

Türkiye'de Sabit GNSS İstasyonları

Sedat BAKICI

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Harita Dairesi Başkanlığı, Ankara,

Özet

Coğrafi konum bilgisini santimetre doğrulukta ve gerçek zamanda (RTK) belirlemek amacı ile TÜBİTAK Kamu Ar-Ge projesi sonucu olarak Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Harita Genel Komutanlığı ve İstanbul Kültür Üniversitesi tarafından kurulmuş olan TUSAGA-Aktif, Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif) Sistemi, Ülkemiz ve KKTC geneline 146 adet sabit GNSS istasyonu ile Harita Dairesi Başkanlığı'nda bulunan Kontrol ve Analiz Merkezinden oluşmaktadır.

TUSAGA-Aktif Sisteminin, 1 Ekim 2017 tarihi itibari ile 625 TKGM, 6681 Özel Sektör, 1111 Kamu Kuruluşu, 1034 Belediye ve 116 üniversite olmak üzere toplam 9567 kullanıcısı bulunmaktadır. Sunumda, TUSAGA-Aktif'in teknik altyapısı, idari-mali işletme esasları, cyber güvenliği ve gelecek planları detaylandırılacaktır.

Marmara Bölgesi Sürekli GPS Gözlem Ağı (MAGNET)

Prof. Dr. Abdullah KARAMAN

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü

Özet

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Marmara Araştırma Merkezi (MAM), Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü'nde (YDBE) sürekli GPS istasyonlarından oluşan bir gözlem ağı ile yer kabuğunun tektonik deformasyonlarını izleyerek deprem riskinin anlaşılmasına yönelik araştırmalar, TÜBİTAK ile Toplu Konut İdaresi (TOKİ) arasında, Dünya Bankası destekli 1992 Erzincan Depremi Rehabilitasyon Projesinden bu araştırmaları içeren bir projeye maddi destek verilmesi konusunda, yapılan görüşmelerle başlamıştır. 1997 yılında TOKİ ve TÜBİTAK arasında imzalanan protokolle Dünya Bankası tarafından TOKİ kullanımına verilen kredinin bir bölümü, Türkiye nüfusunun ve ekonomisinin büyük bir kısmını barındıran, geçmişte bir çok yıkıcı depremden etkilenmiş ve gerçekleştirilen ulusal/uluslararası bilimsel çalışmalarda deprem riskine yönelik önemli bulgular ve uyarılar sunulan Marmara Bölgesi'ndeki aktif fayları ve ilişkili tektonik deformasyonları araştırmaya yönelik bir proje kapsamında kullanılmak üzere TÜBİTAK'a tahsis edilmiştir. Projelendirme çalışmaları 1998 yılında tamamlanan "Marmara Bölgesi Sürekli GPS Gözlem Ağı" projesi, TÜBİTAK MAM, YDBE tarafından üniversitelerin ve araştırma kurumlarının (İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ), Harita Genel Komutanlığı (HGK), Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (BÜ KRDAE) ve Massachusetts Institute of Technology (MIT)) bilimsel katkıları da alınarak hayata geçirilmiştir. Sağlanan destek ile toplam 20 gözlem istasyonundan oluşan Marmara Bölgesi Sürekli GPS Ağı (MAGNET) 1998 yılında, TÜBİTAK Gebze Yerleşkesinde ilk sürekli GPS istasyonu TUBI ile kurulmaya başlanmıştır. 2000 yılında biten bu proje sonrası YDBE, öz kaynaklarından sağladığı desteklerle bölgedeki tektonik deformasyonları etkin gözleyecek şekilde MAGNET ağını geliştirmiş, güncellemiş ve günümüze kadar kesintisiz çalışmasını sağlamıştır.

Ülkemizde tektonik amaçlı çalışmalar için oluşturulan ilk sürekli GPS ağı MAGNET ve bölgenin daha sık uzaysal örneklenmesi için gerçekleştirilen GPS kampanyaları ile elde edilen gözlemler sayesinde, 1999 İzmit ve Düzce depremleri ile ilgili bilimsel açıdan önemli bulguların üretilmesi ve Marmara bölgesindeki aktif fayların davranışına yönelik temel jeodezik bilgilerin elde edilmesi sağlanmıştır.

MAGNET ağı sayesinde elde edilen deneyim ve bilgi birikimi ile Ege Açılma ve Doğu Anadolu Fay Sistemlerinin de sürekli GPS gözlem ağları ile izlenmesine yönelik araştırmalar yapılmış ve TÜBİTAK TARAL 1007 kapsamında desteklenen TURDEP projesinin bir parçası olarak EAS Sürekli GPS Gözlem Ağı (2007-2015) ve DAFS Sürekli GPS Gözlem Ağı (2007-2013) olmak üzere iki ağ kurulmuş ve işletilmiştir. Sürekli GPS ağları ve kampanyalarla elde edilen veriler, İTÜ, BÜ KRDAE ve Cumhuriyet Üniversitesi gibi kurumların gerçekleştirdiği projelerde elde edilen verilerle birlikte kullanılarak ülke genelinde deformasyon çalışmalarına altlık olabilecek bir hız alanı oluşturulmuştur.

Ayrıca, ülkemizde oluşan büyük depremler ($M > 6$) sonrasında deprem kaynak alanında geçici ağ ve kampanya tipi istasyonlar ile deformasyon izleme araştırmaları yapılmıştır.

Beklenen Marmara Depremi Öncesi Yerkabuğunun Sismo-Jeodezik Davranışının İzlenmesi: KandilliNet

Haluk ÖZENER, Aslı DOĞRU, Fatih BULUT, Bülent TURGUT, Onur YILMAZ, Aslı SABUNCU

Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeodezi Anabilim Dalı

Özet

Deprem risk tahmininin makro ölçekte iyileştirilmesi, buna bağlı risk alanlarının yeniden gözden geçirilmesi için, Marmara Denizi içindeki fayları kontrol eden yüksek duyarlıklı, gerçek zamanlı jeodezik ölçme sistemlerinin dolayısıyla Jeodezik bir altyapının tesis edilmesi amaçlanmaktadır. Proje kapsamında kurulmakta olan ağ altyapısında derinkuyu gerinim ölçerler, tiltmetreler, sismometreler ve sürekli ölçme yapan sabit GNSS istasyonları bulunmaktadır.

Ülkemizde ilk defa kurulmakta olan bu bütünleşik sistem ile, Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin Marmara Denizi içinde kalan kısmı için daha önce mümkün olmayan duyarlılıkta gerinim değerleri elde edileceğinden afet yönetiminden, deprem konusundaki akademik çalışmalara kadar birçok kesim için önemli bilgiler sağlaması beklenmektedir. Tüm bu katkılar nihai olarak, deprem zararlarının İstanbul ve çevresinde yaşayan insanlar üzerindeki etkisini azaltmaya yöneliktir.

Deprem Öncü İşaretleri İzleme İstasyonlarında GNSS

Oğuz GÜNDOĞDU¹, Fuat AGALDAY², Özden IŞIK³

¹ İstanbul Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü

² Doğa Hareketleri Araştırma Derneği (DOHAD)

³ İstanbul Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü

Özet

Deprem Öncü İşaretleri İzleme İstasyonları Projesi kapsamında İstanbul Kalkınma Ajansının Afetlere hazırlık programı çerçevesinde, 2014 yılında, beş adet Global Navigation Satellite Systems (GNSS) sabit istasyonu kurulmuştur. Tuzla, Beylikdüzü, Çatalca, Büyükçekmece ve Silivri ilçelerinde kurulan bu sabit GNSS istasyonlarından elde edilen veriler proje kapsamında değerlendirilerek Yıldız Teknik Üniversitesi tarafından raporlandırılmıştır. Projede kullanılan bu cihazlar L1 ve L2 frekanslarını alma özelliğine sahip olup Amerika Birleşik Devletleri'ne ait GPS Rusya'ya ait olan GLONASS uydularından veri alabilmektedir. Bu çalışmadaki ana amaç deprem öncesinde iyonosferdeki değişimleri incelemektir.

Sabit GNSS İstasyonlarının Verilerinin İşlenmesi ve Web Ortamında Yayınlanması: Veri İşleme Merkezi Oluşturulması

İbrahim TİRYAKIOĞLU¹, Ahmet Anıl DİNDAR², Burak AKPINAR³, Hediye ERDOĞAN⁴, Onur AYKUT³, Cemal Özer YİĞİT⁵, Hakan YAVAŞOĞLU⁶, Fahri KARABULUT³, Fatih POYRAZ⁷, Engin GÜLAL

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü,

²Gebze Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

³Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü,

⁴Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü

⁵Gebze Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü,

⁶İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü

⁷Cumhuriyet Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü

Özet

Dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de sabit GNSS istasyonlarının önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bu istasyonlar ülkemizde mühendislik hizmetleri başta olmak üzere, yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesi, yeraltı su kaynaklarının hareketlerinin tespiti gibi bilimsel çalışmalarında referans olarak kullanılmaktadır. Özellikle anlık konum belirleme özellikleri kullanılmak üzere son yıllarda kamu kurumları ve özel sektör kendi Sabit GNSS istasyonlarını kurmuşlardır. Bu istasyonlar Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliğinin 43 maddesine göre “istasyonlarından elde edilen veriler, belirtilen minimum koşulları sağlaması durumunda bu Yönetmelik kapsamında kullanılabilir. Dünyada bu tür verilerin toplanıp işlendiği birden fazla veri merkezleri mevcuttur. Ülkemizde ise sadece TUSAGA Aktif verilerinin işlendiği HGK bünyesinde bulunan veri işleme merkezi bulunmaktadır. Bu çalışmada Türkiye’de bulunan GNSS referans istasyonlarının verilerinin bir merkezde toplanması, işlenmesi ve sunumu ilişkin geliştirilen PEGASUS yazılım anlatılacaktır. PEGASUS programı, TÜBİTAK destekli “Ulusal CORS Sisteminin Kurulması ve Datum Dönüşümü (105G017)” projesi sırasında yapılan uluslararası işbirliği ışığında temelleri atılmış bir yazılım paketidir. 2012-2014 yılları arasında YTÜ ve AKÜ’de gerçekleştirilen BAP projeleri sırasında geliştirilmiştir. 115Y246 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında kurulan 2 adet GNSS istasyonu ile programın güncellenmesi başlanmıştır. PEGASUS programı günlük olarak çalışmakta olup, (1) referans istasyonlarından bir gün öncesine ait GNSS verilerini toplanması, (2) toplanan verilerin format değişikliklerini ve kalite kontrolünü yapılması, (3) GAMIT/GLOBK programları ile tekrarlılık analizleri ile koordinat ve hız verilerini üretilmesi, (4) her istasyon için zaman serisi oluşturulması, (5) verileri WEB ortamında sunulması olmak üzere beş ana bölümden oluşmaktadır. Yazılımın ilk sürümü MATLAB programlama dilinde prototip olarak hazırlanmıştır. İkinci sürümü Python programlama dilinde PEGASUS versiyon 2 olarak geliştirilmesi devam etmekte olup yakın zamanda tamamlanacaktır. Bu çalışma ile elde edilen deneyimlerin Ulusal ölçekte projelendirilmesi amacıyla çalışmalar başlatılmıştır.

