

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	ČASOVĚ PROMĚNNÝ GRAVITAČNÍ SIGNÁL Z DRUŽICOVÝCH DRAH PROSTOROVĚ LOKALIZOVANÝ POMOCÍ KALMANOVY FILTRACE
Jméno autora:	Bc. Jakub Vynikal
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"> ● Bylo potřeba se zorientovat hned v několika oblastech, se kterými studenti studijního programu Geodézie a kartografie mají spíše jen letmou zkušenost (Kálmánova filtrace v rámci inverzní úlohy družicové gravimetrie, v tomto případě zpracování dat techniky SST-hl) ● Podkladem byly pouze cizojazyčné vědecké publikace ● Diplomant úlohu samostatně algoritmoval 	
Splnění zadání	<input type="text"/>
<i>Posudte, 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>Posudte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Diplomant postupoval od obecného (úvodní kapitoly) ke konkrétnímu (další kapitoly) a text DP podle toho funkčně strukturoval. Zatímco v prvních částech je přístupným způsobem popsán kontext družicové gravimetrie, další části konkretizují zadání a připravují půdu pro interpretaci výsledků v samotném závěru. Struktura testu DP pak odpovídají i zdrojové kódy v jazyce Matlab (odzkoušeno, lze spustit bez problémů). Numerický postup řešení plně odpovídá náročnosti úkolů a použité literatuře.	
Odborná úroveň	<input type="text"/>
<i>Posudte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Myslím, že ani tady není příliš, co vytknout. Snad jediné jistou míru zjednodušení a úspornosti v popisné i interpretační fázi - snaha zobecňovat občas vede k potlačení důležitých rozdílů (viz níže v <i>Dalších připomínkách</i>). Odborně byl problém velice dobře řešen, tj. klíčové parametry a jejich dopad na výsledek inverzní úlohy byly pečlivě numericky vyšetřeny a zdokumentovány. Diplomant prokázal schopnost samostatné a odborně náročné práce.	
Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	<input type="text"/>
<i>Posudte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posudte typografickou a</i>	

jazykovou stránku.

K formální i jazykové úrovni nemám námitek, text se dobře čte jak s ohledem na kontext, tak na detaily. Pokud něco, upozornil bych na nadužívání termínu satelit (pro „satelit“ je v rámci tématu vhodnější použít slovo „družice“ přesto, že se v AJ běžně užívá termín „satellite geodesy“, který se ovšem do ČJ překládá jako „družicová geodézie“, nikoli jako „satelitní geodézie“). Stylisticky bych také vytknul používání referencí v hranaté závorce za příslušnou větou, neboť to v oboru kosmické geodézie není zvykem (reference na práci v rámci věty, nikoli za ní).

Výběr zdrojů, korektnost citací

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, 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 zde je vše v pořádku, diplomant použil nejen doporučenou literaturu, ale také další zdroje dle potřeby dohledával. Možná bych pouze v této souvislosti zmínil úvodní fázi DP (např. kapitola 2.2), kde by se dalo konkrétněji citovat u výchozích vztahů, byť jde o notoricky známé vztahy z učebnic/skript. K tomu je potřeba dodat, že mnohdy přepečlivá citační práce může jít na úkor čtivosti textu, což je silná stránka této DP.

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 hodnotím DP na **výbornou**, každá práce je zatížena drobnými nedokonalostmi, a proto by každý autor měl mít možnost, zvláště jde-li o práci závěrečnou, se ze svých chyb poučit. Koneckonců při pokračování ve vědecké práci a publikační činnosti budou podrobné připomínky denním chlebem. Pro úplnost je uveden seznam připomínek jak k diskuzi pro obhajobu, tak a seznam drobných připomínek k práci:

K diskuzi pro obhajobu práce

- V DP je uvedeno „*Rovněž u trojúhelníků zanedbáváme sférický exces a pokládáme je za rovinné, což se s jejich zvyšujícím počtem přibližuje pravdě*“. Splňuje různé rozlišení použitých trojúhelníků tento předpoklad? Byla provedena zkouška součtu ploch trojúhelníků pro daná rozlišení? Každá aproximace sférické plochy by se měla blížit ploše o 4π . S jakou přesností se při aproximaci kulové plochy pracovalo (počet platných cifer)?
- Sloupec vodní hmoty se převádí na hmotnost pomocí hustoty vody 1000 kg/m^3 . Jak by diplomant efektivně ve svém kódu zavedl odlišné hustoty vody pro led (polární oblasti) a kapalně skupenství pro ostatní plochy v rámci inverzní úlohy?
- str. 33 – prosím o ověření, zda lze skutečně přidávat i **jednotlivé polohy družic** vzhledem k tomu, že je použit diferenční filtr o dané velikosti okénka a je nutno uvažovat dekorelaci.

