

Çok frekanslı çoklu-GNSS verilerinin GNSS-IR yöntemiyle analizi üzerine bir inceleme *An investigation on the analysis of multi-frequency multi-GNSS data with GNSS-IR method*

Cemali Altuntaş^{1,✉}, Nursu Tunalıoğlu¹

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

✉ cemali@yildiz.edu.tr

Özet

GNSS-İnterferometrik Reflektometri (GNSS-IR), alıcıya ulaşan GNSS sinyalinin gücünü gösteren Sinyal-Gürültü Oranı (Signal-to-Noise Ratio, SNR) verisindeki çok yolluluk (multipath) etkisi kaynaklı salınımların modellenmesiyle yansıma yüzeyinin geometrik ve radyometrik özelliklerinin belirlenmesini sağlayan bir yöntemdir. Toprak nemi, kar kalınlığı, deniz seviyesi gibi iklimsel değişkenler yaklaşık 15 yıldır bu yöntemle izlenebilmektedir. Çok frekanslı çoklu-GNSS verilerinin GNSS-IR yöntemiyle analizi ise görece yeni bir konudur. Bu çalışmada, jeodezik alıcıda toplanan çok frekanslı çoklu-GNSS SNR verilerinin uydu yükseklik açısı aralığı (satellite elevation angle range, SEAR) ve pik-arka plan gürültüsü oranı (peak-to-background noise ratio, PBNR) koşulları dikkate alınarak analiz edilmesi ve kestirilen reflektör yüksekliği değerlerinin farklı uydu sistemleri ve sinyal tiplerine göre değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, çoklu-GNSS verisi toplayabilme potansiyeline sahip CHC i90 marka-modelli jeodezik alıcıyla, 31 Mayıs 2022 tarihinde, Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü sınırları içerisinde yer alan çalışma bölgesinde, yaklaşık 5 saat 30 dakikalık statik GNSS gözlemi gerçekleştirilmiştir. Toplanan GNSS verilerinin GNSS-IR yöntemiyle değerlendirilmesiyle reflektör yüksekliği kestirimleri elde edilmiştir. Bu kestirimlerin doğrulanması için alıcı antenin yüksekliği metre ile yerinde ölçülmüştür. GNSS-IR kestirimlerindeki kaba hatalı ölçüler Medyan Mutlak Sapma (Median Absolute Deviation, MAD) değerine dayalı olarak giderilmiştir. Bunu müteakip, farklı eşik değerler kullanılarak minimum SEAR ve minimum PBNR koşulları uygulanmıştır. Kestirimlerin standart sapma değeri; minimum SEAR 20° seçildiğinde 3.3 cm, minimum PBNR 4 alındığında ise 3.5 cm olarak bulunmuştur. İki koşul birlikte uygulandığında ise standart sapma değeri 3.3 cm olarak elde edilmiştir. En iyi sonucu veren koşullar uygulanarak dört farklı uydu sisteminin (GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU) verisi ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre reflektör yüksekliği kestirim doğruluğu 3.8 cm ile 7.3 cm arasında değişirken, prezisyon değerleri 1.1 cm ile 3.8 cm arasında değişmektedir. 5 saat 30 dakikalık gözlem verisi dikkate alındığında, en çok kestirimi sağlayan sistem GPS (15), en az kestirimi sağlayan sistem ise GLONASS (3) olmuştur. Tüm sistemler değerlendirmeye dahil edildiğinde ise bu sayı 35'e ulaşmıştır. Aynı koşullar uygulanarak beş farklı frekanslı sinyallerin (L1, L2, L5, L6, L7) ayrı ayrı değerlendirilmesiyle elde edilen sonuçlara göre en düşük standart sapma değerlerini 1.9 cm, 1.6 cm, 0.9 cm ile sırasıyla L1, L6 ve L7 sinyalleri sağlamıştır. Ancak bu üç frekans için kestirim sayıları sırasıyla 15, 5 ve 2 olup ortalama PBNR değerleri ise sırasıyla 6.1, 4.7 ve 5'tir. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde; kestirim sayısı, standart sapma değerleri ve ortalama PBNR değerleri yönünden GPS L1C SNR ve BEIDOU L1I SNR sinyallerinin diğer sistem ve sinyal tiplerine kıyasla GNSS-IR yöntemi için daha efektif olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: GNSS-IR, Çoklu-GNSS, Çok frekanslı GNSS verisi, Sinyal-Gürültü Oranı (SNR), Çok yolluluk

Abstract

GNSS-IR is a method that enables the determination of the geometric and radiometric properties of the reflection surface by modeling the oscillations caused by the multipath effect in the SNR data, which shows the strength of the GNSS signal reaching the receiver. Climatic variables such as soil moisture, snow depth, and sea level have been monitored with this method for about 15 years. However, the analysis of multi-frequency multi-GNSS data with the GNSS-IR method is a relatively new subject. In this study, it is aimed to analyze the multi-frequency multi-GNSS SNR data collected by the geodetic receiver taking into account the satellite elevation angle range (SEAR) and peak-to-background noise ratio (PBNR) conditions and to evaluate the estimated reflector heights according to different

constellations and signal types. Within the scope of the study, approximately 5 hours and 30 minutes of static GNSS observation was carried out on May 31, 2022, at the Davutpaşa Campus of Yıldız Technical University with the CHC i90 brand-model geodetic receiver capable of collecting multi-GNSS data. Reflector heights were estimated by evaluating the collected GNSS data with the GNSS-IR method. To verify these estimations, the height of the receiver antenna was measured in situ. Outliers in the GNSS-IR estimates were removed based on the Median Absolute Deviation (MAD) value. Subsequently, minimum SEAR and minimum PBNR conditions were applied using different threshold values. The standard deviation of the estimations was computed as 3.3 cm when the minimum SEAR was 20° and 3.5 cm when the minimum PBNR was 4. By applying these two conditions together, the standard deviation value was obtained as 3.3 cm. Then, the data of four different satellite systems (GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU) were assessed individually under the best performing conditions. According to the results, the estimation accuracies of the reflector heights varies between 3.8 and 7.3 cm, while the precision values vary between 1.1 and 3.8 cm. Considering the observation data of 5 hours and 30 minutes, the highest number of estimates was provided with GPS (15) and the lowest number was obtained with GLONASS (3). The overall number of estimates reached 35 when all satellite systems are included in the evaluation. According to the results obtained by individual evaluations of five different frequency signals (L1, L2, L5, L6, L7) under the same conditions, L1, L6, and L7 signals provided the lowest standard deviations as 1.9, 1.6, and 0.9 cm, respectively. However, the number of estimates were 15, 5, and 2, and the average PBNR values were 6.1, 4.7, and 5. Consequently, GPS L1C SNR and BEIDOU L1I SNR signals were presented more effective results for GNSS-IR method compared to the other systems and signal types in terms of number of estimates, standard deviations and mean PBNR values.

Keywords: GNSS-IR, Multi-GNSS, Multi-frequency GNSS data, Signal-to-Noise Ratio (SNR), Multipath