COMU Sabit GNSS İstasyonunun Bölgedeki Jeodezik Çalışmalara Katkıları

R. Cüneyt ERENOĞLU

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 17020, Çanakkale, Türkiye.

Özet

Bu çalışmada dört farklı noktada yapılan ağ bazlı RTK ölçümlerine önceden yerleri değişmiş olan Tusaga-Aktif CORS istasyonlarının GNSS dünyanın her yerinde yüksek doğrulukla üç boyutlu konum belirleme amacıyla geliştirilmiş uydu bazlı bir konumlama sistemidir. GNSS'in kullanım amaçlarına yönelik olarak bağımsız GNSS alıcıları tarafından toplanan kampanya tipi çalışmaların yanı sıra olarak tüm dünyada 365 gün veri toplayan sabit GNSS istasyonlarının da sayısı giderek artmaktadır. İstasyonların referans istasyonu olarak kullanılmasını yanı sıra statik tipte toplanan veriler internet üzerinden kullanıcılara sunulmaktadır. 365 gün ve 24 saat çalışma prensibine göre sabit GNSS istasyonlarından elde edilen veri çözümleri gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Yerleşkesi Mühendislik Fakültesi bünyesinde tesis edilen COMU sabit GNSS istasyonu ($\varphi=40^{\circ}06'47.09''K$, $\lambda=26^{\circ}25'18''D$) yardımıyla Çanakkale ve yakın çevresinde gerçekleştirilen jeodezik çalışmalardan söz edilecektir. Elde edilen yüksek doğruluklu konum bilgileri ile bölgesel jeodezik çalışmalar için üst düzey referans oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında elde edilen bulgular aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- 24 Mayıs 2014 tarihinde Ege Denizi Çanakkale'nin batı açıklarında meydana gelen 6.5 büyüklüğündeki depremin merkez üstüne yaklaşık 83 km uzaklıktaki ÇOMÜ sabit GNSS istasyonuna olan etkisinin ortaya çıkarılması amacıyla deprem sırasında elde edilen veriler değerlendirilerek bir zaman serisi analizi gerçekleştirilmiştir.
- Bölgedeki farklı nitelikli heyelanların izleme çalışmalarında COMU sabit istasyonu etkin olarak kullanılmıştır.
- Çanakkale Belediyesi'nin inşa edilmekte olan yeşil yönetim binasında gerçekleştirilen zemin etüdü ve aplikasyon çalışmalarında COMU istasyonundan sağlanan veri setinde yararlanılmıştır.
- Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi özellikle yer bilimleri ile ilgili bölümlerde gerçekleştirilen GNSS tabanlı bilimsel çalışmalara yüksek doğruluklu konum bilgisi sağlanmıştır.
- Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Arkeoloji Bölümü tarafından yürütülen Maydos Kilisetepi Kazısında ihtiyaç duyulan jeodezik ağın tesisi, GNSS yöntemi ile halihazır harita üretimi ve üç boyutlu modelleme çalışmalarında COMU referans istasyonu kullanılmıştır.

Sonuç olarak, kurulan sabit istasyonu ile Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'ndeki lisans ve lisansüstü programlara ve bilimsel araştırmalara yıllar boyu altlık oluşturacak veri seti ile üniversitenin ve bölgenin jeodezik alt yapısına önemli katkılar sağlanmıştır.

Uydulardan Konum Belirleme Sistemi (UKBS)

Salih EROĞLU , Gözde TAFTALI , Ömer GÖKDAŞ , Özgür OKUR

İSKİ Harita Şube Müdürlüğü

Özet

Günümüzde geleneksel ölçme yöntemleri yerini gerçek zamanlı, etkin ve verimli kullanıma imkân veren Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri'ne (GNSS) bırakmaktadır. Türkiye'de bu teknolojiyi yerel yönetimler içerisinde ilk hayata geçiren kurum İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ), Harita İşleri Şube Müdürlüğü'dür. Gelen talepler doğrultusunda kurum dışındaki özel ve kamu sektörlerine de hizmet vermek amacıyla ücretsiz kullanıma açılmıştır. Bu çalışmada UKBS Projesi açıklanmakla beraber, Belediyecilik ve diğer mühendislik alanlarındaki önemi anlatılmaktadır.

BUSAGA BUSKI Sabit GNSS Ağı

K.Sedar GÖRMÜŞ¹, Çetin MEKİK¹, Ş.Hakan KUTOĞLU¹, Fatih ALİYAZICIOĞLU²

¹ Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü Zonguldak,

² BUSKİ, Emlak ve İstimlak Dairesi Başkanlığı, Osmangazi / BURSA

Özet

Sürekli gelişen teknoloji, GNSS'de de büyük değişimlere olanak tanımıştır. Geçmişte GNSS ile pasif jeodezik ağlar kurulurken, günümüzde bu ağlar aktif hale gelmiş ve sürekli ölçebilme kabiliyetine kavuşmuştur. Bu sayede son kullanıcı anlık olarak yüksek doğruluklu konum bilgisine ulaşabilmektedir. Bu gelişmelere kayıtsız kalmayan birçok ülkede Gerçek Zamanlı Sabit GNSS ağlarını kurmaya başlamıştır. Ülkemizde de bu alanda birçok kurum ve kuruluş kendi ağlarını kurmuş ve kurmaya da devam etmektedir. Türkiye'de GNSS sistemlerini kullanan ilk kurumlardan olan BUSKİ, tek bazlı sistemlerini güncelleyerek mevcut haline kavuşturmuştur. BUSKİ Sabit GNSS Ağı kısa adı ile BUSAGA; 7 gün 24 saat, Bursa Büyükşehir Belediyesi ve BUSKİ Genel Müdürlüğü'nün, ayrıca Bursa'da hizmet veren diğer Kurum, Kuruluş ve özel kişilerin GNSS tekniği ile yüksek doğruluklu konum bilgisi ile sahada üretim yapabilmelerini sağlayacak bir altyapı projesidir. Proje sadece gerçek zamanlı kinematik RTK düzeltme yayını yapmamakta, aynı zamanda, Web üzerinden sonradan işleme (post process) hizmetleri sunmaktır. Bu çalışmada BUSAGA sisteminin, projelendirme, kurulum ve test çalışmaları özetlenmiştir.

SASKİ GNSS Ağı

Hakan KOCAMAN

SASKİ Genel Müdürlüğü, Sakarya Büyükşehir Belediyesi, Bilgi İşlem Daire Başkanlığı

Özet

Sakarya Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü olarak, 16 ilçede tüm hizmet alanımızı kapsayacak şekilde tasarladığımız ve şehrimizin çeşitli noktalarına konumlandığımız sabit GNSS referans istasyonları ile hassas, kesintisiz ve hızlı bir veri akışı sağlanmaktadır. SASKİ GNSS Ağı ile hassas konum belirleme, saha çalışmalarını merkezden anlık izleme, şehrimizde uygulanacak projeler öncesi ve sonrasında hızlı ve güvenilir ölçüm yapabilme konusunda önemli kazanımlar sağlanmıştır. Ayrıca kaydedilen verilerin, deprem bölgesinde yer alan ilimiz ve çevre iller için yapılacak bilimsel çalışmalarda kullanılması amacı ile üniversiteler ile karşılıklı protokoller imzalanması hedeflenmektedir.

TUSAGA ve TUSAGA-Aktif Veri Analizleri: Stratejiler, Bulgular ve Öneriler

Soner ÖZDEMİR¹, Mahmut Onur KARSLIOĞLU², Murat DURMAZ²

¹Harita Genel Komutanlığı Jeodezi Dairesi, Ankara.

²Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Bölümü, Ankara.

Özet

Türkiye'de 1991 yılında kurulan Ankara (ANKR) istasyonu ile başlayan sabit GNSS (sGNSS) istasyonu çalışmaları, Harita Genel Komutanlığınca yürütülen Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı (TUSAGA) projesi ile hız kazanmış, Gerçek Zamanlı Kinematik (GZK) Ağ prensibiyle çalışan TUSAGA-Aktif sisteminin kurulmasıyla yeni bir boyut kazanmıştır. TUSAGA-Aktif sisteminin büyük ölçekli harita bilgisi üretimindeki yeri ve sGNSS verilerinin atmosferik ve tektonik çalışmalar gibi bilimsel araştırmalardaki önemi dikkate alındığında sGNSS verilerinin uygun model, ürün ve yaklaşımlarla analiz edilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada, Harita Genel Komutanlığınca uzun yıllardır uygulanan farklı stratejiler ile elde edilen çeşitli sonuç ve tespitler ile birlikte 113Y511 numaralı ve "Sabit GNSS İstasyonlarına Ait Zaman Serilerinde Zayıf Sinyallerin Tespit Edilmesi" başlıklı TÜBİTAK projesinin veri analizi bölümünde elde edilen bazı sonuçlar da sunulmaktadır. İstasyon alt gruplarının seçimindeki farklılıklar, Zenit Hidrostatik Gecikmeleri ve indirgeme fonksiyonları için kullanılan grid dosyaları, ikinci ve üçüncü derece iyonosferik etkiler, atmosferik yükleme gibi etkiler sonuçlara belli oranlarda etki edebilmektedir. Öte yandan istasyon özelinde, yüksek sinyal yansıması, sinyal kesikliğine sebep olan büyük coğrafi engeller, düşük alıcı performansı, bölgesel çökme, çevreyle uyumsuz hız, yeraltı su seviyesi değişimi, yüksek Karesel Ortalama Hata, kar yüklemesi, deprem etkisi, dış müdahale gibi çok çeşitli bulgular elde edilmiştir. GNSS zaman serilerindeki gürültü korelasyonsuz olarak modellenemeyeceği için, zaman korelasyonlu gürültü parametreleri göz önüne alınarak daha gerçekçi hız belirsizliklerine ulaşılmıştır. Böylelikle, sGNSS hızlarının gerinim analizi yoluyla jeofizik çalışmalarda kullanımının güvenilirliği artmıştır.

TUSAGA-Aktif Sistemi bilimsel amaçlardan ziyade, pratik uygulamalar için yeterli hassasiyet ve doğrulukta koordinat düzeltmeleri yayınlamak için tasarlanmıştır. Kullanıcı sayısı ve karşılaşılan problemler arttıkça, sistemin zayıf olabilecek yönleri de ortaya çıkmaktadır. Sistemde fay bilgisi mevcut olmadığı için, faylara yakın bölgedeki bir kullanıcı için oluşturulan Sanal Referans İstasyonu, fayın diğer tarafında ve farklı bir tektonik plakada bulunan bir referans istasyonu yardımıyla oluşturulabilmektedir. Bu da ölçü noktasını temsil etmeyen bir hız vasıtasıyla koordinatın ITRF96 2005.0 epoğuna ötelenmesi anlamına gelmektedir. Fay bilgilerinin ve çevresinden farklı bölgesel harekete sahip alan bilgilerinin sisteme tanıtılması gerekmektedir. Diğer yandan, özellikle istasyonlar arası mesafenin görece uzak olduğu bölgelerde referans istasyonlarından birinin arızalanması durumunda arazideki kullanıcıya gönderilecek ağ düzeltme parametrelerinin yeterli hassasiyette olmayabileceği akılda tutularak, çeşitli bölgelerde referans istasyon sayısının artırılması hususu göz önüne alınmalıdır.

