

# SINGLE-FREQUENCY PRECISE POINT POSITIONING USING MULTI-CONSTELLATION GNSS: GPS, GLONASS, GALILEO AND BEIDOU

██████████ Mahmoud Abd Rabbou<sup>1</sup> and Ahmed El-Rabbany<sup>2</sup>

██████████<sup>1</sup>Assistant Professor, Faculty of Engineering, Cairo University, Cairo, Egypt

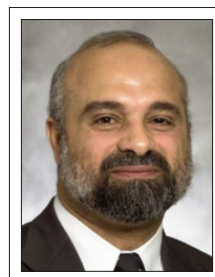
██████████<sup>2</sup>Professor, Department of Civil Engineering, Ryerson University, Toronto, Canada

*Single-frequency precise point positioning (PPP) presents a cost-effective positioning technique for a large number of users. However, it possesses low positioning accuracy and convergence time compared with the dual-frequency PPP. Single-frequency PPP commonly employs GPS satellite systems that suffer from poor satellite geometry, especially in dense urban areas. We develop a new single-frequency PPP model that combines the observations of current GNSS constellations, including GPS, GLONASS, Galileo and Beidou. The MGEX IGS final precise products are utilized to account for the orbital and clock errors, while the IGS final global ionospheric maps (GIM) model is used to correct for the ionospheric delay. The GNSS inter-system biases are treated as additional unknowns in the estimation process. The contribution of the additional GNSS observations to single-frequency PPP is assessed through solution comparison with its traditional GPS-only counterpart. Various GNSS combinations are considered in the assessment, including GPS/GLONASS, GPS/Galileo, GPS/BeiDou and all-constellation GNSS. It is shown that the additional GNSS observations enhance the PPP solution accuracy and convergence time in comparison with the traditional GPS-only solution. Except for stations with a sufficient number of tracked BeiDou satellites, both Galileo and BeiDou have marginal effects on the positioning accuracy due to their limited number of satellites. However, for stations with a sufficient number of visible BeiDou satellites, an average of 40% PPP accuracy improvement is obtained. The major contribution to the PPP accuracy enhancement is obtained from GLONASS satellite observations.*

*Le modèle de positionnement précis (Precise Point Positioning, PPP) à monofréquence offre une technique de positionnement rentable pour un grand nombre d'utilisateurs. Il possède toutefois une précision de positionnement et un temps de convergence moindres comparativement au PPP à bifréquence. Le positionnement précis à monofréquence utilise habituellement les systèmes par satellites GPS qui ont une mauvaise géométrie satellite, particulièrement dans les zones urbaines denses. Nous développons un nouveau modèle de PPP monofréquence qui combine les observations des constellations du GNSS, y compris le GPS, le GLONASS, Galileo et Beidou. Les produits finals précis MGEX IGS sont utilisés pour tenir compte des erreurs orbitales et d'horloge alors que les cartes ionosphériques mondiales (CIM) finales de l'IGS sont utilisées pour corriger le retard ionosphérique. Les biais de l'intersystème du GNSS sont traités comme des inconnues additionnelles dans le processus d'estimation. La contribution des observations additionnelles du GNSS au PPP à monofréquence est évaluée par la comparaison de la solution avec sa contrepartie traditionnelle GPS uniquement. Diverses combinaisons du GNSS sont prises en considération dans l'évaluation, y compris le GPS/GLONASS, le GPS/Galileo, le GPS/BeiDou et toutes les constellations du GNSS. Il est démontré que les observations additionnelles du GNSS améliorent la précision et le temps de convergence de la solution PPP comparativement à la solution traditionnelle GPS uniquement. À l'exception des stations avec un nombre suffisant de satellites BeiDou guidés, Galileo et BeiDou ont tous deux des effets marginaux sur la précision du positionnement en raison de leur nombre limité de satellites. Toutefois, dans le cas des stations qui ont un nombre suffisant de satellites BeiDou visibles, on obtient une amélioration moyenne de 40% de la précision du modèle PPP. La contribution majeure à l'amélioration du modèle PPP est obtenue au moyen des observations des satellites du GLONASS.*



**M. Abd Rabbou**  
mahmoud.abdelrahman@cu.edu.eg



**A. El-Rabbany**