak amacıyla yapılan bu istasyon sıklaştırma çalışması, ağ performansını ve kullanıcı deneyimini iyileştirme yönünde önemli adımlar atmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *İstasyon Sıklaştırma, İyonesfer Hataları, Troposfer Hataları, TUSAGA-Aktif*

Abstract

In this study, we investigate how network performance can be improved by densifying fixed GNSS stations in Continuously Operating Reference Stations (CORS) systems. Optimal placement of GNSS stations is critical for applications requiring high accuracy. Reducing the distance between stations contributes to more reliable data generation and minimizes ionospheric and tropospheric errors. This study presents basic criteria for station densification based on geographic and topographic features, user density, and data requirements.

Factors such as determining the ideal station spacing and protecting stations from the environment are discussed in detail. It also suggests that stations should be located to provide adequate communications infrastructure and ease of maintenance, taking into account the future expansion potential of the network. This study on station densification to increase the accuracy of GNSS data takes important steps towards improving network performance and user experience.

Keywords: *Station Densification, Ionospheric Errors, Tropospheric Errors, CORS-TR*