TUSAGA-Aktif İstasyonları Koordinat ve Koordinat Değişimlerinin 2009-2017 Yılları GPS Verilerinden Yararla Belirlenmesi ve Uygulamada Kullanılması

Ali KILIÇOĞLU¹, Coşkun DEMİR²

¹ Gölbaşı Lisanslı Harita ve Kadastro Mühendislik Bürosu, Gölbaşı, Ankara

² GeoEksper Hrt.Müh.Ltd.Şti. Çayyolu, Ankara

Özet

Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Aktif yapısı (TUSAGA-AKTİF) ile ilgili çalışmalar 2006 yılından itibaren başlatılmış ve 146 istasyondan oluşan ağın kurulumu 2009 yılında tamamlanmıştır. TUSAGA-AKTİF ağı sağladığı gerçek zamanlı verilerle kadastro, ulaşım, altyapı, coğrafi bilgi sistemleri vb. alanlarda ihtiyaç duyulan hassas konumlama çalışmalarında yoğun olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, bu istasyonlarda toplanan gerçek zamanlı ve statik veriler atmosferik modelleme, yer kabuğu hareketlerinin izlenmesi gibi bilimsel amaçlara doğrultusunda kullanılmak üzere sunulmaktadır.

Bu çalışmada, TUSAGA-AKTİF istasyonlarında toplanan 2009-2017 yıllarına ait 30sn aralıklı statik verilerin zaman serisi analizi ile değerlendirilerek, istasyon koordinatları üzerinde etken olan faktörlerin incelenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla 146 istasyona ait 8 yıllık GPS verileri Bernese V5.2 yazılımı ile değerlendirilmiştir. Değerlendirmede International GNSS Service (IGS) analiz merkezlerinden birisi olan Center for Orbit Determination in Europe (CODE) ürünleri kullanılmıştır. TUSAGA-AKTİF noktalarında toplanan verilere ek olarak Türkiye ve çevresinde bulunan 20 adet IGS istasyonunda toplanan veriler de değerlendirmeye dahil edilmiştir. Veri değerlendirme işlemi günlük oturumlar şeklinde yapılmış ve toplam 2876 güne ait serbest normal denklem sistemleri elde edilmiştir. Günlük serbest normal denklem sistemleri 20 IGS noktasının ITRF2008 referans çerçevesinde yayınlanmış koordinat ve hızları üzerinde tanımlanan koşullarla belirlenen jeodezik datuma dayalı olarak hesaplanmış ve istasyonlara ilişkin koordinat zaman serileri elde edilmiştir.

Her noktaya ilişkin koordinat zaman serileri (kuzey, doğu ve yukarı) ayrı ayrı analiz edilerek, nokta koordinatları ile birlikte zamana bağlı koordinat değişimleri üzerindeki etkiler modellendirilmiştir. Bu modellendirmede ölçü dönemine ilişkin Türkiye ve yakın çevresinde meydana gelen M>5.0 depremler göz önünde bulundurulmuştur. Bu amaçla modele doğrusal hız bileşeninin yanı sıra, deprem veya diğer nedenlerle oluşan atılım, deprem sonrası hız değişimi ve mevsimsel periyodik etkiler gibi parametreler dahil edilmiş ve bu parametrelerin istatistiksel anlamlılığı irdelenmiştir.

TUSAGA-AKTİF koordinatları ITRF96 referans sisteminde 2005.0 epogunda yayımlanmıştır. Hesaplanan koordinatlar, halen kullanımda olan Türkiye Ulusal Referans Çerçevesine (TUREF) dönüştürülmüş ve 2005.0 epokunda hesaplanmıştır. Daha sonra TUSAGA-AKTİF noktalarının TUREF kapsamında hesaplanan ve halen kullanımda olan yayınlanmış koordinatları ve hızları ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Uygulamada, ölçü anına ilişkin istasyon koordinatları, yayımlanan koordinatlar ve hız bileşenleri yardımıyla doğrusal hız modeli kabulü ile hesaplanmaktadır. Yüksek konumlama doğruluğu gerektiren çalışmalarda doğrusal hız modeli kabulünün geçerliliğinin test edilmesi gerekir. Özellikle TUSAGA-AKTİF referans epogundan sonra meydana gelen depremler nedenleriyle nokta koordinatlarında oluşan deprem anı ve sonrası atımlar ile veya anten değişimi vb. nedenlerle oluşan etkilerin modellendirilmesi ve hesaplamada göz önünde bulundurulması önem taşımaktadır. TUSAGA-Aktif istasyonlarının herhangi bir ölçü zamanına ilişkin koordinatlarının daha doğru hesaplanması amacıyla, doğrusal hız modeline ilave olarak, değişik nedenlerle oluşan atılım, hız değişimi ve periyodik etkilerin modellendirildiği uygulamaya yönelik bir yazılım hazırlanmıştır.

TUSAGA ve TUSAGA-Aktif İstasyonları Zaman Serilerinin Gürültü Özelliklerinin Analizi

Ali İhsan KURT

Harita Genel Komutanlığı, Ankara

Özet

Birçok farklı etkinin karışımı yüzünden, GNSS zaman serilerinin stokastik modelini tanımlamakta kullanılan gürültü kaynağının ve doğruluğunun belirlenmesi zor bir süreçtir. Gürültü modelinin ve miktarlarının doğru tespiti, kestirilen parametrelerin hatalarının gerçekçi belirlenebilmesi açısından önemlidir. Daha önceki çalışmalar, eğer zaman veya konum korelasyonlu bir modelin ihmal edilmesi ve stokastik modelin yalnızca beyaz gürültüden oluştuğunun varsayılması durumunda, zaman serilerinden hesaplanacak hızın hatasının olması gerekenden çok daha küçük ve yanlış kestirileceğini göstermiştir. Yüzey deformasyonları veya gerinim birikimlerinin hesaplanması için yapılan jeodezik ölçülerin kullanıldığı jeofiziksel çalışmalar, sadece ilgili parametrelerin doğru tahminini değil aynı zamanda bu parametrelerin hatalarının da doğru tahmin edilmesini gerektirmektedir.

Gürültü analizinin gerçek amacı ve pratik uygulaması, gürültünün belirlendikten sonra mümkün olduğunca gürültünün sebep olduğu hata kaynaklarının temizlenmesi ya da azaltılmasıdır. Gürültü parametrelerinin anlaşılması, gürültünün kaynağının belirlenmesi ve verinin hassasiyetinin ve doğruluğunun iyileştirilmesi için gereklidir. Doğru belirlenecek bir stokastik model, ileride karşılaşılabilecek hata kaynaklarına karşı önlem alınması için de faydalı olacaktır. GNSS verisinin zamana bağlı gürültüsünün içeriğini anlamak, bu verilerden hesaplanan parametrelere gerçekçi yaklaşımlarda bulunabilmek için oldukça önemlidir.

Bu çalışmada, Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı (TUSAGA) ve TUSAGA-Aktif ağlarına ait 188 zaman serisinin kuzey-güney, doğu-batı ve yükseklik bileşenlerinin stokastik gürültü özellikleri incelenmiştir. Analizler için 2017 yılı ortalarına kadar olan günlük zaman serileri kullanılmıştır. Söz konusu serilerin uzunlukları, çoğunluğu yaklaşık 8.5 sene olmak üzere 3-17 sene arasında değişmektedir. Yer değişikliği yapılan ve 3 seneden fazla veriye sahip istasyonların zaman serileri ayrı ayrı analiz edilmiştir. Ayrıca, deprem etkisine maruz kalan istasyonların zaman serilerinin başlık kısımlarında deprem oluşma zamanları ve hangi bileşenlerin etkilendikleri tanımlanarak CATS yazılımının kayıklık miktarını kestirerek deprem öncesi ve sonrası günlük çözümlerin bir bütün halinde değerlendirmeye alınması sağlanmıştır. Zaman serilerinin, zamana bağlı olmayan durağan süreçler (beyaz gürültü) ve zamana bağlı durağan olmayan (renkli) süreçlerden hangi ölçüde etkilendikleri ve hangi gürültü modeline sahip olduklarının tespit edilmesine çalışılmıştır.

Stokastik modelin belirlenmesinde bozucu etkiye sebep olan kaba hatalar ön analiz ve kaba hata testi ile elimine edilerek gürültü analizine hazır hale getirilmiştir. Ayrıca farklı zamanlardaki depremlerden etkilenen istasyonlara ait verilerin postsismik etkiye maruz kalan kısımları serilerden çıkarılmıştır. Zaman serilerindeki Beyaz ve Güç Yasası (Kırpışma, Rastgele Yürüyüş) gürültülerinin miktarlarını belirleyebilmek için En Büyük Olabilirlik Kestirimi (EBOK) yöntemi kullanılmıştır. EBOK yöntemi aynı zamanda veriyi en uygun tanımlayan gürültü modelinin belirlenmesini de sağlamaktadır. İstasyonlar için en uygun modelin belirlenmesi için farklı gürültü modelleri CATS yazılımı kullanılarak test edilmiştir. Bu çalışmada, analizin deterministik model kısmına, eğim, kesim noktası, yıllık ve 6 aylık harmonik bileşenler dâhil edilmiştir. Mevsimsel etkilerin göz ardı edildiği durumlarda bu bileşenler Kırpışma Gürültüsü gibi davranarak yanlılık oluşturabilmektedir. EBOK analizi ile, yalnızca Beyaz Gürültü, Beyaz Gürültü ve Kırpışma Gürültüsü birleşimi, Beyaz Gürültü ve Rastgele Gürültü birleşimi kombinasyonları test edilmiştir. Son olarak Beyaz Gürültü ve Güç Yasası Gürültüsü birleşimi modeli test edilerek zaman serilerine ait spektral indeks değerleri ayrı ayrı tespit edilmiş ve sonuçlar incelenmiştir.

Sabit GNSS İstasyonlarında P-kod Ölçülerine Dayalı Gerçek Zamanlı Mutlak Konum Belirleme Doğruluğu ve Hata Kaynakları Araştırması

Aydın ÜSTÜN

Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü İzmit, Kocaeli.

Özet

Günümüz jeodezik uygulamalarında, tek alıcılı konum belirleme tekniği giderek artan bir popülerliğe kavuşmuştur. Bu ilginin nedeni, çok noktalı ağlarda baz uzunlarının ölçmesi ve buna dayalı statik değerlendirme yöntemlerine anlamlı bir seçenek sunmasıdır. Duyarlı konum belirleme (PPP) jeodezik kontrol ağından bağımsız olarak bir istasyonda yüksek doğruluklu konum bilgisine ulaşmayı sağladığı gibi, mutlak bir sistemde noktaya ilişkin jeodinamik olayların izlenmesini de olanaklı kılmaktadır. Yöntemin en önemli eksikliği 15 günden bir aya kadar uzanabilen değerlendirme gecikmesidir.

GNSS sistemlerinde tek alıcılı mutlak konum belirlemenin bir diğer yolu, P-kod ölçülerini (PPS) kullanmaktır. Konum bakımından yukarıda belirtilen düzeyde doğruluk düzeylerine ulaşmak mümkün değildir. Öte yandan, P-kod uzunluk ölçüleri 0.3 m'lik ölçme çözünürlüğüne sahiptir ve her iki frekansta gözlenebilmektedir. Daha da önemlisi elde edilen konum bilgisinin anlık oluşu PPS tekniğinin anlamını ve önemini arttırmaktadır. Özellikle sürekli izlenmesi gereken ve hızlı gelişen deformasyon olayları (deprem, volkanik aktivite, heyelan tsunami vb.) dikkate alındığında, yer değiştirme büyüklükleri kolaylıkla birkaç dm ve hatta m düzeyine çıkabilmektedir. Deformasyon büyüklüğü 0.3 m'nin üzerine çıkan anlamlı olaylarda, yayın efemerisine dayalı gerçek zamanlı değerlendirme teknikleri etkin bir jeodezik izleme fırsatı sağlar. Jeodezik izleme başarısı hata kaynaklarının modellenmesinin yanı sıra, en küçük kareler ve Kalman gibi filtreleme algoritmalarının yeteneklerine bağlıdır.

Bu çalışmanın amacı, çift frekanslı çoklu GNSS ölçülerini (P-kod) kullanarak sabit istasyonlarda jeodezik izlemeyi amaçlayan çalışmalar hakkında bilgi sunmak ve mutlak konum doğruluğuna ilişkin sonuçları paylaşmaktır. Yayın efemerisi, uydu ve alıcı saat hataları söz konusu doğruluğu etkileyen başlıca faktörlerdir. Yörünge hata kaynakları incelemesinde GPS, GLONASS, Galileo ve BeiDou yayın ve duyarlı efemeris karşılaştırması yapılmış; konum ve uydu saat hataları tespit edilmiştir. GPS ve Galileo için metre altı yörünge doğruluklarına ulaşıldığı gözlenmiştir. Sadece GPS uydu verilerinin epok bazlı çözümleri en küçük kareler yöntemiyle filtrelenmiştir. Günlük çözümlerin yatayda 10, düşeyde 25 cm'ye varan konum doğruluğunu yakaladığı görülmüştür. Alıcı saat hatasının (bias+drift) başka bir deyişle zaman transferi başarısının 1 ns'lik eşik değere çekilmesinin konum doğruluğu üzerindeki etkisi büyüktür. Bununla birlikte, çoklu GNSS sistemlerinin yayın efemerisi kalitesi iyileştikçe sonuçların daha da geliştirilebileceği değerlendirilmektedir.

Sabit GNSS İstasyon Ölçülerinin Değerlendirilmesinde Bazı Engeller

Orhan KURT

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli

Özet

Sabit GNSS istasyon (TUSAGA-Aktif, CORS-TR) ölçülerinin değerlendirilmesi kısa ölçü sürelerinde gerçekleştirilir. Kısa ölçü sürelerinde Duyarlı Konum Belirleme (DKB) yapabilmek için iki gerekliliğe ihtiyaç vardır. Birincisi bağıl konum belirleme yöntemi kullanmak ve ikincisi sağlam bir tamsayı belirsizliği çözüm yöntemi seçmektir. İkinci gerekliliğin başarısı baz uzunluğuna göre değişiklik göstermektedir. Baz uzunluğu arttıkça atmosferik etkiler tamsayı belirsizliği yönteminin başarı oranını düşürmektedir. DKB'nin başarısı kısa gözlem anlarındaki doğru tamsayı çözümüne bağlı olduğundan; tamsayı belirsizliğini etkileyen uydu sistemi sayısı (GPS, GLONASS, Galileo, Compass, ...), taşıyıcı dalga ölçü sayısı ve türü (sözgelimi GLONASS uydularının dalga boylarının farklı olması) gibi bazı durumlara dikkat edilmelidir. Bu çalışmada bu durumlar üzerinde durulmuş ve bu durumlar ile ilgili bazı önerilerde bulunulmuştur.

TUSAGA-Aktif (CORS-TR) gibi sistemler ile DKB belirleme için İkili Fark Ölçüleri (İF) kullanılır. İF ölçülerinde uydu alıcı saat hataları, başlangıç faz kayıklıkları tamamen ortadan kalkar. Uydu yörünge hataları, (troposfer ve iyonosferden kaynaklanan) atmosferik etkiler baz uzunluğuna göre azalır. Eğer baz uzunluğu kısa (<20km) ise İF tamsayı bilinmeyenleri uydu ve dalga boyu türü sayısına göre anlık olarak (tek epokta) kestirilir. Eğer baz uzunluğu TUSAGA-Aktif te (60-80km) olduğu gibi orta baz uzunluğuna (~100km) yaklaşırsa atmosferik etkiler tamsayı belirsizliğinin anlık başarısını düşürmektedir. Bu nedenle sistem tamsayı belirsizliği çözümü için birkaç epok ölçüye ihtiyaç duyar. Baz uzunluğuna bağlı olarak artan iyonosferik etki, tamsayı çözümünün başarısını engeller. İyonosferden bağımsız model ise tamsayı bilinmeyenlerinin tamsayı karakteri bozar. Bu nedenle literatürde Sanal Referans İstasyon Yöntemi (SRİY) önerilmiş, atmosferik etkiler bu yöntemden yararlanarak belirlenip giderilerek tamsayı belirsizliği çözümünün başarısı artırılmıştır. Çalışmada TUSAGA-Aktif sistemlerde kullanılan bu teknik üzerinde ayrıntılı olarak durulacaktır. GLONASS uydularının frekansları uydudan uyduya farklılık gösterdiğinden, GLONASS İF tamsayı bilinmeyenlerinin tamsayı özellikleri kaybolur. GLONASS uydularının tamsayı belirsizliklerini çözmek için literatürde iki farklı yöntem önerilmiştir. Birisinde kod ölçülerinden yararlanılırken, diğerinde Tekli Fark (TF) tamsayı belirsizlikleri ikili fark model içinde ayrı bilinmeyenler olarak düşünülmüştür. Uydu sistemi (GPS, GLONASS, Galileo, Compass, ...) ve dalga boyu (L1, L2, L5) türü sayısının artması atmosferik etkilere rağmen anlık tamsayı çözümü başarısını artırmaktadır. Anlık tamsayı çözümündeki en önemli etken görünen uydu sayısı ve bu uydulardan alınabilen ölçü türü sayısıdır. TUSAGA-Aktif alıcılarının çoğu sadece GPS, bazıları da GPS+GLONASS'ın L1 ve L2 dalga boylarındaki ölçülerini toplamakta ve değerlendirmektedir. Referans istasyonları ile gezici (kullanıcı) alıcıları arasındaki mesafenin artması atmosferik etki hatasının doğru tamsayı çözümünün başarısını düşürmesine neden olmaktadır.

Bu çalışmada TUSAGA-Aktif (CORS-TR) gibi sistemlerde karşılaşılan ve yukarıda kısaca özetlenen durumların matematik yapısı verilecek, bu durumlar sayısal uygulamalar üzerinden tartışılacak ve bu tür konum belirleme sistemleri ile ilgili ileriye dönük önerilerde bulunulacaktır

İyonosfer ve İyonosferik TEC Değişimlerinin GNSS Verileri ile İzlenmesi

Mualla YALÇINKAYA¹, Mustafa ULUKAVAK²

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Müh. Böl., 61080 Trabzon, Türkiye

²Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Müh. Böl., 63300, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Atmosferin en üst tabakalarından olan iyonosfer, deniz seviyesinin yaklaşık 70 km yukarısından başlayarak 1000 km yüksekliklere kadar ulaşan ve Güneş ışınlarının etkisiyle gerçekleşen foto-iyonizasyon sonucunda serbest elektronların ve iyonize olmuş moleküllerin oluşturduğu, atmosferin en iletken tabakasıdır. İyonosfer, radyo dalgalarının iletimi açısından oldukça önemli bir tabakadır. Günümüzde sivil ve askeri uygulamalarda kullanılan iletişim sinyalleri iyonosferin radyo dalgalarını yansıtma özelliği kullanılarak uzak konumlar ile haberleşme ihtiyacının giderilmesine imkan sağlamaktadır. İyonosfer, global konum belirleme uydu sistemlerinden (GNSS) gönderilen haberleşme sinyalleri için de büyük öneme sahiptir. GNSS uydularından yeryüzündeki alıcılara gönderilen sinyaller iyonosfer tabakasından geçerken gecikmeye veya hızlanmaya uğurlar. Bu durum GNSS sinyalleri için düzeltilmesi gereken hata kaynaklarından biridir. İyonosferin radyo dalgalarına etkisi, iyonosfer tabakasında zamana bağlı değişen elektron yoğunluğuna göre değişmektedir. İyonosfer tabakasındaki iyonizasyon miktarı ise Güneşin gün içinde meydana getirdiği iyonizasyon ile ilişkilidir. Güneşin meydana getirdiği iyonizasyon sonucunda serbest elektron miktarının yerel saat ile yaklaşık 13:00-14:00 saatleri arasında en yüksek seviyeye ulaştığı görülmektedir. Geceleri ise serbest elektronlar enerjilerini kaybeder ve serbest iyonlar ile tekrar birleşerek nötr atom ve molekülleri oluştururlar. Bu durumda serbest elektron sayısı azalır ve elektron yoğunluğu düşer. İyonosferdeki günlük değişimin yanı sıra dünyanın Güneş etrafında dönmesi ile güneşin ışınım açısındaki değişimlerden kaynaklanan mevsimsel değişimler nedeniyle de iyonosfer tabakasındaki aktivitelerde farklılaşmalar olur. İyonosferdeki bu değişimin asıl kaynağı ise 11 yıllık güneş döngüsünden kaynaklanmaktadır ve güneş lekeleri bu değişimler ile yakından ilişkilidir. İyonosferdeki değişikliğe sebep olan Güneş ve jeomanyetik aktiviteleri yorumlamak için uzay iklim koşullarına ait değişkenlere ait indis değerleri de kullanılmaktadır. Uzay iklim koşulu indisleri yersel veya uzaysal cihazlar ile sürekli gözlemlenerek atmosfer ve uzay fiziği veri merkezleri tarafından araştırmacılara sunulmaktadır. Uzay iklim koşullarının belirlenmesinde, Güneş aktivitesi, jeomanyetik fırtına ve jeomanyetik aktivite, manyetik alan, plazma yoğunluğu ve parçacık akışı gibi indisler kullanılmaktadır. İyonosferin yapısını anlamak amacıyla teorik ve deneysel birçok model geliştirilmiştir. İyonosferin karakteristik değişimlerini incelemeye kullanılan önemli parametrelerden biri de Toplam Elektron İçeriği (TEC) değişimlerinin belirlenmesidir. TEC, uydu ve alıcı arasındaki sinyal yolundaki 1 m² kesitli silindirik boyunca elde edilen toplam serbest elektron miktarının ifadesi olup TECU birimi (1 TECU 10¹⁶ el/m²) ile ifade edilmektedir. İyonosferin yapısını anlamak için GNSS sinyallerini kullanmak oldukça yaygın bir yöntemdir ve iyonosferin farklı elektron yoğunluğundaki yapısının GNSS sinyallerine etki ederek farklı frekanslardaki etkilerine ait kırılmaları incelenerek iyonosferin kısa ve uzun dönemli değişimleri takip edilebilir. Bu çalışmada, atmosferin en üst tabakası olan iyonosferin yapısı, iyonosfere etki eden aktiviteler ve bu aktivitelerin meydana getirdiği değişimler anlatılacaktır.