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

- str.8: GRACE a GOCE s ohledem na podrobnosti dat nelze úplně srovnávat („**GRACE ...přinesla nejpodrobnější data**“), každá mise měla své cíle. GOCE měla podrobnější data frekvenčně (vyšší citlivost na vyšší stupně a řády) s ohledem na statické pole, protože byla nízko a měřila druhé derivace, zatímco GRACE cílila na časově proměnné pole a pracovala v časovém rozlišení. Neporovnával bych obě mise tímto metrem, spíše jsou komplementární (i GOCE data byla použita pro časově proměnné pole byť jen v omezené míře).
- Str. 8: „... **při odečtení ... trendové složky... ,... tedy je zkoumáno časově proměnné**

pole... - pozn. trend je také časově proměnný.

- Str. 9, odst. 1, 1. a 2. věta: směřování parametrů a měření dle místa měření. Jsou rozlišeny lokální a globální parametry, ale v navazující větě se mluví o měření.
- Str. 9: gravimetry nejsou „**relativně**“ přesné, jsou tak přesné, jak je jen možné (ať už jde o relativní nebo absolutní gravimetry).
- Str.9 pro „**komplexní pohled na GP**“ nestačí jen družicová data, nutná je datová kombinace pozemních (případně leteckých) a družicových dat jako u modelů EGM96, EGM2008, EIGEN6 atd. Zde má autor na mysli časově proměnné pole s ohledem na zemský systém, pak by to mělo být ve větě uvedeno explicitně.
- Kap 2.1. mise CHAMP se nesespecializovala pouze na GP, měla mnoho cílů z různých oborů (<https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/champ>)
- Kap. 2.1 Družice LAGEOS obíhají tak vysoko ne proto, že by jejich design odpovídal době jejich vzniku, ale protože vysoká dráha SLR družic odpovídá nejlépe cílům těchto misí (těžiště Země, EOP, ... relativistické efekty), přičemž vliv odporu vysoké atmosféry je eliminován
- kap 2.1.1 „**polárním oběhem**“ - polární dráhou
- kap 2.1.1: „**přítahu**“ - působení
- str. 10: low-low se vztahuje i k faktu, že obě družice nejsou jen ve **stejně výšce**, ale také na nízké obežné dráze (LEO)
- str.10 **procesována** - zpracována
- 2.1.2. Název kapitoly mohl být např. *Metoda SST-hl* namísto „**Jiné družice (GNSS)**“
- 2.1.2. Žádná data (v žádném oboru) nejsou **kontinuální**, vždy je jejich sběr spjat s měřicí frekvencí instrumentu, frekvencí hodin na družici apod.
- 2.1.2 **tak přesvědčivých** - tak přesných. SST-hl nebo obecně analýza drah dosahovala vždy velmi přesvědčivých výsledků, dnes jsou však k dispozici jiné typy dat (SST-II) poskytující přesnější výsledky.
- 2.1.2 - chtělo by to konkretizovat uvést, jaké družicové mise má autor na mysli (co je zřejmé pro oponenta, nemusí být pro čtenáře)... SST-hl jako metoda sloužila jako gap-filler mezi GRACE a GRACE-FO.
- 2.2.1 - **vytvářejí matematicky definovaný kulový tvar s deformacemi** - reprezentují danou veličinu na kulové či kouli přibližné ploše a v případě splnění Laplaceovy rovnice i vně těchto ploch
- Rovnice (1) - překlep v exponentu u členu R/r s ohledem na dělitel v GM/r . Pokud je exponent $(n+1)$, v děliteli se má nacházet R .
- Rovnice (1) - je vhodnější plně normované značit čárkou ($\bar{\{}}$) nad C_{nm} , S_{nm} a P_{nm}
- Str. 12, asociovaná - česky je vhodnější přidružená
- Str. 12, **v konkrétním čase** - pozor, rovnice (1) neobsahuje čas, je to zápis pro statické pole
- str.12, **Pokud položíme $r=R$ a dosadíme šířku a délku s malým krokem, získáme model geoidu** - zde nerozumím, pokud dosadíme dle tohoto tvrzení, získáme dle (1) opět gravitační potenciál, nikoli geoid.
- Str. 12, **theorem**
- str. 13, **gravitační anomálie statického pole od normálního zrychlení referenčního elipsoidu**
 - lépe je použít termín tíhová anomálie
 - při použití termínu **anomálie** není potřeba dodávat druhou polovinu věty, protože anomálie sama značí rozdíl reálného a normálního potenciálu.
- str.13 - EWH není **nejjednodušší popis** změny GP (tou je změna samotného GP), ale EWH je

spíše nejnázornější s ohledem na studované fenomény (sucho, srážky, odtávání) a příbuzné obory (hydrologie, klimatický systém, ...)

