

## Düşük Maliyetli GNSS Alıcılarının Kinematik Konumlama Doğruluğunun Araştırılması *Investigating The Kinematic Positioning Accuracy Of Low-Cost GNSS Receivers*

Furkan Soğukkuyu<sup>1,✉</sup>, Sinan Birinci<sup>1</sup>, Mehmet Halis SAKA<sup>1</sup>

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

✉fsogukkuyu@gtu.edu.tr

### Özet

Düşük maliyetli GNSS alıcıları, teknolojik gelişmeler sayesinde hassas konumlama ihtiyacı için bir alternatif haline gelmeye başlamıştır. Bu alıcıların bir kısmı, mutlak konum belirlemeye (SPP) ek olarak hassas konum ihtiyacı için faz ölçülerini kullanarak gerçek zamanlı kinematik (RTK) yöntemini de desteklemektedirler. Bu çalışmada, tek ve çift frekanslı düşük maliyetli GNSS alıcılarının kinematik konumlama doğruluğu, farklı takımyıldızı kombinasyonları ve konum belirleme yöntemleriyle (SPP ve RTK) araştırılmıştır. Araştırma kapsamında çift frekanslı u-blox ZED-F9P ve tek frekanslı u-blox NEO-M8P GNSS alıcıları ile üç adet saha çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalarda, yardımcı donanım olarak ANN-MB-00 GNSS anteni ve Tallysman TW165 GNSS sinyal ayırıcı kullanılmıştır.

İlk olarak, ideal koşullarda, sabit bir noktada düşük maliyetli GNSS alıcılarının RTK yöntemiyle konumlama doğruluğu incelenmiştir. GNSS anteninden gelen sinyal, iki adet u-blox NEO-M8P ve iki adet u-blox ZED-F9P alıcılara iletilmiş ve u-center yazılımıyla değerlendirilmiştir. Bu şekilde zero-baseline (sıfır uzunluklu baz) sonuçları elde edilmiştir. Sonuçlara bakıldığında, baz çözümünün alıcı için tanımlanan santimetre mertebesinde doğruluklara ulaşıldığı görülmüştür.

İkinci saha çalışmasında, sabit bir noktada düşük maliyetli GNSS alıcılarının SPP yöntemiyle kinematik konumlama doğruluğu araştırılmıştır. ANN-MB-00 anteninden gelen veri, GNSS sinyal ayırıcıyla çoğaltılmış, biri yalnızca GPS diğeri GPS/GLONASS takımyıldızlarını kullanan iki adet u-blox NEO-M8P ve biri yalnızca GPS diğeri GPS/GLONASS/Galileo/BeiDou takımyıldızlarını kullanan iki adet u-blox ZED-F9P GNSS alıcılarıyla yaklaşık 30 dakika sürecek şekilde 2 farklı oturum yapılmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında, çoklu-GNSS ile konum doğruluğunun iyileştiği sonucuna varılmıştır.

Üçüncü saha çalışmasında, hareketli düşük maliyetli GNSS alıcılarının kinematik konumlama doğruluğu analiz edilmiştir. U-blox ZED-F9P ve u-blox NEO-M8P GNSS alıcılarının kinematik konumlama performansını test etmek amacıyla araç üzerine yerleştirilen ANN-MB-00 anteni ile yaklaşık 30 dakika şehir içinde, RTK ve SPP yöntemleriyle gözlem yapılmıştır. GNSS alıcılarının SPP sonuçları incelendiğinde, u-blox ZED-F9P ile 3,74 m, u-blox NEO-M8P ile 4,61 m konumlama doğruluğu elde edilmiştir. Şehir içi konulamada, uydu sayısındaki artışın konum belirlemeye katkı sağladığı gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak, OEM GNSS alıcılarının, hidrografik ölçmeler, açık maden işletmeleri ve akıllı tarım uygulamaları gibi çevresel koşulların iyi olduğu ortamlarda, ekonomik ve güvenilir bir sonuç vereceği söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** GNSS, Düşük Maliyetli Alıcı, Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK), Doğruluk

### Abstract

Low-cost GNSS receivers are becoming an alternative for precise positioning needs thanks to technological advances. Besides single point positioning (SPP), some of these receivers also support real-time kinematics positioning (RTK) using carrier phase measurements. In this study, the kinematic positioning accuracy of single and dual-frequency low-cost GNSS receivers is investigated with different constellation combinations and positioning methods (SPP and RTK). Within the scope of the research, three field studies were conducted with dual frequency u-blox ZED-F9P and single frequency u-blox NEO-M8P GNSS receivers. In the studies, ANN-MB-00 GNSS antenna, and Tallysman TW165 GNSS signal splitter were used as auxiliary hardware.

Firstly, the RTK positioning accuracy of low-cost GNSS receivers under ideal conditions is investigated at the fixed point. The signal from the GNSS antenna was used by two u-blox NEO-M8P and two u-blox ZED-F9P receivers and evaluated with u-center software. In this way, zero-baseline results were obtained. The results show that the solution reaches the centimeter-level nominal accuracies defined for the two types of receiver.

The second field study investigated the kinematic positioning accuracy of low-cost GNSS receivers at the fixed point using SPP solutions. Two u-blox NEO-M8P and two u-blox ZED-F9P GNSS receivers used the same GNSS signal in two sessions that each lasted about 30 minutes. The receivers recorded only GPS and the other GPS/GLONASS constellations for u-blox NEO-M8P and only GPS and the other GPS/GLONASS/Galileo/BeiDou constellations for u-blox ZED-F9P. In the comparison of the results, it is concluded that the positioning accuracy improves with multi-GNSS.

The third field study analyzed the kinematic positioning accuracy of moving low-cost GNSS receivers. In order to test the kinematic positioning performance of the u-blox ZED-F9P and u-blox NEO-M8P GNSS receivers, the ANN-MB-00 antenna was placed on the vehicle and observed for approximately 30 minutes in the urban area using RTK and SPP methods. Analyzing the SPP results of the GNSS receivers, a positioning accuracy of 3.74 m was obtained with u-blox ZED-F9P and 4.61 m with u-blox NEO-M8P. It was observed that the increase in the number of satellites contributed to the positioning in urban area.

In summary, it can be concluded that OEM GNSS receivers will provide economical and reliable results in environments with good environmental conditions, such as hydrographic surveying, open mining operations, and smart agriculture applications.

**Keywords:** *GNSS, Low-cost Receiver, Real-time Kinematics (RTK), Accuracy*