



## COMPARISON OF GRAVIMETRIC DATA FROM THE GLOBAL GEOPOTENTIAL MODELS EGM 2008 AND EIGEN-6C4 WITH DATA FROM CLASSICAL GRAVIMETRIC MEASUREMENTS

**Abstract:** The subject of the study is to compare the gravimetric data from the global geopotential models (GGMs) EGM 2008 and EIGEN-6C4 with data from classical gravimetric measurements in order to estimate the possibility of application of values calculated by the specified GGMs for the territory of Southwestern Bulgaria-Rila Mountain.

The global geopotential models EGM2008 and EIGEN-6C4 can only be used in mountainous regions for global research.

### Author information:

**Krasimira Kirilova**

Chief assist. PhD

Faculty of Technical Sciences

at Konstantin Preslavsky – University of Shumen

✉ [k.kirilova@shu.bg](mailto:k.kirilova@shu.bg)

🌐 Bulgaria

### Keywords:

ICGEM, EGM 2008, EIGEN-6C4, Rila mountain

## Въведение

За целите на изследването налични гравиметрични данни разположени равномерно на територията на Рила планина са сравнени с кореспондиращи величини, изчислени с *Java* приложението на ICGEM (International Center for global Earth Models) [3] от глобалните геопотенциални модели EGM 2008 и EIGEN-6C4. Данните, приети за дадени и използвани с фиксирани стойности при сравненията, са [2]:

- Стойност на силата на тежестта измерена в 287 бр. гравиметрични точки;
- Стойности на силата на тежестта, изчислени в 46 121 на брой точки с GNSS/нивелачни данни;
- Модел на аномалиите Буге за територията на Рила планина с разрешение  $1' \times 1'$ , създаден от дигитализирана карта на аномалии Буге в мащаб 1:200 000;
- Модел на топографските корекции за близки до 300m и далечни зони след 300m около точката за територията на България с разрешение  $1' \times 1'$ , създаден на база геоложки проучвания на територията на България;
- Глобални геопотенциални модели (EGM 2008, EIGEN-6C4);

## 2. Експериментални резултати

**2.1. Анализ и оценка на изчислените стойности на силата на тежестта чрез интерполираните стойности на аномалии Буге за всички точки, в които за проведени GNSS/нивелачни измервания, сравнени с кореспондиращите величини с приложението на ICGEM за Глобалните геопотенциални модели - EGM 2008, EIGEN-6C4.**

На интернет страницата на Международния център за глобални земни модели ICGEM е събрана информация от свободно разпространявани глобални геопотенциални модели, както и

софтуер за изчисление на величини свързани с геопотенциала. С помощта на приложението за изчисление е пресметната силата на тежестта.

➤ *Изчисляване на силата на тежестта чрез Java приложението на ICGEM*

Полето на силата на тежестта се представя като градиент на потенциала (включително центробежния потенциал) в дадена точка [Definition of functionals of the geopotential and their calculation from the spherical harmonic models, .eqs 7 and 121-127].

$$g = |\nabla W| \quad (1)$$

Потенциалът може да бъде описан (и интуитивно визуализиран) от еквипотенциалните му повърхности. От теорията на сферичните хармонични функции е известно, че познаването на една еквипотенциална повърхност е достатъчно за дефиниране на цялата хармонична функция извън тази повърхност.

За  $|\nabla W|$ , имайки предвид центробежния потенциал  $\Phi$  се получава [Definition of functionals of the geopotential and their calculation from the spherical harmonic models and 121-127]:

$$|\nabla W| = \sqrt{[W_{ar} + \Phi_r]^2 + \left[ \frac{1}{r \cdot \cos \varphi} (W_{a\lambda} + \Phi_\lambda) \right]^2 + \left[ \frac{1}{r} (W_{a\varphi} + \Phi_\varphi) \right]^2} \quad (2)$$

$$W_a(r, \lambda, \varphi) = \frac{GM}{r} \sum_{l=0}^{l_{\max}} \sum_{m=0}^l \left( \frac{R}{r} \right)^l P_{lm}(\sin \varphi) (C_{lm}^W \cdot \cos m\lambda + S_{lm}^W \cdot \sin m\lambda), \quad (3)$$

където:

- $r, \lambda, \varphi$  са сферичните геоцентрични координати на изчислената точка;
- $R$  – референтен радиус;
- $GM$  - произведението на гравитационната константа и масата на Земята;
- $l, m$  – степен и ред на сферична хармоника;
- $P_{lm}$  - напълно нормализирана функция на Лъожандр;
- $C_{lm}^W, S_{lm}^W$  - коефициенти на Стокс.

Производните на уравнение (3) в сферичните хармоники са:

$$\begin{aligned} W_{ar} &= -\frac{GM}{r^2} \sum_{l=0}^{l_{\max}} \left( \frac{R}{r} \right)^l (l+1) \sum_{m=0}^l P_{lm}(\sin \varphi) (C_{lm}^W \cos m\lambda + S_{lm}^W \sin m\lambda) \\ W_{a\lambda} &= \frac{GM}{r} \sum_{l=0}^{l_{\max}} \left( \frac{R}{r} \right)^l \sum_{m=0}^l m \cdot P_{lm}(\sin \varphi) (S_{lm}^W \cos m\lambda - C_{lm}^W \sin m\lambda) \\ W_{a\varphi} &= \frac{GM}{r} \sum_{l=0}^{l_{\max}} \left( \frac{R}{r} \right)^l \sum_{m=0}^l \frac{\partial P_{lm}(\sin \varphi)}{\partial \varphi} (C_{lm}^W \cos m\lambda + S_{lm}^W \sin m\lambda) \end{aligned} \quad (4)$$

Центробежни потенциал в сферични координати е:

$$\Phi = \frac{1}{2} \omega^2 r^2 (\cos \varphi)^2 \quad (5)$$

и неговите производни са:

$$\Phi_r = \omega^2 r^2 (\cos \varphi)^2, \quad \Phi_\lambda = 0, \quad \Phi_\varphi = -\omega^2 r^2 \cos \varphi \sin \varphi \quad (6)$$

следователно  $|\nabla W|$  може да се изчисли от уравнение (2), (4) и (6).

➤ *Сравнение на изчислените стойности на силата на тежестта във всички GNSS точки с изчислените стойности на силата на тежестта на физическата земна овърхност с приложението на ICGEM за Глобалните геопотенциални модели - EGM 2008, EIGEN-6C4.*

При изчислението на силата на тежестта на физическата земна повърхност (ФЗП) с приложението на ICGEM като входни данни се въвеждат следните параметри:

- референтна система-GRS80;
- дългопериодични модели;
- изчислявана величина – силата на тежестта на земната повърхност (gravity\_earth);
- приливна система – tide free;
- използване нулевата степен на модела;

За сравненията се използва следния алгоритъм:

1) изчислява се търсената стойност на силата на тежестта във възлите на пространствена решетка с размери 1"×1" от дадения Глобален геопотенциален модел. Изчисленията са извършени до степен 2190 с период на изчисление от 5min до 12h в зависимост от търсената стойност. Софтуера на ICGEM извежда \*.gdf файл с резултатите от изчисленията. Този формат се разделя на две части: заглавен блок и блок с резултати.