Kategori I Operasyonları için Sürekli GNSS Gözlemleri Kullanılarak GBAS İyonosferik Tehdit Modeli Parametrelerinin Kestirilmesi

Mahmut Onur KARSLIOĞLU, Amir YEGANEHSAHAB, Murat DURMAZ

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Coğrafi Bilgi teknolojileri Bölümü ve İnşaat Mühendisliği Bölümü, Geomatik Mühendisliği Lab., Ankara, Türkiye

Özet

Bu çalışmada, Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı'ndan toplanan GPS ve GLONASS gözlemleri kullanılarak Kategori I (CAT I) operasyonları için GBAS (Ground Based Augmentation System –Yer tanımlı Destek Sistemi) model parametreleri kestirilmiştir. CAT I operasyonları, 60 metreden fazla karar yüksekliği ve 550 metreden fazla pist görüş mesafesi ile hassas aletli yaklaşma ve iniş olarak bilinmektedir. İyonosferik anomali tehdit modeli, yarı sonsuz bir dalga cephesi olarak basitleştirilebilir. Bu dalga cephesi sabit yayılım hızına sahip eğim, genişlik ve hız olarak üç parametre ile tanımlanabilir. Kestirim işlemi iki yaklaşıma dayanmaktadır. Birinci yaklaşımda, en küçük kareler kestirim yöntemine dayanan bir Gauss Markov modelinde, iyonosferik dalga cephesinin hızını kestirmek için ideal bir düzlem dalga hareketinden faydalanılmaktadır. Geriye kalan eğim ve genişlik parametreleri, değişim oranı gradyanı kullanılarak belirlenir. Değişim oranı gradyanları, sırasıyla zamansal gradyanlardan ve kestirilmiş cephe hızı ile iyonosfer delme noktası (IPP) hızı arasındaki farklardan hesaplanır. İkinci yaklaşımda, dalga cephesinin hız ve yönelimi, ilk yaklaşımdaki yöntem uygulanarak kestirilirken, istasyon çifti gradyanlarının maksimum değeri doğrudan dalga cephesinin eğimini verir. GPS ve GLONASS STEC gözlemlerinin kalibrasyonu, Öklidyen kuadratik (karesel) B-Spline'larına dayanan çok boyutlu bir yaklaşımla bölgesel bir VTEC modellemesi uygulanarak gerçekleştirilir. Varyans bileşenleri kestirimi, her iki gözlemin stokastik modeldeki ağırlıklarına göre en uygun şekilde birleştirilmesi için gerçekleştirilmiştir. Daha güvenilir gradyanlar elde etmek için, gece yarısına denk gelen gözlem yaylarının bağlanmasında üç günlük gözlem kullanılmıştır. Son olarak, CAT I operasyonları için tehdit modeli parametreleri, yüksek jeomanyetik aktivitelere sahip özel günler için değerlendirilmiş ve her iki yaklaşımın sonuçları tartışılmıştır.

Sabit GNSS Verileri ile Troposfer Uygulamaları

Bahadır AKTUĞ¹, İsmail MERT², Mustafa YURTSEVEN², Gökhan GÜRBÜZ³, İlke DENİZ³, Çetin MEKİK³

¹Ankara Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Ankara.

²Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Atmosfer Modelleri Şube Müdürlüğü, Ankara.

³ Bülent Ecevit Üniversitesi Geomatik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak.

Özet

Sabit GNSS istasyonlarının önemli kullanım alanlarından biri de alt atmosferde mevcut su buharı miktarının belirlenmesidir. GNSS'in sağladığı yüksek zamansal çözünürlük, temel afet türlerinden biri olan taşkına neden olabilecek kadar kuvvetli yağışların tahmini için önemli bir girdi sağlayabilmektedir. Son yıllarda, kuvvetli yağışların tahmin ve takibinde; klasik ve geleneksel tahmin yöntemlerine ilave olarak, hava kütlelerinin su buharı içeriği ve değişimini yansıtan ve büyük zaman çözünürlüğüne sahip, yer esaslı GNSS-IPWV verisinin kullanımının önemi ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada, öncelikle GNSS verilerinin analizinde troposferin modellenmesi, GNSS tabanlı troposfer uygulamaları ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Daha sonra ise, 112Y350 no'lu "GPS ile Atmosferik Su Buharı Kestirimi" başlıklı TÜBİTAK projesinde elde edilen sonuçlar paylaşılmaktadır. Örnek veri olarak, İstanbul'da 2008 ve 2009 yıllarında can ve mal kaybına yol açan kuvvetli yağışlar; nem değişimlerinin yatay ve dikey olarak dağılımı bağlamında, GNSS-IPWV verileri; WRF tahmin modeli, radar ve gözlem verilerinin birlikte analizi ve kuvvetli yağışlarla ilişkisi açıklanmaktadır.

Sabit GPS Koordinat Zaman Serilerinden Deneysel Mod Ayırıştırma Yöntemiyle Deprem Sinyalinin Ayırıştırılması

Hasan YILDIZ¹, Ayça ÇIRMIK², Oya PAMUKÇU², Tolga GÖNENÇ², Muzaffer KAHVECİ³

¹Harita Genel Komutanlığı, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Cebeci, Ankara

²Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Tınaztepe Kampüsü, Buca-İzmir

³Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Konya

Özet

Tektonik hareketlerin zamana bağlı davranışlarını anlamak için depremlerin meydana gelme zamanının tespit edilmesi ve depremler nedeniyle kabuk yapısında meydana gelen zamana bağlı deformasyonun belirlenmesini gerekmektedir. Deprem öncesi, deprem anı ve deprem sonrasında ait GPS verilerinin/zaman serilerinin analizi ile bu tektonik hareketlerin oluş zamanları ve neden oldukları deformasyon miktarının tespit edilmesi mümkündür. İzmir körfezi açıklarında Haziran 2017 boyunca meydana gelen depremlerin olduğu alanı denetleyen aktif mekanizma içinde Karaburun'un kuzeyindeki Midilli fayı önemli bir konumdadır. Bu fay ana şokun olduğu Haziran 2017 boyunca aktivitesini sürdürmüştür. Bu sismik aktivite ile İzmir ve çevresi yüksek riskli gerilim transferinin olabileceği alan içinde kalmıştır. Buradan hareketle Dokuz Eylül Üniversitesi 2015.KB.FEN.034 projesi kapsamında İzmir'de kurulan IZMT sabit GPS istasyon koordinat zaman serilerine Deneysel Mod Ayırıştırma yöntemi uygulanarak Haziran 2017 döneminde Ege Denizi'nde olan depremlerin gerçekleşme zamanı ve neden oldukları yatay ve düşey deformasyon miktarı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Yüksek Frekanslı Sabit GNSS Verileri ile Sismojeodezik Uygulamalar

Doruk ŞENTÜRK¹, Bahadır AKTUĞ²

¹Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

²Ankara Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye.

Özet

Deprem gözlemi genel olarak kuvvetli (ivme ölçer) ve zayıf yer hareketi ölçerler (hız ölçer) ile yüksek örnekleme aralıklı (100-200 Hz) dalga formları kullanılarak yapılmaktadır. Mevcut gözlem sistemleri ile deprem büyüklüğünün özellikle büyük depremler için hızlı ve yüksek hassasiyette belirlenmesinde tüm dünyada bilinen teknik sorunlar mevcuttur. Bununla birlikte, hız ve ivme kayıtları yerine, genişbant sismojeodezik yerdeğiştirmelerin deprem gözlemi için kullanılmasının önemli avantajları mevcuttur. Sismojeodezik dalga formlarının kullanım alanlarından bazıları, deprem etki alanının kestirilmesi için deprem büyüklüğünün kısa zamanda belirlenmesi, Deprem Erken İkaz Sistemleri (DEİ) için ilk birkaç saniyedeki verilerle sismik moment büyüklüğünün kestirilmesi ve depremden sonra fay geometri ve kayma değerlerinin çözümlenerek moment büyüklüğünün yüksek duyarlıklı hesaplanması şeklinde sayılabilir.

Genel olarak, sismometrelerden de yerdeğiştirmelerin elde edilebilmesi mümkün olmakla birlikte, söz konusu sistemler inersiyal bir sistemde ölçüm yapmakta ve zamana bağılı hatalarının giderilmesi önemli bir sorun oluşturmaktadır. Büyük depremlerde, yakın alan hızölçerlerin önemli bölümü satüre olmakta, ivmeölçer için kullanılan düzeltme teknikleri (baz düzeltmesi, yüksek geçirgenli filtreler vs.) her kaynak-hedef ilişkisi hatta her kanal için ayrı ayrı yapılması gerekmekte ve kullanılan düzeltme teknikleri kullanıcı seçimine bağılı olmaktadır. Sismometrelerden düşük frekanslı yerdeğiştirmelerin yüksek duyarlıklı olarak elde edilmesinde önemli sorunlar bulunurken, GNSS yüksek frekanslarda duyarlığı görece olarak düşük olan ama alçak frekanslarda ivmeölçerlere göre daha yüksek duyarlık sağlayan bir ölçme sistemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca, GPS, inersiyal bir sistemde ölçüm yapan sismometreler ile elde edilmesi mümkün olmayan statik yerdeğiştirmelerin, yer merkezli sabit bir sistemde doğrudan hesaplanabilmesini sağlamaktadır.

Bu çalışmada, özellikle deprem büyüklüğünün yüksek duyarlıklı belirlenmesindeki temel sorunlar ve sismojeodezik verilerin katkısı açıklanmakta ve 116Y199 no'lu "Jeodezik Ölçüler ile Yüksek Duyarlıklı Genişbant Sismik Yerdeğiştirmelerin Elde Edilmesi" başlıklı TÜBİTAK projesi kapsamında gerçekleştirilen sismojeodezik analizlerin ilk örnekleri paylaşılmaktadır.

Tektonik Araştırma Amaçlı Sürekli GPS Ağları-MAGNET Örneği: Deneyimler, Sorunlar, Sürdürülebilirlik

Semih ERGİNTAV

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeodezi Anabilim Dalı

Özet

Deprem tehlikelerinin kestirimine yönelik gerçekleştirilen senaryolar için, fayların üzerinde biriken yamulma miktarlarının belirlenmesi, zaman içindeki değişimlerin izlenebilmesi ve fayların ürettikleri depremlerin karakteristik özelliklerine ve tekrarlanma aralıklarına ait kestirimlerin yapılmasına ihtiyaç vardır. Jeoloji, Jeofizik ve Jeodezi disiplinlerinin birlikte yol aldığı bu çalışmalarda, zaman içinde Jeodezinin katkısı Uzay jeodezisindeki ilerlemelere bağlı olarak önemli ölçüde artmıştır. İlk başlarda, kampanya tipi başlayan GNSS gözlemleri, teknolojik gelişmelere paralel, sabit GNSS ağları şeklinde aktif tektonik bölgelerde yoğunlaşmaya başlamış, depremlerin öncesinden başlayarak yamulma birikimlerini, deprem anında başlayan ve sonrası süregelen, ortamın reolojisine bağlı oluşan deformasyonların izlenebilmesini, deprem döngüsü modellerinin geçerliliklerinin sorgulanmasını sağlamıştır. Bu gözlemler sayesinde, yeni terminolojiler oluşmuş (sessiz depremler gibi), yeni mekanizmalar (yavaş kayma gibi) tanımlanabilmiştir.

Klasik uygulamalarda kullanılan ağlardan farklı topolojiler gerektiren tektonik araştırma amaçlı sürekli ağlara ülkemizdeki ilk örnek, 1999 depremleri öncesi Marmara'daki deprem tehlikesini izlemeye yönelik kurulmaya başlayan Marmara Bölgesi Sürekli GPS Ağı (MAGNET)'dir. 1999 depremleri öncesi konu hakkında uzman önemli yer bilimcilerin varlığı sayesinde (Nafi Toksöz ve Aykut Barka gibi), TÜBİTAK MAM Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü (YDBE)'nin öncülüğünde kurulmuştur. MAGNET'in kurulduğu ilk yıllarda ülkemizin önemli bazı kurumları da destek vermiş, izleyen yıllarda ağın gelişimi tümüyle TÜBİTAK MAM YDBE tarafından gerçekleştirilmiştir.

Ağın topolojisi, kurulduğu 1998 yılından itibaren, bütçe ve teknik gereksinimler kısıtları altında iyileştirilmeye çalışılmış, zaman içinde MAGNET'de ve benzer ağlarda kazanılan deneyimlerle Marmara'daki Kuzey Anadolu Fayı'nın kollarının oluşturduğu deformasyon alanını en iyi örnekleyecek bir yapı oluşturulmaya çabalanmıştır. Ağı sıklaştırmak adına kampanyalar yapılmış, modellerle ilgili kestirilen zaman bağımlı deformasyon alanını Marmara genelinde etkin gözleyebilmek için zaman zaman sürekli istasyonların yerleri değiştirilmiştir. Ağın kısıtlı istasyon sayısı nedeni ile gözden kaçırılacak farklı dalga boylu uzaysal değişimler InSAR katkısı ile belirlenmiş ve ağ topolojinin etkin gözlem yapabilmesi için güncellenmesi sağlanmıştır. Yaklaşık 20 yıldır çalışan MAGNET, bu süreçte altyapı, veri aktarımı, güç gereksinimleri, teknolojik değişimler, güvenlik, şehirleşme nedenleri ile de sıkıntılar yaşamış, dinamik çözümlerle iyileştirmeler oluşturulmuştur. Yeryüzünde GNSS ağları ile belirlenen yamulma birikimlerinin, kabuk yapısı içindeki farklı reolojik özellikleri belirlemede yetersiz kalması nedeni ile yere ait farklı özelliklerin de ölçülmesine de çalışılmış ve buna bağlı olarak zaman bağımlı mikro-gravite ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Araştırma amaçlı proje desteklerinin ortalama 3 yıl olduğu ülkemizde, devlet desteği olmadan ~20 yıldır MAGNET'in kaynak sağlanıp devam ettirilmesi ancak dolaylı yollardan sağlanan kaynaklarla mümkün olmuştur. Maalesef bu da, ağın çoğu zaman bilim dünyasına katkı sağlamasında kısıtlar oluşturmuştur. Bu çalışmada, MAGNET'de elde edilen bilgi birikimlerinden yararlanarak, optimum tektonik araştırma amaçlı sürekli GNSS ağı oluşturma yaklaşımı, zamana bağlı deformasyonlar için Sürekli GNSS gözlem stratejileri, InSAR/mikro-gravite ile entegrasyonun katkıları özetlenecek, benzer ağlar kuran veya kurmayı hedefleyen araştırmacılar için maddi ve teknik açıdan sürdürülebilirlik amacıyla çözüm önerileri verilecektir.

Sürekli GNSS İstasyonları İçin Yeni Bir Yaklaşım: Marmara Entegre GNSS Ağı (MEGA)

Uğur DOĞAN¹, Semih ERGİNTAV², Seda ÇETİN¹, Alpaz ÖZDEMİR¹, Ziyadin ÇAKIR³

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

²Boğaziçi Üniversitesi, KRDAE, Jeodezi Anabilim Dalı, Çengelköy, İstanbul

³İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maslak, İstanbul

Özet

Dünyanın bir çok ülkesinde olduğu gibi, sürekli gözlem yapan GNSS istasyonlarının (CORS), ülkemizde de farklı uygulama alanlarında sağlamış olduğu yüksek düzeyde kullanılabilir ve tekrarlanabilir olma özelliğinden dolayı her geçen gün kullanımı artmaktadır. Ülkemizin birçok bölgesinde TUSAGA-AKTIF ağına bağlı olarak gerçekleştirilen bağıl konum belirlemede yüksek düzeyde kullanılabilirlik sağlanamadığından dolayı kamu ve özel kuruluşlar tarafından özellikle konum belirleme sürecini hızlı olarak gerçekleştirmek için sürekli gözlem yapan GNSS istasyonları yaygın olarak kurulmaktadır. Bu ağlar kurumlar tarafından bağımsız olarak işletilmekte ve diğer ağ noktaları ile genelde hiçbir entegrasyonu bulunmamaktadır. Bu çalışma ile, Marmara Bölgesi'nde farklı kurumlar (TUSAGA-AKTIF, ISKI, SASKI, BUSKI vb.) tarafından kurulmuş olan sürekli GNSS istasyonları ile deprem aktivitesini ve heyelan/çökme gibi nedenlerle oluşan yüzey deformasyonlarını izlemek amacıyla kurduğumuz GNSS istasyonlarıyla birlikte entegre edilerek bir araya getirilmiştir. Sürekli gözlem yapan bu ağın, 1999 İzmit ve Düzce depremlerinden günümüze kadar olan dönemde Marmara bölgesinde oluşturduğumuz 70 kampanya GNSS noktaları ile sıklaştırılması yapılmış ve bölgede MEGA (Marmara Entegre GNSS Ağı) olarak tanımlanmış ve tüm Marmara bölgesini kontrol eden bir ağ yapısı oluşturulmuştur. Gerektiğinde sıklaştırmaya yönelik kampanyaların devam edilmesi hedefler arasına alınmıştır. MEGA verilerinin değerlendirilmesi ile kurumlar arasında bir entegrasyon sağlanmış ve aynı zamanda veri kaliteleri ve istasyon bilgilerinin güncel olarak kontrol altına alınması sağlanmış olacaktır. Bu sayede; MEGA ile bölgedeki doğal afet kökenli tehlikelerin (deprem, heyelan gibi) sürekli olarak izlenmesine, istasyonlarda meydana gelen yerel deformasyonların hızlıca belirlenerek ilgili kurumlar ile paylaşılmasına yönelik bir mekanizma oluşturulmuştur. Halihazırda, istasyonlara ilişkin zaman serileri (1s ve 30s'lik) üretilerek bölgenin güncel hız alanını belirlemeye yönelik temel veri setleri oluşturulmaya başlanmıştır. Ayrıca, üretilen sonuç bilgilerini (zaman serileri, hız alanları vb.) web üzerinden yayınlamak, bu veri setlerini kullanmayı hedefleyen araştırmacılara ve öğrencilere yönelik bir servis oluşturulması da hedeflenmiştir. Bu çalışmada, öncelikle MEGA'nın genel özellikleri tanımlanacak, geliştirilmesi ve etkin bir şekilde yönetilmesi için dikkate alınması gereken konular tartışılacak, farklı kuruluşlardan ve farklı model alıcılardan gelen verinin yönetimi ve analizine yönelik oluşturulan yaklaşımlar tanımlanacak, MEGA'nın vereceği servislerin özellikleri özetlenecek ve MEGA kapsamında derlenen ağ noktalarının yüksek duyarlılık olarak doğal afetlerin izlenebilirliğine yönelik kullanılabilirliği sorgulanacaktır.

TUSAGA-AKTİF CORS İstasyonlarının Yer Değişikliğinin Ağ Bazlı RTK Ölçümlerine Etkisi

Sermet ÖĞÜTCÜ, İbrahim KALAYCI

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya

Özet

Bu çalışmada dört farklı noktada yapılan ağ bazlı RTK ölçümlerine önceden yerleri değişmiş olan Tusaga-Aktif CORS istasyonlarının etkisi araştırılmıştır. Cihanbeyli (CIHA) ve Aksaray (AKSR) CORS istasyonları yerleri daha önce değişmemiş, Yunak (YUN1, yer değişikliği tarihi:04.01.2016) ve Konya (KNY1, yer değişikliği tarihi:06.03.2014) CORS istasyonları ise yerleri daha önce değiştirilmiş istasyonlar olarak ele alınmıştır. Ağ bazlı RTK tekniklerinden VRS, FKP ve MAC teknikleri kullanılarak bu dört adet istasyon düzeltmelerin yayınlandığı ana referans istasyonlar olarak kullanılmıştır. Ölçümler özel olarak tasarlanan bir aparat aracılığı ile her teknikten aynı anda iki saniye aralıklarla yaklaşık 3000 epok veri alınmıştır. Ağ bazlı RTK tekniklerinin doğru kabul edilen koordinatları yaklaşık 6 saatlik statik oturum sonucu rinex verileri GAMIT/GLOBK yazılımında değerlendirilerek bulunmuştur. Değerlendirilen rinex verileri sonucu kartezyen koordinatlar ITRF96 2005.0 referans epochunda yukarı-sağa projeksiyon koordinatları ve elipsoit yüksekliğine çevrilmiştir. Sonuç olarak önceden yer değiştirilmiş YUN1 ve KNY1 istasyonlarına ana referans istasyonu olarak bağlanıldığı durumda koordinat bileşenlerinin karesel ortalama hatası, CIHA ve AKSR istasyonlarına göre oldukça yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. YUN1 istasyonuna ana referans istasyonu olarak bağlanıldığı durumda yatay koordinat bileşenindeki karesel ortalama hata (rms, 1sigma) 3.8cm, yükseklik bileşenindeki rms 9.3cm (MAC tekniği için) çıkmıştır. KNY1 istasyonuna ana referans istasyonu olarak bağlanıldığı durumda yatay koordinat bileşenindeki rms (1sigma) 13.7cm, yükseklik bileşenindeki rms 73cm çıkmıştır (MAC tekniği için). CIHA ve AKSR istasyonlarına ana referans istasyonu olarak bağlanıldığı durumda rms (1 sigma) değerleri sırasıyla yatayda 4.2-6.0mm, düşeyde 14-12.3mm çıkmıştır (MAC tekniği için).