- str. 14 – sekulární (**nevratné**) – dlouhotrvající. O nevratnosti současných trendů toho nelze moc říci.
- Rovnice (16) – před rovnicí by byla vhodná reference na zdrojovou práci
- str. 16 - ... **všechna chybová zrychlení** ... – nikoli chybová, ale třeba *ostatní, poruchová* (i tato ostatní zrychlení mohou být v jiných úlohách předmětem zájmu, nejsou to chyby)
- str.18 – chybí popis konvence pro transpozici matice - ta se může napříč obory lišit (včetně samotné geodézie, kde se používá jak čárka, tak i T)
- str. 18 - ... **ve kterém je korelace nevyhnutelná**. Korelace ve filtru zní podivně, vhodnější by bylo např. ... *který korelaci nevyhnutelně zavádí*.
- Str. 20 - ... **citlivost na změny GP má družice** ... - ... citlivost na změny GP má „*dráha družice*“, protože v ní je můžeme sledovat (v samotné družici vyjma akcelerometrů ne) Další část této věty by potřebovala zformulovat jasněji (jsou myšleny zbylé složky vektoru zrychlení v jiných směrech?)
- str. 25 – neexistuje **rovnoměrné rozmístění** trojúhelníku na sféře (možná jen pro výchozí tělesa). Vhodnější by bylo uvést parametry použité sítě nebo způsob jejího generování, protože otázkou by pak bylo „jak rovnoměrné“.
- Str.25 – proměnlivost plochy by se dala zobrazit jako obrázek, např. variace ploch v procentech
- Str. 26 (a také str. 29 dole) – problém inverzní úlohy je zde pojat spíše technicky – poskytnout konkrétní počet oběhů pro nalezení uspokojivého numerického řešení pro danou síť trojúhelníků. To je v pořádku. Trochu zde chybí diskuze o očekávaném spektrálním rozsahu vstupního signálu. Pokud by vstupní data byla extrémně spektrálně bohatá, soulad mezi počtem oběhů a elementů nemusí stačit – počet elementů by měl odpovídat očekávané bohatosti signálu a až k tomu by se mělo hledat optimální množství dat (spektrální rozsah dat => diskretizace => pokrytí daty).
- str. 30, obrázek 16 - vhodnější je přímo v popisku uvést, že jde o logaritmickou stupnici, usnadní to interpretaci (je to indikováno pouze v panelu vpravo dole pomocí 10^x)
- str. 31 dole (a i dále) – při odkazování na obrázky, nebo jejich části, je potřeba přesně číselně i popisně odkazovat, který obrázek (či jeho část) je diskutován (usnadňuje to porozumění v textu), např. *Na Obrázku 17 v horním panelu vidíme ...*
- str. 33 – prosím o ověření, lze skutečně přidávat i **jednotlivé polohy družic** vzhledem k tomu, že je použitý diferenciatní filtr o dané velikosti okénka?
- str. 35 – Obrázek 21 – odhad KF vpravo je uváděn jako vychýlený, ale nepůsobí tak, neboť je centrován kolem nulové hodnoty.
- Str. 40 – Bylo by vhodné vyčíslit paměťové nároky v GiBitech, aby si čtenář mohl udělat představu o náročnosti úlohy. Podobně by šel vytvořit obrázek pro konkrétní rozměry matic (počet dat a počet neznámých)
- kap. 4.6.2 – Vhodnější je být konkrétní a uvést, v jakém případě začne počítač v dané numerické přesnosti zaokrouhlovat. Za ukázkou by stály i nějaké příklady nestability.
- Výsledky – obvykle stačí MIN,MAX, RMS(E)
- Str. 41 – **moře šumu** – pěkné přirovnání, v technických textech je ovšem vhodnější být konkrétnější.
- str. 41 – častější je použití veličiny a la S/N (signal to noise) než použitý N/S.

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.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm

Datum:

Podpis: