



GNSS-IR Yönteminin Uzun Dönem Kar Kalınlığı Belirleme Performansının İncelenmesi *Investigation of Long-term Snow Depth Retrieval Performance of GNSS-IR Method*

Cemali Altuntaş^{1,✉}, Nursu Tunalıoğlu¹, Bahattin Erdoğan¹

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

✉cemali@yildiz.edu.tr

Özet

Küresel ısınmaya bağlı olarak gerçekleşen iklim değişimi ve etkilerine yönelik çalışmalar tüm dünyada güncel ve öncelikli hâle gelmiştir. Mevsimsel döngüye göre kar kalınlığı değişimlerinin izlenmesi, karın birikiminin tespit edilmesi ve yüzeyde kalma süresi ile erime hızının belirlenmesi de temel iklim modelleme çalışmaları için önemlidir. Bununla birlikte, kar hidrolojisi bakımından suya dönüşebilir kar kalınlığının tespiti ve sürekli izlenmesi; başta su döngüsü olmak üzere iklim, su bilimi, kuraklık, taşkın ve su baskını tahmini çalışmalarında önceliklidir. GNSS-İnterferometrik Reflektometri (GNSS-IR) yöntemi, GNSS hata kaynaklarından biri olan sinyal çok yolluluk etkisini dikkate alan, alıcıya doğrudan gelen ve bir yüzeyden yansıtılarak gelen sinyallerin girişimiyle meydana gelen örüntüyü modelleyerek yansıma yüzeyi hakkında bilgi elde edilmesini mümkün kılan bir uzaktan algılama yöntemidir. Yöntem, temel olarak çok yolluluk sinyal salınım örüntüsünün, faz, genlik ve reflektör yüksekliği parametreleri ile modellenmesine dayanmaktadır. Bu çalışmada, kar kalınlığının tespiti ve sürekli izlenmesi için geleneksel yöntemleri destekleyici ve aynı zamanda da alternatif bir yöntem olan GNSS-IR yöntemiyle sabit GNSS istasyonlarına ait sürekli gözlem verileri kullanılarak mevsimsel kar kalınlığı değişimlerinin izlenmesi ve doğruluk analizinin gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. Çalışma kapsamında, ABD'nin Alaska eyaletindeki global düzeyde hizmet veren The University NAVSTAR Consortium (UNAVCO) tarafından işletilen EarthScope Plate Boundary Observatory ağında yer alan AB33 ve AB39 sabit GNSS referans istasyonlarının 5 yıllık (2015-2019) L1 ve L2 frekanslarına ait sinyal gürültü oranı (signal-to-noise ratio, SNR) verileri, farklı değerlendirme stratejileri kullanılarak analiz edilmiştir. Doğrulama verisi olarak istasyonların bulunduğu bölgelerde bulunan SNOTEL ağına bağlı istasyonların günlük kar kalınlığı ölçüleri kullanılmıştır. Analizlerde, baskın frekansı belirlemede Lomb Scargle Periodogramı (LSP) kullanılırken kestirilebilir maksimum reflektör yüksekliği 5 m, istenen hassasiyet 0.001 m olarak belirlenmiş, uydu yükseklik açısı aralığı ise 5°-25° olarak seçilmiştir. İstasyonlar için analiz stratejileri, farklı azimut aralıkları dikkate alınarak dört farklı şekilde oluşturulmuştur. Her bir analiz stratejisi ile elde edilen kestirim sonuçlarına, kaba hatalı sonuçların elimine edilmesi için Robust Uyuşumsuz Ölçü Belirleme (Robust Outlier Detection, ROD) işlemi uygulanmıştır. Buna göre, AB33 istasyonunda S1 verisi için 5 yıllık korelasyon değeri ROD kullanılmadığında %61.94 olarak elde edilirken, ROD kullanıldığında %66.19 bulunmuştur. AB39 istasyonunda ise bu değerler sırasıyla %91.58 ve %94.93 olarak bulunmuştur. Tüm sonuçlar incelendiğinde, S1 verisinin, uygun azimut aralığı seçildiğinde ve ROD işlemi uygulandığında, mevsimsel kar kalınlığı değişiminin kestiriminde daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: GNSS-IR, Lomb Scargle Periodogramı (LSP), Sinyal Gürültü Oranı (SNR), Robust Uyuşumsuz Ölçü Belirleme (ROD)

Abstract

Studies on climate change due to global warming and its impacts have become current and a priority all over the World. Monitoring the changes in snow depth, determining the snow accumulation, residence time, and melting rate are also crucial for climate modeling studies. However, in terms of snow hydrology, the detection and continuous monitoring of the watery snow depth has priority in climatology, water science, drought, and flood forecasting, and especially in the water cycle studies. The GNSS-Interferometric Reflectometry (GNSS-IR) method is a remote sensing method in which the multipath effect, which is one of the GNSS error sources, is considered, and in which it is possible to obtain information about the reflection surface by modeling the pattern formed by the interference of signals coming directly to the receiver and reflected from a surface. The method is basically based on modeling the multipath signal oscillation pattern with phase, amplitude, and reflector height parameters.



In this study, it is aimed to monitor seasonal snow depth changes and perform accuracy analysis by using the observation data of continuously operating GNSS stations with the GNSS-IR method, which is an alternative method for the detection and continuous monitoring of snow depth. Within the scope of this study, 5-year (2015-2019), L1 and L2 frequency signal-to-noise ratio (SNR) data of AB33 and AB39 GNSS stations in the EarthScope Plate Boundary Observatory network operated by The University NAVSTAR Consortium (UNAVCO), which provides data globally, in the US state of Alaska were analyzed using different evaluation strategies. Daily snow depth measurements of the stations of the SNOTEL network located in the regions where the GNSS stations are located were used as validation data. In the analysis, the Lomb Scargle Periodogram (LSP) was used to estimate the dominant frequency, with choosing maximum reflector height as 5 m, desired precision as 0.001 m, and satellite elevation range as 5°-25°. Analysis strategies for the stations were designed in four different ways, considering different azimuth ranges. Robust Outlier Detection (ROD) process was applied to the estimation results obtained with each analysis strategy to eliminate outliers. According to the results, the 5-year correlation value for S1 data of AB33 was 61.94% without ROD, while it was 66.19% with ROD. For the AB39 station, these values were found as 91.58% and 94.93%, respectively. Based on the results, it is seen that the S1 data gives better results in determining the seasonal snow depth variation when the appropriate azimuth range is selected and the ROD is applied.

Keywords: *GNSS-IR, Lomb Scargle Periodogram (LSP), Signal to Noise Ratio (SNR), Robust Outlier Detection (ROD)*