

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Rozdíly výšek v systémech Bpv a EGM96 na základě modelů kvazigeoidu CR-2005 a QGZÚ-2013 a data GNSS-nivelace
Jméno autora:	Bc. Zuzana Vaňková
Typ práce:	<input type="text"/>
Fakulta/ústav:	<input type="text"/>
Katedra/ústav:	Katedra geomatiky
Oponent práce:	Ing. Josef Sebera, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	Astronomický ústav AV ČR, v. v. i.

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	<input type="text"/>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání DP hodnotím jako náročné až mimořádně náročné z těchto důvodů:	
<ul style="list-style-type: none"> • Teoretičtější povaha diplomové práce (vyšší a fyzikální geodézie) • Zpracování dat různého druhu (model gravitačního pole, GNSS-nivelace, lokální kvazigeoidy) • Náročnější algoritmizace 	

Splnění zadání	<input type="text"/>
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Zadání beze zbytku splněno.	

Zvolený postup řešení	<input type="text"/>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Diplomantka postupovala od obecného rámce ke konkrétním a klíčovým úlohám, které výborně rozebrala jak teoreticky, tak i prakticky ve formě algoritmů v jazyce Matlab. Práce je vyhotovena v souladu s poskytnutou literaturou. Pro časově náročný součet rozvoje gravitačního potenciálu do řady kulových funkcí při výpočtu geoidu je použita metoda tzv. „lumped coefficients“ (akumulace spektrálních koeficientů pro daný řád harmonického rozvoje a všechny zeměpisné šířky), pro které navíc byly zavedeny sloupcové průměry s ohledem na přesnost výpočtu.	

Odborná úroveň	<input type="text"/>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Myslím, že tady není příliš, co vytknout. Diplomantka prokázala vzhled do dané problematiky a schopnost samostatně řešit náročné odborné problémy. Vynikající.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	<input type="text"/>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Formální (ať už typografie, nebo grafické výstupy) i jazyková úroveň předložené DP jsou na velmi vysoké úrovni, text se výborně čte a čtenáře snadno provází danou problematikou (velmi pečlivá práce!). Rozsah práce vzhledem k objemu práce zcela optimální.	

Výběr zdrojů, korektnost citací

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posudte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

Myslím, že i zde je vše v pořádku. Diplomantka použila všechny doporučené zdroje informací a patrně ze svého zájmu mnohé přidala. Možná bych v této souvislosti zmínil, že v rámci zadání se mohly objevit i tyto práce:

- Rapp, R. H. (1971). Methods for the computation of geoid undulations from potential coefficients. *Bulletin Géodésique (1946-1975)*, 101(1), 283-297.
- Rapp, R. H. (1997). Use of potential coefficient models for geoid undulation determinations using a spherical harmonic representation of the height anomaly/geoid undulation difference. *Journal of Geodesy*, 71(5), 282-289.
(<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s001900050096.pdf>)
 - Jsou od jednoho z autorů EGM96 a ukazují i jiné postupy (např. neiterativní) výpočtu geoidu ze Stokesových koeficientů
- Nesvadba, O. (2009, April). Numerical problems in evaluating high degree and order associated Legendre functions. In *EGU General Assembly Conference Abstracts* (p. 1225).
- Fukushima, T. (2015). Numerical computation of point values, derivatives, and integrals of associated Legendre function of the first kind and point values and derivatives of oblate spheroidal harmonics of the second kind of high degree and order. *IAG 150 Years*, 193-197.
 - Tyto práce (případně reference tam) ukazují tzv. „state of the art“ výpočtu Legendreových funkcí.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Přestože je mé hodnocení **výborně**, pro úplnost přidávám i seznam drobných připomínek tak, jak je např. obvyklé při publikační činnosti, aby se mohla případně diplomantka k některým věcem ještě vrátit - závěrečná práce je ostatně jednou z posledních příležitostí obdržet v pozici student/studentka pedagogickou zpětnou vazbu.

Další drobné připomínky pro autora a jiné poznámky (tučně je vyznačena citace z DP):

- Abstrakt: EGM96 není výškový systém. Vhodněji: **...systémem Bpv a modelem gravitačního pole EGM96.**
- Str.9 Je to spíše otázka zadání, ale k dispozici jsou mnohem modernější modely než EGM96, práce mohla použít např. model EGM2008 do stupně a řádu 360, který obsahuje už GRACE data. V současnosti je celá řada modelů do 360 s jak GRACE, tak GOCE daty. To by se mělo projevit na srovnáních v závěru DP
- Str.9 fyzikální geodézie asi úplně nepatří do geofyziky (nejsem si vědom, že by na MFF učili fyzikální geodézii v rámci oboru Geofyzika), spíše jde o příbuzný obor díky tematickému překrytu (gravimetrie, slapy, monitoring deformací atd).
- Str. 9. Fyzikální geodézie se nezabývá základy teorie gravitace. Tyto základy „má na starost“ teoretická fyzika.
- Str. 10 - **správné převýšení** - totožné převýšení
- str. 10 - nedělíme **hodnotou 10**, ale např. „přibližnou velikostí tíhového zrychlení“