Türkiye İçin Çoklu GNSS PPP Performansının Değerlendirilmesi

Berkay BAHADUR, Metin NOHUTCU

Hacettepe Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Ankara.

Özet

Hassas Nokta Konumlama (PPP), yalnızca tek bir alıcı kullanarak statik modda santimetre seviyesinde doğruluk sağlayabilen bir konum belirleme tekniğidir. Bu tekniği güçlü kılan en büyük etken, global bir ağdan elde edilen hassas yörünge ve saat ürünlerinin uydu kaynaklı hataları en aza indirmek amacıyla kullanılmasıdır. PPP, GNSS kullanıcıları arasında özellikle son on senedir popüler bir konu olmuştur ve hassas ölçmeler, atmosferin izlenmesi ve modellenmesi, hava triyagülasyonu, yer kaynaklı tehlikelerin izlenmesi gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, arzu edilen doğruluğa (genellikle santimetre seviyesi) ulaşmak için gerekli uzun başlangıç süresi hala PPP'nin en büyük dezavantajıdır. Bu başlangıç süresi yakınsama süresi olarak adlandırılır ve çoğunlukla hassas ürünlerin kalitesine, görülen uydu sayısına ve bu uyduların geometrisine bağlıdır. Son dönemlerde GPS'e ek olarak yeni navigasyon sistemlerinin (GLONASS, Galileo ve BeiDou) ortaya çıkması bu dezavantajın ortadan kaldırılması için önemli bir fırsat sunmaktadır. Bir ya da birden fazla navigasyon sisteminden elde edilen gözlemlerin bir arada kullanılması Çoklu-GNSS (Multi-GNSS) kombinasyonu olarak adlandırılır ve bu kombinasyonlar uydu navigasyonu için ek uydu kaynağı sağlamaktadır. Dolayısıyla, Çoklu-GNSS kombinasyonları uydu geometrisinin iyileştirilmesine ve görünür uydu sayısının artırılmasına ciddi şekilde katkıda bulunur. Bu sayede, birden fazla uydu sisteminin navigasyon amacıyla ortak olarak kullanılması PPP performansının iyileştirilmesi açısından önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Bunlara ek olarak, Çoklu-GNSS kombinasyonlarının PPP tekniğine uyarlanması yeni modelleme yaklaşımları ve daha karmaşık veri işleme stratejilerini gerektirir. Dahası, Çoklu-GNSS PPP işlemini gerçekleştirebilecek yazılım sayısı oldukça kısıtlıdır. Var olan PPP yazılımlarının çoğu üniversiteler veya araştırma enstitüleri tarafından geliştirilmiş ve bunların çok azı Çoklu-GNSS PPP işlemlerini gerçekleştirebilmektedir. Ayrıca Çoklu-GNSS PPP işlemlerini gerçekleştirebilen yazılımların işlem adımlarına müdahale etmek mümkün değildir. Bu nedenle, yazarlar tarafından PPPH adında GPS, GLONASS, Galileo ve BDS gözlemlerini içeren Çoklu-GNSS PPP çözümünü gerçekleştirebilen bir yazılım geliştirilmiştir. Bu çalışmada, Türkiye'de Çoklu-GNSS kombinasyonlarının PPP sonuçları üzerindeki olası etkisini araştırmak amacıyla ANKR ve ISTA istasyonlarında (statik modda) 9-15 Temmuz 2017 tarihleri arasında toplanan Çoklu-GNSS verileri, PPPH yazılımı kullanarak GPS PPP, GPS/GLONASS PPP ve Çoklu-GNSS PPP (GPS/GLONASS/ Galileo/BeiDou) olmak üzere üç farklı senaryoda değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme esnasında uydu kaynaklı yörünge ve saat hatalarını en aza indirmek için IGS-MGEX projesi kapsamında yayınlanan hassas ürünler kullanılmıştır. Her istasyon için 24 saatlik PPP çözümleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar konum doğruluğu ve yakınsama süresi açısından değerlendirilmiştir. Doğruluk açısından değerlendirme yapabilmek için, IGS tarafından yayınlanan haftalık istasyon koordinatları kesin nokta konumları olarak kabul edilmiş ve buna göre konum hatası lokal (toposentrik) koordinat sisteminde hesaplanmıştır. Ayrıca, yakınsama süresi 3 boyutlu konum hatasının 10 santimetre altına düşmesi ve bu şekilde en az 10 dakika kalması için gerekli olan süre olarak tanımlanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde GPS/GLONASS ve Çoklu-GNSS PPP çözümleri, GPS PPP çözümüne göre doğruluk açısından kayda değer bir iyileştirme sağlamamaktadır. Bilindiği üzere gözlem süresi uzadıkça PPP çözümlerinin konum doğruluğu artmaktadır, bu nedenle günün sonunda her üç senaryo konum doğruluğu açısından birbirine benzer sonuçlar üretmiştir. Diğer taraftan, GPS/GLONASS PPP ve Çoklu-GNSS PPP çözümleri GPS PPP çözümüne göre yakınsama süresini ANKR istasyonunda sırasıyla % 22 ve 23; ISTA istasyonunda ise sırasıyla % 37 ve 39 oranında azaltmıştır. Galileo ve BeiDou sistemleri tam olarak faaliyete geçmediği için Çoklu-GNSS PPP çözümü GPS/GLONASS PPP çözümüne göre uydu sayısında ve dolayısıyla yakınsama süresinde kısıtlı bir iyileştirmeye neden olmuştur. Fakat yakın gelecekte bu sistemlerin tam olarak hizmete başlamasıyla PPP çözümlerini kayda değer şekilde iyileştireceği öngörülebilir. Ayrıca, 24 saatlik verileri değerlendirirken elde edilen yakınsama süresi çoğunlukla ilk 1-2 saatlik veriye bağlıdır. Bu nedenle, veri seti daha kısa süreli parçalara bölünerek elde edilen sonuçlar bu araştırma kapsamında detaylı olarak sunulacaktır.

Kampanya GPS Ölçülerinin Spektral Karakteri

Yener TÜREN, D. Uğur ŞANLI

Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü

Özet

Günümüzde, deformasyonların belirlenmesinde GPS kampanya ölçümleri hala geçerliliğini korumaktadır. Sabit istasyonların maliyetli ve belli sıklıkta olması nedeniyle kampanya ölçümlerine sıkça başvurulmaktadır. Öte yandan, Uluslararası GNSS Servisi (IGS) sabit istasyonlarının verisi kullanılarak kampanya ölçümlerinin süresi, sıklığı vb. konularda simülasyon yapmak mümkün olabilmekte ve kampanya verileri ile deformasyon belirleme kalitesini artırma yönünde çalışmalar yapılabilmektedir. Bu çalışmada biz kampanya ölçümlerinin spektral karakterini inceledik. Bu, kampanya ölçümleri içindeki mevsimsel etkileri dikkate alıp, deformasyon ölçülerini daha doğru belirleme amacıyla gerçekleştirilen bir incelemedir. IGS ağından global dağılmış noktalar seçerek bunların sürekli verisini aylık kampanyalar oluşturacak şekilde seyrelttik. Aylık kampanyalardan belirlenen deformasyon oranlarını sürekli GPS'ten elde edilen deformasyon oranları ile karşılaştırarak irdelemeler yaptık. Kampanya ölçümlerinin spektral karakterinin zaman zaman sürekli GPS spektral karakterinden farkettiğini gözledik. Fourier analizi sonucu belirlenen mevsimsel etkiler analize dahil edildiğinde kampanya gözlemlerinden elde edilen deformasyon oranlarının sürekli GPS deformasyon oranları ile uyumlu olduğunu izledik. Çalışmadan elde edilen çarpıcı örnekleri sizlerle paylaşmayı amaçlamaktayız.

Mesleki Açılımlar: Endüstri 4.0, Nesnelerin İnterneti –IoT, Sabit GNSS Referans İstasyonları ve Ağları

Rahmi Nurhan ÇELİK

İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü

Özet

Endüstri 4.0 ilk olarak 2011 yılında Almanya’da Hannover Fuarında dillendirildi. Aynı zamanda Nesnelerin İnterneti kavramı da gündeme geldi. Bu üretim endüstrisi için yeni bir yol haritası ve dahası yeni bir yaşam biçiminin de deklarasyonuydu. 4. Endüstri devrimi olarak ilan edilen Endüstri 4.0 diğer endüstri devrimlerinde farklı olarak en başından isimlendirilmişti. Temelde üretim endüstrisi için tasarlanan bu devrim, gündeme getirilişinin ardından birçok endüstri, meslek alanı ve hatta kişi tarafından ilgiyle karşılandı ve beraberinde birçok alanda ürün, uygulama üretilmesine ve açılımlar oluşturulmasına neden olmaya başladı. Bu değişim ve gelişim süreçlerine önemli ölçüde dahil olan endüstrilerden biri de Geomekansal endüstrisidir. Mekansal Veri Altyapısının günümüzde en önemli ve yüksek-teknoloji öğelerinden biri olan Sabit GNSS İstasyonları ve bu istasyonların oluşturduğu ağlar bu kapsamda farklı boyutlar kazanmaya ve uygulamaya farklı boyutlar kazandırmaya başladılar. Bu çalışmayla Sabit GNSS İstasyonları ve Ağları üzerinden Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti konusuna ve neden olduğu ve olacağı mesleki açılımlara yönelik bir vizyon oluşturmaya ve söz konusu bu gelişim ve değişimde sektör olarak nasıl bir yer tutabileceğimiz konusuna ışık tutulacaktır.

CORS ile Ormanlık Arazilerde Yapılan GNSS Ölçmelerinde RTK (Real Time Kinematik) Kullanımı

Veli AKARSU¹, Emin Kuntay KOÇ², D. Uğur ŞANLI³

¹Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak Meslek Yüksekokulu Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Kilimli / Zonguldak.

²Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü, Kadastro ve Mülkiyet Şube Müdürlüğü, Merkez / Zonguldak.

³Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Jeodezi Anabilim Dalı, Davutpaşa / İstanbul.

Özet

Bu çalışmanın amacı, topraklarının % 51 ormanla kaplı olan Zonguldak yöresinde CORS ile yapılan GNSS ölçmelerinde alıcının uydudan gelen sinyali alamaması problemi, RTK (Real Time Kinematik) ölçme yöntemi kullanarak aşılması incelenmiştir. CORS alıcı antenin sinyal alamamasının nedeni, ormanlık olan yöremizde ağaçların, uydulardan gelen veri akışını sağlayan antenin üstünü kapaması sonucu meydana gelmektedir. Ayrıca ormanların vadi (çukurda) ve dere içlerinde kalan noktalarda da şebekeye sinyalin ulaşamama gibi sorunlarda yaşanmaktadır. Problemin çözümü, ikinci bir uydu alıcısı kullanılarak yani RTK yapılarak aşılmaya çalışılmıştır. Bildiride ormanlık alanda yapılan GNSS ölçmelerinde yaşanan sorunlar ve bu sorunların çözümünde elde edilen bulgular tartışılmıştır.

