

GCTS: GPS/GNSS Kampanya Zaman Serileri Analizi Yazılımı

GCTS: GPS/GNSS Campaign Time Series Analysis Software

Hüseyin Duman^{1,✉}, Doğan Uğur Şanlı²

¹Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği, 58140, Merkez/Sivas

²Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, Esenler/İstanbul

✉ hduman@cumhuriyet.edu.tr

Özet

Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System, GPS) – ya da diğer navigasyon uydularının da dâhil olmasıyla birlikte Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (Global Navigation Satellite Systems, GNSS) – sağladığı milimetre düzeyindeki konum doğruluğu sayesinde yeryüzü deformasyonlarının anlaşılmasında en sık başvurulan tekniktir. Yeryüzü deformasyonları farklı zamanlardaki koordinatların analizleri ile ortaya konulabilmektedir. Deformasyonları temsil eden deterministik büyüklükler ile bunların gerçekçi belirsizliklerinin (standart hataları) ortaya konulabilmesi için uygun stokastik süreçlerin zaman serisi analizlerine dâhil edilmesi gerekmektedir. GPS/GNSS zaman serilerindeki bu stokastik süreçler, literatürdeki en yaygın şekliyle, beyaz ve kırpışma gürültü kombinasyonu ile temsil edilmektedir. İlgili gürültü modellerinin kofaktör matrisleri ilk aşamada bilinse de büyüklükleri bilinmemektedir. Genellikle gürültü büyüklükleri analiz esnasında deterministik büyüklükler ile kestirilirler. Ancak, zaman serilerindeki boşluklar gürültü karakterlerinin ortaya çıkartılmasını zorlaştırabilmektedir. Kampanya zaman serileri belirli aralıklar ile hesaplanan koordinatlardan elde edilir ki bu ölçme tekniğinin doğası gereği çok büyük oranda veri boşluğundan meydana gelirler. Veri boşluğunu oranının fazlalığı zaman serilerini temsil eden stokastik süreçleri ortadan kaldırmamaktadır. Dolayısıyla, kampanya zaman serileri için de uygun stokastik süreçlerin hesaba katılması gerçekçi trend belirsizlikleri için önem arz etmektedir. Literatürde, kampanya zaman serisi tekrar edilebilirlik (weighted root-mean-squares, WRMS) değeri ile beyaz ve kırpışma gürültü büyüklükleri arasında doğrusal bir ilişki kurarak ampirik yaklaşımlar ile trend belirsizlikleri hesaplanmıştır. Burada, ortaya konulan doğrusal ilişki homoskedastik varsayım üzerine kurulmuştur. Aksine, doğrusal ilişkinin heteroskedastik varsayıma dayandırılarak, WRMS değerinin istatistiksel olarak geçerli olduğu aralıkta beyaz ve kırpışma gürültüsü için araştırma alanları oluşturulmuş, araştırma alanları içindeki en uygun gürültü büyüklükleri ile kampanya zaman serilerinden gerçekçi hız belirsizlikleri kestirilmiştir (<https://doi.org/10.1016/j.cageo.2022.105078>). Öz olarak ifade edilen bu çalışma, Python3 programlama dilinde “GCTS: GPS/GNSS Campaign Time Series Analysis” isimli açık kaynak kodlu bir yazılım haline getirilmiş, ilk versiyonu <https://github.com/husduman/GCTS> web adresinde depolanmıştır. GCTS v1.0 yazılımı temel olarak 3 ana modülden oluşmaktadır: (i) yazılıma uygun zaman serisi formatına getirme (**conv2tse.py**) – GipsyX, Bernese ve GAMIT/GLOBK akademik yazılım çıktılarının dönüştürülmesine olanak tanımaktadır –;(ii) zaman serisindeki uyuşumsuz ölçülerin ayıklanması (**removeOutliers.py**) – çeyrekler açıklığı, robust medyan kestirici ve N-sigma yöntemlerine göre uyuşumsuz ölçülerin ayıklanmasına olanak tanımaktadır; (iii) kampanya zaman serisinin yukarıda özet olarak ifade edilen algoritma ile değerlendirilmesidir (**evalCampaign.py**). GCTS v1.0 yazılımı kullanılarak kestirilen hız belirsizliklerinin, yalnızca beyaz gürültü varsayımına göre hem yatay hem de düşey bileşenlerde ortalama 2 kat eksik tahmin edildiği rapor edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: GPS/GNSS, kampanya zaman serileri, trend, trend belirsizlikleri

Abstract

Global Positioning System (GPS) or Global Navigation Satellite Systems (GNSS), through its millimeter-level positioning accuracy, is the most frequently adopted technique to deduce Earth's surface deformation. The Earth's surface deformation could be revealed by analyzing coordinates taken at different times. Appropriate stochastic processes must be introduced into the time series analyses to reveal deterministic parameters for deformations and their realistic uncertainties (standard errors). For GPS/GNSS time series, these stochastic processes have been characterized by the most generic form, a

white and flicker noise combination. Although the corresponding noise models' cofactor matrix is known in the first step, their magnitudes are unknown. The noise magnitudes are generally simultaneously estimated with deterministic parameters. However, data gaps in the time series may hinder estimating noise characteristics. Campaign time series are formed through periodically observed coordinates, largely composed of huge data gaps due to the nature of campaign mode surveyings. The disproportionate percentage of data gaps does not eliminate the stochastic processes of campaign time series. Therefore, introducing an appropriate stochastic process, even for campaign time series, is significant for realistic trend uncertainties. In the literature, the trend uncertainties for campaign time series have been computed by an empirical approach based on a linear relationship between time series repeatabilities (weighted root-mean-squares, WRMS) and white and flicker noise magnitudes. The relationship is here based upon a homoscedastic assumption. On the contrary, based upon a heteroscedastic assumption for the linear relationship, search spaces were formed for white and flicker noise where the WRMS value was statistically valid, and realistic trend uncertainties for campaign time series were estimated through noise magnitudes in the search space (<https://doi.org/10.1016/j.cageo.2022.105078>). The approach briefly stated here was implemented in the Python3 environment as an open-source package called "GCTS: GPS/GNSS Campaign Time Series Analysis", and the very early version of it has been repositioned at <https://github.com/husduman/GCTS>. The GCTS v1.0 package basically consists of 3 main modules: (i) converting to a package-suited time series format (**conv2tse.py**) – which allows one to convert GipsyX, Bernese, GAMIT/GLOBK software outputs –; (ii) removing outliers in time series (**removeOutliers.py**) – which allows one to remove outliers through the interquartile range, robust median estimator and N-sigma methods –; (iii) evaluating campaign time series via the approach briefly summarized above (**evalCampaign.py**). It has been reported that the trend uncertainties estimated through the GCTS v1.0 package may be underestimated by a factor of, on average, 2 for both horizontal and vertical components once assuming a white noise-only model.

Keywords: GPS/GNSS, campaign time series, trend, trend uncertainties