

## Düşük Maliyetli GNSS Alıcılarının Gerçek Zamanlı Konumlama Performansının Farklı Ağırlık Modelleri Kullanılarak Araştırılması

### *Investigation of Real-Time Positioning Performance of Low-Cost GNSS Receivers Using Different Weighting Models*

Sinan Birinci<sup>1,\*</sup>, Furkan Soğukkuyu<sup>1</sup>, Mehmet Halis Saka<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli

\*s.birinci@gtu.edu.tr

#### Özet

U-blox gibi düşük maliyetli GNSS alıcıları hassas jeodezik alıcılar ile kıyaslandığında küçük boyut ve düşük güç tüketimi nedeniyle pek çok alanda önemli bir alternatif haline gelmiştir. Son yıllarda tek frekanslı gözlemler sağlayan bu alıcıların daha da geliştirilerek çok frekanslı alıcılar olarak kullanıcılara sunulması bunun bir kanıtıdır. Ancak bu özellikleri ve düşük maliyeti sebebiyle bu alıcılardan elde edilen gözlemlerin kalitesi daha düşük olmaktadır. Bunun yanı sıra düşük maliyetli antenlerin jeodezik seviyedeki muadillerine göre önemli derecede çok yolluluk etkisine maruz kalması ve gözlemlerinde uyumsuz ölçülerin bulunma olasılığının yüksek olması konumlama performansına olumsuz etki eden unsurlardır. Literatürde bu etkileri en aza indirmek ve optimum çözüm sağlamak için çözümde ağırlık modeli genellikle uydu yükseklik açısına bağlı olarak oluşturulmaktadır. Bununla birlikte birçok güncel çalışmada düşük maliyetli donanımlar için uygun ağırlık modeli belirlenmesinde sinyal gürültü oranı (signal-to-noise ratio, SNR) değerlerinin de ele alınması gerektiği vurgulanmaktadır. Bu çalışmada, konumlama doğruluğunu iyileştirmek ve düşük maliyetli alıcı ve antenlerin gerçek zamanlı konumlama performanslarını değerlendirmek için, GPS L1 ve Galileo E1 sinyallerini kullanarak tek frekanslı SPP çözümleri sunan MATLAB tabanlı bir program geliştirilmiştir. Farklı ağırlıklandırma modelleri ve uyumsuz ölçüleri tespit edebilme kabiliyetine sahip bu program, GPS SPP ile GPS/Galileo SPP çözümleri sunmaktadır.

Bu amaçla deneysel çalışma olarak, Gebze Teknik Üniversitesi'nde ANN-MB-00-00 düşük maliyetli antenine u-blox ZED-F9P alıcısı bağlanarak 1 saniye örneklem aralığına sahip statik modda 5 saatlik gözlem toplanmıştır. Bu gözlem dosyası ile Centre National d'Études Spatiales (CNES) tarafından sağlanan gerçek zamanlı ürünler kullanılarak, uydu yükseklik açısına (Yöntem-1) ve SNR'ye (Yöntem-2) ve uydu yükseklik açısı ve SNR'nin kombinasyonuna (Yöntem-3) bağlı olarak 3 farklı ağırlıklandırma yaklaşımıyla navigasyon çözümleri yapılmıştır. Çoklu-GNSS ile uydu sayısının artması uyumsuz ölçülerin tespitini kolaylaştırmış, çözümün sağlamlığını ve güvenilirliğini arttırmıştır. Yöntem-1'e göre yapılan çözümde, Galileo, GPS SPP sonuçlarını yatay bileşende %35, düşey bileşende %23 iyileştirmiştir. Yöntem-2'de, Yöntem-1'e göre daha iyi sonuçlara ulaşılmış, GPS/Galileo SPP ile yatayda 1.40 m, düşeyde 1.78 m doğruluk elde edilmiştir. En iyi çözüm sonucu ise Yöntem-3'te GPS/Galileo SPP ile bulunmuş olup yatayda 1.28 m ve düşeyde 1.63 m doğruluk elde edilmiştir. Yapılan bu deney sonucunda düşük maliyetli donanımlarla konumlama çözümünde ölçülerin SNR değerlerinin modelde dikkate alınması gerektiği belirtilmelidir. Bu çalışma uygun ağırlıklandırma modeli ve GNSS takımı yıldız entegrasyonlarının sağlanması ile düşük maliyetli GNSS donanımlarının hassas navigasyon çalışmalarında kullanılabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Düşük Maliyetli Alıcı ve Antenler, Gerçek-Zamanlı Konumlama, Ağırlık Modeli, Çoklu-GNSS

#### Abstract

Low cost GNSS receivers such as U-blox have become an important alternative in many fields due to their small size and low power consumption compared with precise geodetic receivers. It is evidence of this that the receivers, which provide single-frequency observations, have been developed in recent years

and offer to users as multi-frequency receivers. However, due to the features and low cost, the quality of the observations obtained from the receivers is lower. Furthermore, as compared with geodetic counterparts, low-cost antennas are exposed to severe multipath effects, and the possibility of outlier measurements in their observations are factors that negatively affect positioning performance. In the literature, to minimize the effects and to provide an optimum solution, the weighting model in the solution is created depending on the satellite elevation angle. In addition, it has been emphasized in many recent studies that signal-to-noise ratio (SNR) values should also be taken into account while selecting the appropriate weighting model for low-cost hardware. In this study, to improve positioning accuracy and evaluate the real-time positioning performance of low-cost receivers and antennas, a MATLAB-based program that provides single-frequency SPP solutions using GPS L1 and Galileo E1 signals has been developed. This program, which includes different weighting models and can detect outlier measurements, offers GPS SPPS and GPS/Galileo SPP solutions.

As an experimental study, a u-blox ZED-F9P receiver was connected to the low-cost antenna ANN-MB-00-00 at Gebze Technical University, and 5 hours of static data were collected with a sampling interval of 1 second. With this observation file, using real-time products provided by Center National d'Études Spatiales (CNES), navigation solutions have been made with 3 different weighting approaches depending on the satellite elevation angle (Method-1), SNR (Method-2), and the combination of satellite elevation angle and SNR (Method-3). In addition, the increase in the number of satellites with multi-GNSS facilitated the detection of outlier measurements and increased the robustness and reliability of the solution. In the solution made according to Method-1, Galileo improved the GPS SPP results by 35% in the horizontal component and 23% in the vertical component. In Method-2, better results than in Method-1 were obtained by using the GPS/Galileo combination with an accuracy of 1.40 m horizontally and 1.78 m vertically. The best solution result was found with GPS/Galileo SPP in Method-3, and an accuracy of 1.28 m horizontally and 1.63 m vertically was obtained. As a result of this experiment, it should be noted that the SNR values of the measurements should be taken into account in the model in the positioning solution with low-cost hardware. This study shows that low-cost GNSS hardware can be used in precise navigation applications by providing appropriate weighting models and GNSS constellation integrations.

**Keywords:** *Low-cost receiver and antennas, Real-Time Positioning, Weighting Model, Multi-GNSS*