GNSS Koordinat Zaman Serileri Stokastik Modelinin Özbağlanımlı Kayan Ortalama (ARMA) Kullanarak Elde Edilmesi

Mehmet Güven KOÇAK

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü

Özet

GNSS koordinat zaman serilerinin analizinde kullanılan stokastik modelin oluşturulmasında serinin güç spektrumunun frekansla değişimini bir fonksiyonla ifade eden spektral indis büyüklüğünden yararlanılır. Zaman serisi, hız bileşeni, yıllık ve yarı yıllık periyodik değişimler, atım değerleri gibi parametrelerle modellenir, uyuşumsuz ölçüler ayıklanır ve elde edilen düzeltmeler indis değeri hesabında kullanılır. Spektral indisin sayısal değerine bağlı olarak kesirli spektral (KS) indisli ve tam sayılı spektral indisli (beyaz gürültü (BG), kırışmalı gürültü (KG), rastgele yürüyüş gürültüsü (RYG)) modeller veya bunların kombinasyonu ile oluşturulan modeller kullanılır. Güncel araştırma çalışmalarında BG + KG modelinin çoğu GNSS sabit istasyonunun gürültü karakteristiğini açıklamakta yeterli olduğu geriye kalan istasyonlarda ise BG + KG + RYG veya KS modellerinin gürültü kompozisyonunu açıkladığı belirtilmektedir. Elde edilen gürültü içeriğine bağlı olarak stokastik model için gerekli kovaryans matrisi, seçilen bir fonksiyon (örn. Gamma fonksiyonu) kullanılarak bulunur. Yerleşmiş çözüm yönteminden farklı olarak bu çalışmada serinin spektral indisi hesap edilmeksizin stokastik modelin oluşturulabilmesine olanak veren bir yöntem önerilmiştir. Yöntem özbağlanımlı kayan ortalama (ARMA) modelini kullanmaktadır. Yöntemin uygulanmasında ilk aşamada düzeltmelerin durağan olup olmadığı test edilmiştir. Düzeltmelerden yararlanarak özbağlanım ve kayan ortalama model parametreleri bulunmuş, bu parametrelerle ifade edilen düzeltmelere hata yayılımı uygulanarak kovaryans matrisi elde edilmiştir. Yöntem benzetim verisi ve gerçek veri setleri üzerinde uygulanmıştır. Elde edilen her iki veri setine ait sonuçlar en uygun gürültü modeli tahmini yazılımlarından biri olan Hector'un ürettiği sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Önerilen yöntem ve Hector'la bulunan sonuçların örtüştüğü gözlenmiştir. Böylece ARMA kullanarak GNSS koordinat zaman serilerinin stokastik modelinin, serinin gürültü içeriğine bakılmaksızın belirlenebileceği ortaya konulmuştur.

Yirmidört Saatlik Kampanya GPS Hız Kestirim Doğruluğu

Simge TEKİÇ¹, D. Uğur ŐANLI², Ersoy ARSLAN¹

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakóltesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü

²Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakóltesi, Harita Mühendisliği Bölümü

Özet

Önceki çalışmalarda 8-12 saatlik GPS kampanyalarından, yatay ve düşey bileşen için elde edilen hızların 24 saatlik kampanyalardan elde edilen hızlarla yatayda %30-40 civarı ve düşeyde hiç uyuşmadığı belirlenmiştir. Bu alışmada IGS sabit istasyonlarından seyreltilerek oluşturulan, 24 saat gözlem süresine sahip GPS kampanyalarından elde edilen hızlar IGS sürekli verisinden elde edilen hızlarla karşılaştırılmış ve sonuçlar yorumlanmaya çalışılmıştır. GPS yatay bileşeninin tektonik hareket nedeniyle lineer bir değişim göstermesi sonucu, 24 saatlik GPS kampanyalarından elde edilen hızların sürekli GPS hızlarıyla yüzde yüze yakın bir uyum gösterdiği belirlenmiştir. 24 saatlik kampanyalardan elde edilen düşey bileşen hızlarının sürekli GPS hızları ile uyuşabilmesi için ise R-kare değeri yüksek yani veri-model uyumu 1.00'e yakın istasyonlar seçilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu istasyonlar daha ziyade buzul sonrası erimenin görüldüğü bölgelerde bulunmaktadır. Çalışmanın bulgularından coğrafyamıza yönelik çıkarımlar yapılmaya çalışılacaktır.

Sentinel 1-A'dan Türetilen Düşey Deformasyonların Sabit GPS İstasyonları Zaman Serileriyle Doğrulaması

Sefa YALVAÇ¹, Aydın ÜSTÜN²

¹Gümüşhane Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane.

²Kocaeli Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli.

Özet

İnterferometrik Yapay Açıklı Radar (InSAR) tekniği, faz farkı yöntemiyle yeryüzü üzerindeki değişiklikleri izleyebilen ve hızla büyüyen bir jeodezik izleme yöntemidir. Son yıllarda Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından yürürlüğe koyulan Sentinel 1A sistemi ile yer bilimlerine güncel, yüksek çözünürlüklü ve ücretsiz SAR verisi sunulmasıyla birlikte, yöntemin popülerliği daha da artmıştır. Ancak bu yöntemle yapılan analizlerin kalitesi, SAR sensör tipi, mevcut SAR görüntüsü sayısı, izlenecek deformasyonun tipi ve şiddeti, yansıtıcı yüzey ile olan mesafe ve yüzeyin yansıtıcılığı gibi bir çok etkenden kolayca etkilenebilmektedir. Bu nedenle, InSAR tekniği ile yapılan çalışmalara, doğrulama ve kontrol amacıyla bir yersel yöntemin eşlik etmesi istenir. Böylesi durumlarda, sabit GPS istasyonları düşük maliyet ve yüksek doğrulukları ile bir alternatif izleme ve doğrulama yöntemi olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, Konya Kapalı Havzasında zemin çökmelerinin izlenmesi amacıyla gerçekleştirilen, sürekli gözlem GPS istasyonları analizleri ve InSAR analizlerinin değerlendirilmesi ve karşılaştırılması yapılmıştır. Bu amaçla, Konya şehir merkezinde bulunan, TUSAGA-Aktif ağına ait KNY1 istasyonu ve Konya Büyükşehir Belediyesi bünyesinde bulunan BELD istasyonunun, 2014 yılının Ekim ayından bu yana mevcut tüm verileri elde edilerek, analiz edilmiştir. Yine aynı bölgenin InSAR yöntemiyle değerlendirilmesi amacıyla Sentinel 1-A uydusuna ait Eylül 2014 ile Temmuz 2017 tarihleri arasında, 34 görüntüden elde edilen 257 enterferogram kısa baz uzunluk (SBAS) yöntemiyle analiz edilmiştir. GPS analizleri ışığında, BELD istasyonunun -23.82 mm/yıl, KNY1 istasyonunun ise -60.86 mm/yıl hızla çöktüğü anlaşılırken, InSAR analizleri ile söz konusu noktalarda -19.16 mm/yıl ve -58.51 mm/yıllık çökme değerleri elde edilmiştir. Ayrıca, bu istasyonlara ait günlük GPS çözümlerden zaman serileri elde edilerek, çökmelerin yıl içindeki davranışları da tespit edilmiştir. Elde edilen çökme davranış grafikleri, InSAR yöntemiyle elde edilen 34 örneklem ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonrasında, aynı güne ait örneklem arasında, 1-10 mm seviyelerinde yakınlık ve %95 seviyelerinde çapraz korelasyon elde edilmiştir.

Ulusal C1, C2, C3 ve C4 Ağ Noktalarının GNSS ile Ölçümü ve Dengelenmesi

Veli AKARSU¹, Hakan GÜNGÖR², D. Uğur ŞANLI³

¹Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak Meslek Yüksekokulu Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Zonguldak.

²Van Tapu ve Kadastro 15. Bölge Müdürlüğü, İpekyolu / Van

³Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü

Özet

Bu çalışmada Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretme Yönetmeliğine (BÖHHBÜY) göre, ulusal C1, C2, C3 ve C4 noktalarının ITRF koordinatlarını belirlemek için, bu noktalarda yapılan GNSS ölçüleri ve TUSAGA-Aktif GNSS istasyonlarında, 7/24 saat ve 30 s aralıklı RINEX formatlı olarak alınan gözlem verileri de kullanılarak, dengeleme hesabı ile konum ve doğruluklarının belirlenmesi konusunda elde edilen bulgular tartışılmıştır.

Nepal Depremi Kaynaklı Olası İyonosferik Değişimlerin GNSS Ölçüleri Kullanılarak İrdelenmesi

Samed İNYURT¹, Çetin MEKİK¹, Ömer YILDIRIM²

¹ Geomatik Mühendisliği Bölümü, Bülent Ecevit Üniversitesi, 67100, Turkey.

² Harita Mühendisliği Bölümü Gaziosmanpaşa Üniversitesi, 60150, Turkey

Özet

İyonosfer tabakası yüksekliği 60 ile 1000 km arasında değişen ve çok sayıda serbest halde elektron barındıran tabaka olarak düşünülebilir. Bu tabakanın deprem, manyetik fırtına, solar aktivite vb. faktörlere duyarlı olmasından dolayı birçok bilim adamı tarafından yoğun olarak çalışılmaktadır. Bu çalışmada, 25 Nisan 2015 tarihinde saat 06.11.26 UTC'de merkez üssü (280.1470 N, 840.7080 E) ve derinliği yaklaşık 15 km olan Nepal depremi (Mw 7.8) irdelenmiştir. Bu depreme ilişkin deprem öncesi, anı veya sonrasında meydana gelen olası sismik iyonosferik bozukluklar, üç yüzden fazla GNSS alıcısı kullanılarak Center for Orbit Determination (CODE) merkezinin üretmiş olduğu Global İyonosfer Modele (GIM) ait TEC dataları kullanılarak irdelenmiştir.

Deprem öncesi, anı veya sonrasında meydana gelen olası iyonosferik değişimlerin ortaya çıkarılabilmesi amacıyla kartil bazlı istatistik metot kullanılmıştır. Bu metodda alt ve üst çeyrekler ilk 15 gün için hesaplanarak 16. güne ilişkin karşılaştırması yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda depremden önce üç gün içerisinde başlayan ve deprem günü dahil olmak üzere devam eden pozitif iyonosferik anomaliler tespit edilmiştir. Söz konusu anomalilerin deprem kaynaklı olup olmadığının anlaşılabilmesi amacıyla manyetik ve solar aktivite hakkında bilgi veren Kp, Dst ve F10.7 indisleri irdelenmiştir. Çalışma sonucunda söz konusu anomalilerin deprem kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.