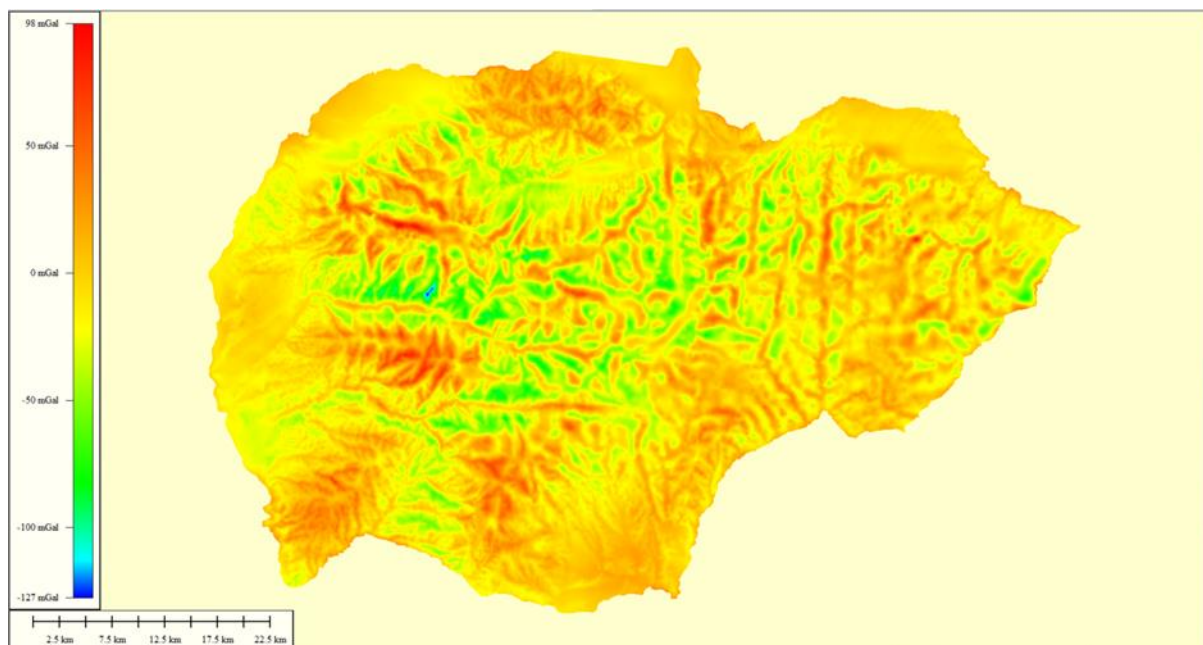
2) извлича се \*.shp файл от софтуера на ICGEM и се въвежда в среда Arc GIS;

3) с входни данни равнинните координати (№, NUTM, EUTM) на GNSS точките в същата среда Arc GIS, в която са и получените резултати от изчисленията от софтуера на ICGEM, се извлича информация за стойностите на силата на тежестта за всички GNSS точки чрез интерполация от grida;

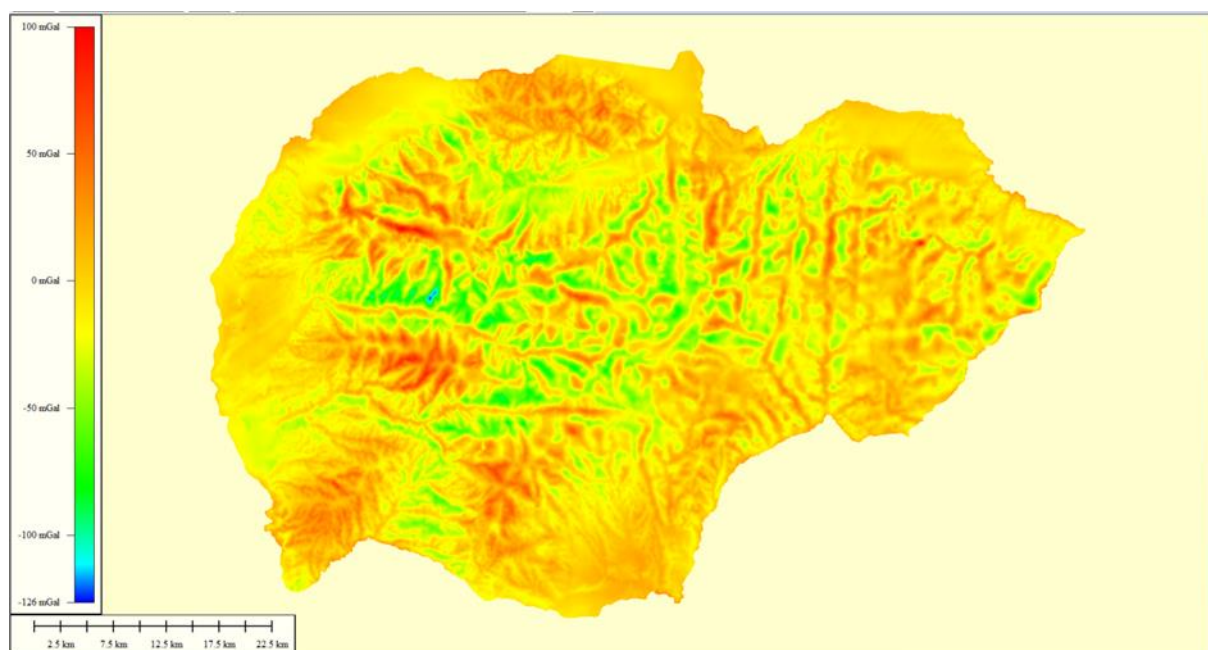
4) на база интерполираните стойности в среда Arc GIS е създаден TIN модел на района с аномалии Буге изчислен от избраните Глобални геопотенциални модели визуализиран със софтуерен инструмент Global Mapper.

