



## En Küçük Karelerle Kolokasyonla Serbest Hava Düşey Gravite Gradyenti Modelleme *Free-Air Vertical Gravity Gradient Modelling with Least-Squares Collocation*

Yunus Aytaç Akdoğan<sup>1,✉</sup>, Gonca Okay Ahi<sup>2</sup>, Hasan Yıldız<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Harita Genel Müdürlüğü, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, 06590 Ankara

<sup>2</sup> Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 06800 Ankara

<sup>3</sup> Harita Genel Müdürlüğü, Harita Yüksek Teknik Okulu, 06590 Ankara

✉yunusaytac.akdogan@harita.gov.tr

### Özet

Serbest hava düşey gravite gradyenti (DGG) hem jeodezik hem de jeofizik uygulamalar için oldukça önemlidir. DGG ölçümünün zor olması, uzun zaman alması ve yeterli sayıda bulunmamasından dolayı, çalışmalarda genellikle teorik DGG değeri olan 3086 Eötvös kullanılmaktadır. Teorik DGG'nin özellikle dağlık alanlarda kullanılması gravimetrik indirgeme ve jeoit modeli hesaplama gibi uygulamalarda hatayı artırmakta ve hesaplamaların sonucuna olumsuz etki etmektedir. Yakın zamanda "Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu ve Gravite Altyapısının İyileştirilmesi Projesi (2015-2020)" kapsamında, Türkiye'nin batısında homojen bir dağılımla gerçekleştirilen DGG ölçülerinde, DGG değerlerinin 2306 ile 4283 Eötvös arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Bu, teorik ve ölçülen serbest hava DGG arasındaki farkların -25% ile +39% mertebelerinde farklı olduğu anlamına gelmektedir. Dolayısıyla, teorik DGG değerleri yerine ölçülen veya modellenen DGG'nin dikkate alınması gerekliliği araştırılması gereken önemli bir konu olarak öne çıkmıştır. Bu çalışmada serbest hava DGG, yüksek hassasiyetli uydu tabanlı küresel jeopotansiyel model, nokta bazlı yersel gravite ölçümleri ve yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli kullanılarak 3 boyutlu En Küçük Karelerle Kolokasyon ve Kaldır-Hesapla-Yerine Koy metoduyla modellenmiştir. Modellenen serbest hava DGG, 159 noktadaki mevcut ölçümler kullanılarak doğrulanmış ve ölçü-model arasındaki fark oldukça iyi bir sonuç olan 190 Eötvös çıkmıştır. Ayrıca, modellenen DGG'nin topoğrafik yüksekliklere göre değişimi de araştırılmıştır. 1000 m'den daha yüksek olan yerlerde teorik değerden olan sapma artmış ve anlamlı hale gelmiştir. Modellenen serbest hava DGG sadece jeodezideki gravite indirgemeleri ve jeoit modeli hesabı için değil aynı zamanda jeofizik araştırmalar için de kullanılabilir, çünkü serbest hava DGG'nin Yeryuvarının üst katmanlarındaki yoğunluk değişimine de duyarlı olduğu bilinmektedir. Sonuç olarak özellikle dağlık alanlarda teorik DGG yerine ölçülen veya modellenen DGG kullanılması önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Serbest Hava Düşey Gravite Gradyenti, Kaldır-Hesapla-Yerine Koy Metodu, En Küçük Karelerle Kolokasyon

### Abstract

Free-air vertical gravity gradient (VGG) is quite important for both geodetic and geophysical applications. The theoretical VGG value of 3086 Eötvös is generally used, since VGG, not being sufficiently available, is difficult to measure and takes a long time. The use of theoretical VGG, especially in mountainous areas, increases the error in applications such as gravimetric reduction and geoid model computations and negatively affects the results of these computations. Within the scope of the "Turkish Height System Modernization and Gravity Recovery Project (2015-2020)" recently, it has been observed that the VGG values vary between 2306 and 4283 Eötvös in the VGG measurements carried out with a homogeneous distribution in the west of Turkey. This means that the differences between the theoretical and measured free-air VGG range from -25% to +39%. Therefore, the necessity of considering the measured or modelled VGG instead of the theoretical VGG values becomes important that needs to be investigated. In this study, the free-air VGG is modelled by the 3D Least-Squares Collocation and Remove-Compute-Restore method using a high-precision satellite-based global geopotential model, point-based terrestrial gravity measurements and a high-resolution digital elevation model. The modelled free-air VGG is validated against available measurements at 159 points, and the difference between the measured and model is 190 Eötvös, which is a very satisfactory result. In addition, the variation of the modelled VGG with respect to the topographic heights was also investigated. In areas higher than 1000 m, the deviation from the theoretical value increases and becomes



significant. The modelled free-air VGG can be used not only for gravity reductions in geodesy and geoid model computations but also for geophysical research since free-air VGG is known to be sensitive to density variations in the upper layers of the Earth. As a result, it is recommended that measured or modelled VGG is used instead of theoretical VGG, especially in mountainous areas.

**Keywords:** *Free-Air Vertical Gravity Gradient, Remove-Compute-Restore Method, Least-Squares Collocation*