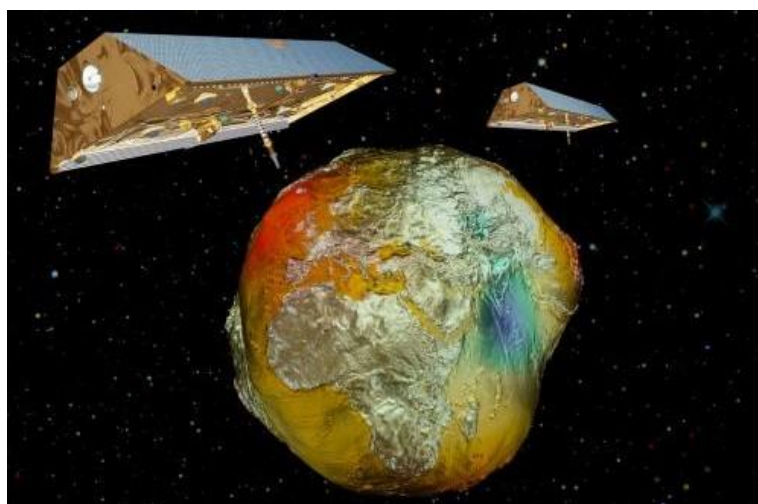


## Využití integrálních transformací pro validaci družicových měření mise GRACE

Jiří Petrš<sup>1</sup>, Michal Šprlák<sup>2</sup>

### 1 Úvod

Přesný popis gravitačního pole Země je významný pro velké množství různých vědních oborů. Mezi takovéto obory patří např. geofyzika, v níž se gravitační pole využívá při poznávání struktury zemského tělesa. Dalším příkladem je geodézie, kde je znalost gravitačního pole potřebná při realizaci lokálních a globálních výškových systémů. Modely gravitačního pole se také velmi intenzivně využívají při popisu drah družic, přičemž přesný popis gravitačního pole významně zvyšuje přesnost určení polohy pomocí globálních družicových navigačních systémů. Skutečností, že je gravitační pole obrazem hmot, je možno také využít v oceánografii při studiu oceánských proudů, v glaciologii pro lepší pochopení tání ledovců a v hydrologii při studiu zavodnění velkých vodních toků.



**Obrázek 1** Dvojice družic mise GRACE a model gravitačního pole  
(Zdroj: universetoday.com)

Gravitační pole může být popsáno pomocí poruchového potenciálu, jenž je rozdílem mezi skutečným a normálním gravitačním potenciálem. Poruchový potenciál může být počítán pomocí Abel-Poissonova integrálu, který lze psát ve tvaru (Kellogg 1929):

$$T(r, \Omega) = \frac{1}{4\pi} \iint_{\Omega'} T(R, \Omega') K(t, u) d\Omega' \quad (1)$$

<sup>1</sup> student navazujícího studijního programu Geomatika, obor Geomatika, specializace Fyzikální geodézie, e-mail: petršj@ntis.zcu.cz

<sup>2</sup> NTIS - Nové technologie pro informační společnost, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, e-mail: sprlak@ntis.zcu.cz

kde,  $r$  je průvodič výpočtového bodu,  $R$  je poloměr referenční sféry,  $\Omega$  je symbol pro úhlovou polohu bodu ve sférických souřadnicích,  $K$  je integrační jádro,  $u$  je kosinus sférické vzdálenosti mezi výpočtovým bodem a integračním elementem a  $t$  je poměr  $R/r$ . Alternativně může být poruchový potenciál vyjádřen pomocí sférické harmonické syntézy ve tvaru (Heiskanen a Moritz 1967):

$$T(r, \Omega) = \frac{GM}{R} \sum_{n=0}^{\infty} \left( \frac{R}{r} \right)^{n+1} \sum_{m=-n}^n \Delta \bar{C}_{n,m} \bar{Y}_{n,m}(\Omega) \quad (2)$$

kde  $GM$  je geocentrická gravitační konstanta,  $\Delta \bar{C}_{n,m}$  jsou plně normované Stokesovy koeficienty a  $\bar{Y}_{n,m}$  jsou sférické harmonické funkce.

Rovnice (1) a (2) jsou zásadní pro tuto práci. Jejich formulace je důležitá pro validaci dat získaných z družicové mise GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment). Tato mise je tvořena dvěma navzájem se sledujícími družicemi (Obrázek 1). Poloha družic je určována pomocí globálních družicových navigačních systémů a zároveň se měří i jejich vzájemná vzdálenost. Perturbace v poloze i vzájemné vzdálenosti jsou způsobeny vlivem gravitačního pole a jeho změnami v čase.

Data získaná družicovou misí GRACE představují rozdíl poruchových potenciálů obou družic nebo rozdíl poruchových gradientů potenciálů. Předmětem příspěvku je odvození matematického aparátu pro výpočet obou veličin na dráze mise GRACE ze známých hodnot poruchového potenciálu na povrchu Země. Uvedený matematický aparát je programově implementován a jeho správnost je numericky testována. Také je studován vliv šíření chyb v numerické integraci i při výpočtu vzdálených zón.

Uvedená úloha je důležitá při validaci (verifikaci anebo testování) měření družicové mise GRACE před jejich dalším využitím v geovědách kombinací altimetrických dat a geopotenciálních modelů. Odvozený matematický aparát je možno také využít při řešení inverzní úlohy, t.j. odhadu poruchového potenciálu (geoidu) z družicových měření mise GRACE.

## Literatura

Heiskanen W.A., Moritz H., 1967. Physical geodesy. Freeman and Co., San Francisco, U.S.A.

Kellogg O.D. (1929) Foundations of potential theory. Dover Publications, New York, U.S.A.