Сравнението се извършва чрез образуване на разлики между изчислените стойности на силата на тежестта в GNSS точки със стойностите на силата на тежестта на ФЗП, интерполирана за същите точки от пространствена решетка с размери 1" × 1" от дадения ГГМ.

Моделите на сравнение на силата на тежестта за територията на Рила планина с глобалните геопотенциални модели заедно с резултатите от изчисленията са дадени на фиг. 1 и 2.



Фиг. 1. Разликата между стойностите на силата на тежестта от модел GRM\_18 и точките от модел EGM 2008;



Фиг. 2. Разликата между стойностите на силата на тежестта от модел GRM\_18 и точките от модел EIGEN-6C4;

Таблица 1. Сравнение на получените стойности на разликите между изчислените стойности на силата на тежестта в GNSS точки с изчислените стойности на силата на тежестта на ФЗП с приложението на ICGEM

Глобален геопотенциален модел	Минимална стойност на разликата [mGal]	Максимална стойност на разликата [mGal]	Средна стойност на разликите [mGal]	SD [mGal]
$g_{изч.}^{GRM\_18} - g_{изч.}^{EGM\ 08}$	98.230	-127.466	-8.186	22.748
$g_{изч.}^{GRM\_18} - g_{изч.}^{EIGEN-6C4}$	100.230	-126.529	-7.101	22.674

Глобалните геопотенциални модели използват глобалния ортометричен модел на релефа ETOPO1, представящ глобално ортометрични височини с разрешение 1'×1'. В повечето случаи неточния релеф кореспондира с неточно определена сила на тежестта. Разрешението на модела на релефа е един от критериите за точност на изчислените величини. Имайки предвид ниската разделителна способност за модела на релефа, следва че резките вариации на релефа не могат да бъдат представени достъчно точно.

#### Заклучение:

Анализът на получените резултати дадени в Таблица 1 за разликите в стойностите на силата на тежестта при работа с глобалните геопотенциални модели, позволява да се направи извода, че точността при работа с комбинираните модели (средните стойности на разликите са малки, но за сметка на големи стандартни отклонения над 22 mGal) е недостатъчна за практически приложения във високопланински райони. Глобалните геопотенциални модели

EGM2008 и EIGEN-6C4 могат да се използват в планински и високопланински райони само при научни изследвания от глобален характер.

**References:**

1. **Barthelmes, F. 2009:** Definition of functionals of the geopotential and their calculation from the spherical harmonic models, CFZ Postdam
2. **Kirilova, K., Yanchev, K. 2020:** Modelirane na geoida v ekstremni rayoni na teritoriyata na R. Bulgaria-Rila planina, Geodesiya, kartografiya, zemeustroystvo, vol. 1-2', pp.7-16, ISSN 0324-1610.
3. **URL:** <http://icgem.gfz-potsdam.de/ICGEM/ICGEM.html> (2.07.2020)