

Jaroslav Novotný
Ústav termomechaniky AV ČR
Dolejškova 5
182 00 Praha 8

Oponentský posudek na diplomovou práci
Michala Karáska

Fourierovy koeficienty modelu gravitačního potenciálu Země

Diplomová práce M. Karáska se zabývá aktuální problematikou výpočtu Fourierových koeficientů modelu gravitačního potenciálu Země. Jedním z možných přístupů je numerický výpočet řešení Laplaceovy rovnice numerickou integrací sférických funkcí ve Fourierově rozvoji.

Práce je členena takto: V první kapitole jsou stručně shrnuty potřebné pojmy, vysvětleny ortogonální systémy funkcí a sférické funkce. Druhá kapitola se zabývá matematickým aparátem nezbytným pro rozvinutí gravitačního potenciálu do Fourierovy řady, zejména ortogonálními systémy funkcí využívanými v geodézii. Jsou zde také popsány metody numerické integrace. Třetí kapitola se zabývá interpolačními metodami, zejména metodami plošné interpolace. Čtvrtá kapitola uvádí vzorce, pomocí kterých byly vytvořeny matematické modely gravitačního potenciálu a podle nichž autor realizoval veškeré výpočty gravitačního potenciálu. Je řešen tzv. vnější problém, kdy jsou známy hodnoty gravitačního potenciálu na povrchu tělesa a počítají se hodnoty gravitačního potenciálu vně tělesa. V práci byly vytvořeny dva modely gravitačního potenciálu, které se od sebe liší počtem bodů. Pátá kapitola popisuje algoritmus a počítačový program, napsaný autorem v jazyce C++. Šestá kapitola demonstruje dosažené výsledky výpočtu gravitačního potenciálu na aproximujícím tělese. Vypočtené hodnoty gravitačního potenciálu v bodech vytvořených modelů jsou shrnuty do tabulek a grafů. V práci jsou také uvedena schémata výpočetních programů v jazyce C++.

Některé výrazy jsou neobratné, např. „schéma programu“ mi připadá vhodnější než „popis chodu programu“, nebo „program je rozdělen na několik procedur nebo etap“ než „program je rozdělen na několik výpočtů“.

V práci je na několika místech nesprávná interpunkce – popisované vzorce jsou součástí věty a proto za vzorcem uprostřed textu před „kde“ musí být čárka a na konci věty, i když je tam vzorec, tečka, která mnohdy chybí.

Připomínky:

str. 14: Vztah (2.1) a dále: proč se používá * na místo skalárního součinu, měla by být tečka.

Nemělo by být spíše $(f, g) = \int_{\Omega} f g d\Omega$?

str. 15, vztah 3): Mělo by být asi (f, F_i) , tady znamená závorka skalární součin ?

str. 15, vztah 2.6.: „pro“ by mělo být stojaté a „inf“ by mělo být nekonečno, předtím na téže straně $(0, 2\pi)$

V práci je na několika místech nesprávná interpunkce – popisované vzorce jsou součástí věty a proto za vzorcem uprostřed textu před „kde“ musí být čárka a na konci věty, i když je tam vzorec, tečka, která mnohdy chybí. Např. ... za vzorcem v (2.9) na str. 16.

str 18, první řádek nahoře: „... sférických funkcí, vzhledem ...“, bez čárky, vhodnější je přehodit slovosled: „Vzhledem k faktu, že pro ... pro každý stupeň n dostáváme $2n + 1$ sférických funkcí.“

str. 20: mělo by být „na základě předchozího testování ...“ místo „na základě předchozích testování“

str. 26: vztahy (2.25)- (2.28) - chybí tečky za větami

str. 27: nemělo by být „ $f(x, y) = \exp(-x^2 - y^2)$ “ ?

str. 33: „grid“ není české slovo, vhodnější je používat slovo „sít“

str. 38: „Běh programu pro výpočet gravitačního potenciálu...“ vhodnější je „Algoritmus metody pro výpočet ...“

str. 45: “Z hlediska časové náročnosti je dosaženo nejlepších výsledků při použití 11. stupně Gaussovy-Legendreovy numerické integrace, která je oproti integraci 4. stupně až 3x rychlejší. Pro výpočty bude tedy dále používána Gaussova-Legendreova numerická integrace 11. stupně.“

Není mi jasné proč, když cyklus běží přes více bodů ...?

str. 46: „, pro vyhodnocení který z použitých“ ...před „který“ by měla být čárka

str. 46: tečka má být až za vzorcem (6.2), (6.3)

str. 49, obr. 6.3: „Při nižší časové náročnosti dostáváme zcela chybné výsledky pro stupeň Legendreových asociovaných funkcí $n > 30$.“

Proč je tomu tak ?

str. 50: „...je tak podstatně detailnějším oproti prvnímu modelu.“ správně má být „...podstatně detailnější oproti ...“

str. 55: „Ukázali jsme, že pomocí metody postupného dělení intervalů, je dosahováno vyšší přesnosti výsledků numerické integrace bez nutnosti zvyšování stupně integrace n .“
Vysvětlete, jak je to myšleno.

Otázka: Oba globální i lokální model jsou tvořeny pravidelnou sítí bodů. Je možné provést váš výpočet i pro nepravidelnou síť bodů ?

Závěr

Je třeba ocenit zvládnutí jak teorie tak i praxe v oblasti výpočtů Fourierových koeficientů gravitačního potenciálu a metod s tím spojených. Zvláště odladění algoritmu v jazyce C++ , který zahrnuje výpočet sférických Legendreových asociovaných funkcí, bylo jistě časově velmi náročné. Z autora se stal i odborník na paralelní programování, kdy dokázal využít toho, že výpočty Fourierových koeficientů v jednotlivých bodech mohou být prováděny nezávisle na sobě na různých procesech na různých vláknech.

Autor provedl řadu testů návazných numerických metod, jako numerické integrace, plošné interpolace a dokázal na základě výsledků svých testů zvolit nejvhodnější pro dosažení nejpřesnějšího výpočtu v co nejkratším čase. Objem programátorských prací je značný, rozsáhlé je i množství testů, které autor provedl a práce proto výrazně převyšuje požadavky kladené na diplomovou práci.

Je třeba ocenit autorovu pečlivost, vytrvalost i trpělivost při praktickém zvládnutí problematiky.

Hlavním přínosem je naprogramování numerického řešení Laplaceovy rovnice metodou numerické integrace sférických Legendreových asociovaných funkcí a získání zkušeností, jaké návazné numerické metody, t.j numerickou integraci a plošnou interpolaci, bude třeba zvolit k dosažení potřebné přesnosti a zajištění konvergence příslušné Fourierovy řady.

Přínosné je také porovnání výsledků v bodech obou modelů s různým počtem bodů, kde je řešení známo i porovnání integračních a interpolačních metod.

Styl práce je kultivovaný a srozumitelný, práce má velmi dobrou úroveň a s výjimkou několika interpunkčních chyb je téměř bez překlepů. **Navrhuji proto hodnocení práce A (výborně).**

V Praze dne 11. června 2018

RNDr. Jaroslav Novotný, PhD.