

VALIDÁCIA GRIDOV GRAVITAČNÝCH GRADIENTOV POMOCOU VÝŠKOVÝCH ANOMÁLIÍ V NÓRSKU, ČESKU A NA SLOVENSKU

VALIDATION OF SATELLITE GRAVITATIONAL GRADIENTS GRIDS BY SPECTRAL COMBINATION METHOD AND GNSS/LEVELLING DATA OVER NORWAY, CZECHIA AND SLOVAKIA

Martin Pitoňák*¹, Michal Šprlák¹, Vegard Ophaug², Ove C. D. Omang³, Pavel Novák¹

* pitonakm@ntis.zcu.cz

¹ NTIS-Nové technologie pro informační společnost, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, Technická 8, 301 00 Plzeň, ČR

² Faculty of Science and Technology (RealTek), Norwegian University of Life Sciences (NMBU), P.O. Box 5003, NO-1432 Ås, Norway

³ Norwegian Mapping Authority, Kartverksveien 21, 3507 Hønefoss, Norway

Abstrakt

Vypustenie družicových misií zameraných na tiažové pole Zeme na začiatku nového tisícročia viedlo k zlepšeniu presnosti globálnych gravitačných modelov (GGM). Jednou z týchto misií bola družica GOCE vypustená v roku 2009. Ako prvá niesla na svojej palube nový prístroj, tzv. 3-D gradiometer, ktorý umožňoval merať smerové derivácie druhého rádu gravitačného potenciálu (gravitačné gradienty) s jednotnou kvalitou a takmer globálnym pokrytím. Hlavným cieľom misie bolo určiť statické gravitačné pole Zeme s ambicióznou presnosťou 1-2 cm vo výške geoidu a 1 mGal v tiažových anomáliách pre priestorové rozlíšenie 100 km. Viac ako tri roky excelentných meraní vyústili do troch úrovní dátových produktov (Úroveň 0, Úroveň 1b a Úroveň 2), šesť verzií GGMs a niekoľko globálnych gridov gravitačných gradientov. Mriežky, ktoré predstavujú krok medzi gravitačnými gradientmi meranými priamo pozdĺž obežnej dráhy GOCE a gradientmi reprezentovanými GGM, sa používali hlavne v geofyzikálnych aplikáciách.

V tomto príspevku validujeme oficiálny produkt úrovne 2 GRD SPW 2 pomocou výškových anomálií v dvoch testovacích oblastiach, v strednej a severnej Európe (Česko/Slovensko a Nórsko). Na overenie gridov gravitačných gradientov používame matematický model založený na spektrálnej kombinácii pomocou metódy najmenších štvorcov. Tento model predlžuje gravitačné gradienty so strednej orbitálnej sféry družice GOCE až na nepravidelný zemský povrch (nie na strednú sféru) a transformuje ich na výškové anomálie v jednom výpočtovom kroku. Analytické chyby pokračovania smerom nadol sa odhadujú pomocou syntetického testu. Pred porovnaním výškových anomálií odhadnutých z gravitačných gradientov s ich referenčnými hodnotami odvodenými z GNSS/nivelácie v dvoch testovacích oblastiach sa gravitačné gradienty a referenčné údaje korigujú o všetky systematické efekty, ako je konverzia slapových systémov. Okrem toho sa vysokofrekvenčná časť gravitačného signálu odhaduje a odpočítava od referenčných údajov, pretože je zoslabená v gravitačných gradientoch meraných pomocou GOCE. Relatívne zlepšenie medzi gridmi vydania 6 a vydania 2 dosahuje 48 % z hľadiska výškových anomálií v ČR/SR. Relatívne zlepšenie v Nórsku je ešte výraznejšie a dosahuje 55 %. Vydanie 6 oficiálneho produktu úrovne 2 GRD SPW 2 dosiahla absolútnu presnosť so štandardnou odchýlkou 9.1 cm v Česku/Slovensku a 9.6 cm v Nórsku.

Abstract

The launch of gravity-dedicated satellite missions at the beginning of the new millennium led to an accuracy improvement of global Earth gravity field models (GGMs). One of these missions was the Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer (GOCE) launched in 2009. As the first ESA's Earth Explorer Mission, the satellite carried a novel instrument, a 3-D gradiometer, which allowed to measure of second-order directional derivatives of the gravitational potential (gravitational gradients)

with uniform quality and near-global coverage. The main mission goal was to determine the static Earth's gravity field with the ambitious precision of 1-2 cm in terms of geoid heights and 1 mGal in terms of gravity anomalies for a spatial resolution of 100 km (half wavelength at the equator). More than three years of outstanding measurements resulted in three levels of data products (Level 0, Level 1b and Level 2), six releases of GGMs, and several global grids of gravitational gradients. The grids, which represent a step between gravitational gradients measured directly along the GOCE orbit and those represented by GGMs, were used mainly in geophysical applications.

In this contribution, we validate the official Level 2 product GRD SPW 2 using height anomalies over two test areas in central and northern Europe (Czechia/Slovakia and Norway). A mathematical model based on the least-squares spectral weighting is employed with corresponding spectral weights estimated to validate gravitational gradient grids. This model continues gravitational gradients from the mean orbital altitude of GOCE down to the irregular Earth's surface (not to a sphere) and transforms them to height anomalies in one computational step. Analytical downward continuation errors of the model are estimated using a closed-loop test. Before comparing, height anomalies estimated from gravitational gradients with their reference values derived from GNSS/levelling over the two test areas, the gravitational gradients and reference data are corrected for all systematic effects, such as the tide system conversion. Moreover, the high-frequency part of the gravitational signal is estimated and subtracted from reference data as it is attenuated in the gravitational gradients measured by GOCE. A relative improvement between the release 6 and release 2 gradient grids reaches 48% in terms of height anomalies in Czechia/Slovakia. The relative improvement in Norway is even more significant and reaches 55%. Release 6 of the official Level 2 product GRD SPW 2 gained absolute accuracy with the standard deviation of 9.1 cm over Czechia/Slovakia and 9.6 cm over Norway.

Klíčová slova

Pokračovanie nadol; gravitačné gradienty GOCE; reziduálny terénny model; družicové gridy gravitačných gradientov; spektrálna kombinácia; validácia

Keywords

downward continuation; GOCE gravitational gradients; residual terrain model; satellite gravitational gradients grids; spectral combination; validation