- str. 12 – pro praktický výpočet je sice nekonečný stupeň rozvoje potenciálu **nerealizovatelný**, ale to není důvod, proč je problém jít extrémně vysoko ve stupni a řádu. Důvod je nejprve datový (množství a distribuce dat), pak až následuje problém výpočtu. Nemáme ani tolik (homogenních co distribuce tak přesnosti) dat, abychom mohli modelovat globální gravitační pole Země do stupně a řádu cca nad 5tis.
- Rovnice (2.1) – jde sice o standardní učebnicový vztah, ale citace by byla namístě (podobně i u některých dalších). Dále by bylo jednodušší rovnou zavést normalizaci koeficientů i P_{nm} – platí také pro rovnici (4.8), ve (4.9) je totiž normalizace již zavedena.
- Str. 13 – ... **Legendreova přidružená funkce prvního druhu**
- str. 16 – obecná pozn.: ... **tedy tyto plochy nemají fyzikální význam** ... Ano, obvykle se učí, že tyto plochy nejsou ekvipotenciální a tudíž nemají fyzikální význam. Svůj fyzikální význam ovšem získávají (nejen) jak vztahem typu (2.11), tak tím, že pro jejich určení se používají naměřené hodnoty. Pokud je tedy plocha určena pomocí fyzikálních měření, má jistý fyzikální význam, neboť tato měření v určité míře tato plocha reprezentuje.
- Str. 19 – **model geoidu** gravitačního pole **EGM96** – geoid a model GP jsou různé věci (doporučuji starou dobrou diskuzi na https://www.ngs.noaa.gov/PUBS_LIB/EGM96_GEOID_PAPER/egm96_geoid_paper.html)
- str. 19 – lépe je *parametry WGS84* než konstanty **WGS84**
- str. 23 nad (4.1) – zde je trochu popletená věta – normované přidružené L. Funkce se nepočítají ze sady plně normovaných Stokesových koeficientů. ALFs jsou matematické (speciální) funkce používané v různých aplikacích, nikoli jen ve spojitosti s modely GP
- str. 25, kód – výpočet ALFs by se dal ještě drobně urychlit předpočítáním všech možných pomocných veličin, které předpočítat lze, v tomto případě např. w_n . Ve smyčce by se pak jen odkazovalo na konkrétní pozici, což by snad mělo výpočet urychlit.
- Str. 26 – ~~**růst časového odhadu**~~, lépe např. Časová náročnost výpočtu
- str. 27 – ze zdrojových kódů je to zřejmé, ale v textu DP chybí hodnota použitého W_0
- je vhodnější uvádět jednotky veličin vstupující do funkce (např. u přehledu veličin do Legendre **calculate_Legendre_2_0** je lepší uvést, že zem. šířka vstupuje v radiánech)
- str. 36 – v přílohách DP (v KOSu) chybí vstupní souboru Sour_2005.xlsx
- str. 40 – Grafické výstupy jsou velmi zdařilé! I v Matlabu existují balíčky zdarma jako např. M_map (<https://www.eoas.ubc.ca/~rich/map.html>)
- str. 40 – proběhla zkouška interpolace s nějakými známými daty, kde by se mohl ukázat vliv TIN a TIN2raster? Podobné zkoušky se občas provádí, aby se odhadl vliv interpolační techniky na výsledná data.
- Str. 40 – Co je myšleno manuální úpravou vrstevnic?
- T.1 – v mapových listech je překlep v nadpisu, **Výškek** → Výšek
- U E.1, E.2, E.3 – někdy je praktické (v případě několika málo sloupců dat) namísto hlavičky definující sloupce, uvést řazení sloupců přímo v názvu souboru (např. E.1_Vyskove_rozdil_y_QGZU2013_EGM96_B_L_zeta_N_DIFFcm.txt). Uživatelům to usnadní načítání (maticový a pouze numerický vstup) a rovnou vidí řazení dat při zadávání názvu souboru

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

- V DP je uvedeno, že důvodem ke vzniku práce jsou potřeby civilního letectví, ty však nejsou v práci specifikovány. Jaké jsou tedy potřeby civilního letectví z pohledu určení geoidu (a jsou k tomu nějaké práce či podklady?)?
- Co se stane s hodnotami P_{nm} , když se pustí funkce `calculate_Legendre_2_0` jednou s parametry $F_i=65/180\pi$; $m=2000$; $L=3000$, a podruhé např. s $F_i=30/180\pi$? Proč? Zkuste rozvést s ohledem na *double precision*, *underflow* (a případně numerický význam normalizace P_{nm}).
- K interpretaci výsledků: model EGM96 je do stupně a řádu 360 (v podstatě dlouhovlnný vzhledem k ČR), což odpovídá úhlovému rozlišení na kouli 0.5 úhlového stupně. V porovnání s CR-2005 a QGZÚ-2013 jde o model poměrně zastaralý (podobně i v přesnosti), čili hlavní zdroj diskrepancí by měl být právě EGM96. To je myslím patrné z obrázků 6.1 až 6.3, kde rozdíly až nápadně připomínají průběh sférických harmonik na kouli (~ ringing), zatímco z dalších obrázků 6.8 a 6.10 je vidět, že evoluce (byť v kvazigeoidu založených na terestrických datech) se odehrává na kratších vlnových délkách a s nižšími magnitudami. V případě pokračování ve studiu v rámci doktorského programu bych doporučil odzkoušet novější modely a tím se přiblížit současnému stavu.
- Možná by stálo za úvahu (nikoli pro diplomantku, ale pro katedru geomatiky), zda nevytvořit speciální www stránky či drobný archiv (např. na geo.fsv.cvut.cz) pro hodnotné datové výstupy z diplomových prací (na bázi dobrovolnosti a uvážení vedoucích prací). Krátký popis s obrázkem a data rovnou ke stažení s odkazem na celé znění DP. Z prací jako je tato vznikají zajímavé výstupy, které mohou najít uplatnění i jinde a třeba i později (např. pro civilní letectví), přičemž text DP v archivu FSv nemusí stačit.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm

Datum:

Podpis: