



## Posudek disertační práce

Uchazeč Ing. Bc. Miloš Tichý

Název disertační práce Problematika identifikace malých těles ve sluneční soustavě

Studijní obor Geodézie a kartografie

Školitel Prof. Ing. Jan Kostelecký, DrSc.

Oponent Ing. Cyril Ron, CSc.

e-mail ron@asu.cas.cz

### Aktuálnost tématu disertační práce

komentář: Téma hledání a identifikace malých objektů ve sluneční soustavě je velmi aktuální. Zvláště pak identifikace blízkozemních objektů (Near-Earth Object, NEO), které mohou křížovat dráhu Země, je v poslední době také mezi vyhlášenými tématy orientovaného výzkumu.

vynikající  nadprůměrný  průměrný  podprůměrný  slabý

### Splnění cílů disertační práce

komentář: V disertaci je ukázána původní, optimalizovaná a mnohokrát prakticky využitá metoda identifikace napozorovaných komet, asteroidů, blízkozemních objektů. O užitečnosti metody svědčí i více než dva tisíce referencí na pozorování a identifikace malých těles sluneční soustavy v rámci Minor Planet Electronic Circular.

vynikající  nadprůměrný  průměrný  podprůměrný  slabý

### Metody a postupy řešení

komentář: Kapitola 2.2. Současný stav a používané metody. Zde bych očekával podrobnější rozbor používaných metod a programových balíčků při identifikaci a hledání malých těles. Např. volně dostupné systémy MPCChecker, Projekt Pluto, OrbFit Software Package, které jsem našel volně dostupné na webu, nejsou vůbec zmíněny.

Kapitola 9 - Výpočet drahových elementů. Z krátkého popisu by mohl čtenář usuzovat, že Gaussova metoda určení geo- resp. heliocentrických vzdáleností tělesa v okamžicích pozorování je metoda grafická. Určení těchto vzdáleností je podstatnou částí výpočtu a zasloužilo by si podrobnější popis než na pouhé 4 řádky textu. Ve srovnání s délkou popisu obecně známých drahových keplerovských elementů je to nevyvážené.

Jádro práce je v kapitolách 10-12. Až na popis obecně užívané metody identifikace převzaté z literatury, který je poněkud nepřehledný, je popis autorovy metody identifikace malých těles srozumitelný, třebaže relativně stručný.

vynikající  nadprůměrný  průměrný  podprůměrný  slabý

### Výsledky disertace - konkrétní přínosy disertanta

komentář: Rychlá a účinná metoda identifikace malých těles sluneční soustavy z pozemských pozorování je z větší části (dle kapitoly 15 a rovněž dle seznamu vybraných publikací autora) jeho dílem. Metoda je rutinně využívána na světově významném pracovišti (observatoř Klet)

zabývající se sledováním a hledáním malých těles sluneční soustavy.

vynikající     nadprůměrný     průměrný     podprůměrný     slabý

### **Význam pro praxi a pro rozvoj vědního oboru**

komentář: Autor je členem týmu observatoře na Kletci, která patří ke světové špičce pozorovatelů a hledačů malých těles sluneční soustavy. V poslední době má zvlášť veliký význam pozorování blízkozemních objektů NEO, které mohou ohrozit život na Zemi. Jejich pozorování je ve světě věnována velká pozornost a metoda popsaná v disertaci je s nemalými úspěchy využívána pro potvrzení případně vyškrtnutí potenciálně nebezpečných objektů ze seznamu NEO. Včasnou identifikací NEO je možno zamezit zbytečnému sledování "bezpečných" těles a pozorovací čas využít pro pozorování těch "nebezpečných". Metoda je dostatečně obecná a umožňuje identifikaci jak pro tělesa hlavního pásu planetek mezi Marsem a Jupiterem, tak pro NEO a tělesa transneptunická a komety.

vynikající     nadprůměrný     průměrný     podprůměrný     slabý

## Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

komentář: V práci jsem narazil na minimum překlepů, uvádím jen ty, které mají vliv na pochopení textu.

str. 15 rov. 3.5: má být  $\phi = \arctan \dots$  ne  $\arccot \dots$

str. 21, 1. odst. Rovnic 3.1 a 3.2 má být 5.1 a 5.2

str. 26: USNO A-2.0 obsahuje 526 280 881 údajů (ne 526 230 881).

str. 45, rov. 9.5: indexy  $\sin(v_3 - v_1)$

str. 46 pod rov. 9.9: má být "... substituci  $e \cos v = q \dots$ ".

str. 54 odst. 3, má být nejspíše "... v závěru kapitoly 13.5."

str. 55 obr. 19 a 20:  $e(^{\circ})$  má být jen  $e$ .

V práci jsem mnohdy nerozpoznal rozdíl mezi zápisem skaláru, vektoru či matice. Např. šipkou nad písmenem (jako je např. v rov. 5.15), tučným písmem apod. To čtenáři znesnadňuje až znemožňuje porozumění vysvětlujícího textu a odvození rovnic (např. v rovnicích v kapitole 12 rov. 12.1-12.19).

Autor občas používá neobvyklá slova - např. astrometrista (astrometr).

Často není nepoužívána zavedená terminologie, např.:

str. 8: "Pasážník ... druhou měřenou veličinou je výška objektu nad horizontem...". Pasážník nemá vertikální kruh na měření úhlů (čtení vertikálních úhlů je pouze orientační). Pro měření vertikálních úhlů v místním poledníku se užívá tzv. meridiánový kruh. Dále zmiňovaný upravený pasážník otáčející se ve dvou rovinách - to je teodolit.

str. 11, posl. odst.: "kulové souřadnice" = sférické souřadnice

str. 12: astrometrovaný objekt = určovaný objekt

str. 25: relativní pohyby hvězd = vlastní pohyby hvězd.

Kapitola 5.2. Transformace souřadnic. Daleko přehlednější by bylo, kdyby autor použil aparátu a terminologie užívané v obecně známé metodě nejmenších čtverců. Celé odvození a popis by byl výrazně kratší a přehlednější (rovnice 5.11-5.32). Co jsou například  $x'$ ,  $y'$ ? Hodnoty  $x$  vynásobené měřítkem? Nedalo by se měřítko i otočení určit společně?

Formální úprava:

Kapitola 6. Katalogy zde popisované v odstavcích 6.1 - 6.9 by se měly objevit v seznamu literatury. Za zmínku by stál i připravovaný katalog z družicové mise GAIA, zda bude vhodný pro identifikaci malých těles. Samotným výsledkem mise GAIA bude (se očekává) i pozorování desítek tisíců planetek, NEO a Trojanů. Nevezme GAIA "chléb" pozemským hledačům planetek a komet?

str. 49: Efemeridy Země DE405/406 nejsou v seznamu literatury.

Obr. 21 a 25: Přehlednější by bylo užití negativního zobrazení (tmavé hvězdy a bílé pozadí). V disertaci jsou na černém pozadí linie pohybu nevýrazné. Rovněž by popis měl obsahovat informaci o velikosti zorného pole.

Kapitola 12: Metoda identifikace malých těles. Správnější by bylo uvést odkaz na citaci zde ukázané metody z knihy [4] před odvozováním, ne až po něm, na str. 63. V této kapitole jsou uvedené dvě metody. Ta popsaná v literatuře a druhá, navržená autorem disertace. Přehlednější by bylo, kdyby každá měla svoji podkapitolu.

Jak by se dal nahradit název autorovy metody line of variation za český ekvivalent?

Str. 76, posl. věta: "drastické zpřesnění" má negativní konotaci - lépe "signifikační zpřesnění" nebo ještě lépe česky "výrazné zpřesnění".

Seznam literatury není ani seřazen abecedně, ani podle pořadí výskytu citace v textu.

## Připomínky

str. 4, odst. 2 : Nesouhlasím s tvrzením, že do konce 19. stol. byla astrometrie na okraji vědeckého zájmu. Astrometrická pozorování byla základem objevů aberace, nutace, rovněž středověké hvězdné katalogy, přehledka oblohy Carte du Ciel, a další dokládají opak.

str. 7, odst. 3: Do nástupu GPS mohl být sextant pouze základním námořním navigačním systémem, ne pozemským, jak uvádí autor. Nadto se před nástupem GPS používaly v navigaci i jiné systémy (radiomajáky, LORAN, atd.). Jak se měří úhlová vzdálenost dvou objektů na obloze sextantem na stativu?

str. 11, Tab. 1: chybí vysvětlení zkratk (FGC, LBI, SIM). SIM - Space Interferometry Mission byla ukončena v NASA v roce 2010 ještě před vypuštěním satelitu.

str. 18. Otázka: jaký model precese a nutace používáte? Ve druhém odstavci je nepřesnost, neboť na změnu polohy jarního bodu, počátku odečtu rektascenzí nemá vliv pouze precese rotační osy Země, ale i změna roviny ekliptiky způsobená gravitačním působením planet na Zemi, tzv. "planetární precese".

str. 20, rov. 5.1 a 5.2: logický postup odvození je pravá rovnice a podělením jejího čitatele a jmenovatele  $\sin(\delta)$  dostaneme prostřední rovnici. Tedy logické by bylo prohození pravého a prostředního vztahu. Také je ve jmenovateli těchto rovnic chyba. Místo  $\sin(\alpha_0)$  má být ve jmenovateli  $\sin(\delta_0)$ .

str. 20 rov. 5.5: nepodařilo se mi tento vztah z rov. 5.3 a 5.4 odvodit. V rov. 5.6 má být ve jmenovateli znaménko minus.

str. 21, rov. 5.7 a 5.8. U zjednodušených rovnic, při nahrazení  $(a-a_0)$  za  $\sin(a-a_0)$  dostaneme při avizované hodnotě  $a-a_0 < 0.1$  radiánu chybu až půl úhlové minuty. Opravdu můžeme tak velký rozdíl zanedbat?

str. 22 : Uvažuje se při transformaci snímkových souřadnic i odklon od tečné roviny, tj. když CCD čip není kolmý k ose dalekohledu?

str. 27, 6.9 UCAC4 ... je o polovinu přesnější než USNO B-1.0... U USNO B-1.0 je ale uvedena přesnost 200 mas, u UCAC 15-20mas.

str. 28 Obr. 8. UCAC4 není ve stejném měřítku jako zbývající tři katalogy. A také by bylo vhodné uvést rozměr zde ukázaného zorného pole.

str. 29 Obr. 9 - chybí popis os a katalog UCAC4.

str. 30 Obr. 10 - bez popisu jen jako ilustrační, ale umístěn by měl být v kapitole, kde se jedná o určování rovníkových souřadnic objektů.

str. 33 Obr. 11: Popis barev. Červená dráha je PHA nebo pouze uvnitř dráhy Země?

str. 35, 3.odst.: určení polohy s větší přesností než 15m. Používá se střední nebo okamžitá poloha ovlivněná pohybem pólu?

str. 36, 2. odst.: Jednoduchý vztah mezi lineární a numerickou excentricitou je  $\epsilon = a \cdot e$ .

str. 38: Střední anomálie M je vázaná na excentrickou anomálii a ta na pravou anomálii.

str. 39 rov. 8.3 - tj. 3. Keplerův zákon, ale chybí konstanta a jednotky P a a. Pokud P je v rocích a hlavní poloosa a v a.u., pak je vzorec správně, zanedbáme-li hmotnost Země vůči hmotnosti Slunce.

str. 39 rov. 8.4. V jakých jednotkách je n při použití zde uvedeného koeficientu 0,9856...? a jakých jednotkách je tento koeficient?

str. 40 tab. 2: existuje nějaký vztah pro parametr U? Nebo jsou určeny hodnoty přesností ad hoc?

str. 40 a 41 tab. Drahové elementy - chybí vysvětlení veličin H, G, TT.

str. 43, odst. 2: Slovní popis Gaussovy metody je nesrozumitelný a dle mého názoru zbytečně zkrácený, neboť se jedná o podstatný krok v určování drahových elementů. A dále nerozumím tvrzení, že pozemská pozorování malých objektů jsou ve 2D.

str. 44, odst. 2: Heliocentrické souřadnice Slunce jsou nulové. Zde jsou asi míněné heliocentrické souřadnice Země nebo geocentrické souřadnice Slunce. Pokud podělíme rov. 9.1  $\rho_i$  získáme souřadnice (směrové kosiny) jednotkového vektoru směru k pozorovanému tělesu.

str. 44, obr. 18: Co je úhel theta?

str. 45, rov. 9.4: Chybí vysvětlení planetární aberace a popis koeficientu A (astronomická jednotka vyjádřená ve světelných dnech).

str. 45, rov. 9.5: Spíše než z geometrie vyplývají tyto rovnice z definice vektorového a skalárního součinu vektorů. Vložené "neboli" je zde proto nepatřičné.

str. 45 rov. 9.6: Není popsána proměnná  $r_o$ . To znesnadňuje porozumění dalšímu odvození.

rov. 9.8 na další straně. Tam chybí popis další proměnné  $\tau_2$ .

str. 47 rov. 9.17: Střední denní pohyb je zde značen "mi", ale dosud v textu, i v seznamu použitých symbolů na str.3 se střední denní pohyb značí "n". Také není popsán koeficient 3548.188" (Gaussova gravitační konstanta  $k$  vynásobená  $\rho$  ve vteřinách, tj. střední denní pohyb Země, resp. střední denní pohyb tělesa ve vzdálenosti 1.a.u. od Slunce).

rov. 9.18: chybí popis proměnných  $t_1^0$  a  $t_3^0$ .

rov. 9.19-9.21: jak si představit směrové kosiny dráhy P a Q? I zde k pochopení chybí popis (vektro)  $r_o$ .

str. 49 rov. 10.6: V popisu jsou uvedeny souřadnice x,y s počátkem ve středu eliptické dráhy. Tato rovnice však počítá x s počátkem v ohnisku elipsy (v centrálním tělese).

str. 50 rov. 10.11-13:  $X_t, Y_t..$  jsou geocentrické souřadnice tělesa, v rov. 10.14 a 10.15 se ale používají souřadnice x, y... Diskuse kolem kvadrantu je myslím v doktorské práci zbytečná. Kvadranty řeší funkce atan2 (FORTRAN, C, Matlab...)

str. 51 dole: Zde se označují jako heliocentrické souřadnice objektu  $X_T, Y_T, Z_T$ , ale  $\rho$  (geocentrická vzdálenost objektu) v násl. rov. 10.19 by tedy měla být s využitím souřadnic  $X_t..$  odvozených v rov. 10.11-13.

str. 52: Chybí popis proměnné H a THETA, tedy "hodinového úhlu objektu" a "hvězdného času".

str. 60-63: Odvození obecně používané metody převzaté z literatury je nepřehledné. Chybí definice proměnných - např. sady pozorování ( $t_i, r_i$ ) - co znamená závorka?  $t_i$  je čas pozorování?,  $r_i$  je rektascenze a deklinace nebo polohový vektor? V dalším odvození není jasné, které veličiny jsou vektory a které matice. Co si má čtenář představit pod pojmem "směrová funkce"? A opět se vracím k již jednou zmíněné připomínce - jedná se o aplikaci MNČ a pokud by byl použit obecně známý aparát a terminologie této metody - mohl by se čtenář v odvození vyznat.

str. 64-66 Popis metody upravené autorem, která vyjadřuje vlastní přínos autora, je již vysvětlen přehledně. Přesto chybí vysvětlení některých pojmů - variační hodnoty v rektascenzi, deklinaci., Nejedná se o varianci? Střední kvadratickou odchylku? Dále vysvětlení pojmu poziční úhel pohybu tělesa? Vůči čemu se počítá? Vytknul bych opět nevyužívání obecné terminologie - např. v případě rovnice lineární regrese "... hodnota u x je ..." je jednoduše "směrnice regresní přímky je ...".

str 81: U kometa Tichý autor píše "... a zvýšila se šance na znovunalezení tělesa". Byla tato kometa při svém dalším návratu pozorována?

### Závěrečné zhodnocení disertace

Cíle disertace byly splněny. Bylo nalezeno a do rutinního provozu uvedeno a velmi úspěšně aplikováno zjednodušené řešení identifikace malých těles sluneční soustavy. Potud je hodnocení výborné. Avšak forma disertace, popis současného stavu problematiky i matematická formulace problému je průměrná až podprůměrná.

Přes tyto nedostatky doporučuji, aby autor svou práci před komisí obhajoval. Proto jsem také podrobně uvedl všechny své výhrady a komentáře, které snad pomohou autorovi na obhajobu se připravit a dojem z disertace vylepšit.

Doporučuji po úspěšné obhajobě disertační práce udělení titulu Ph.D.  ano  ne

Datum: 31.10.2018

Podpis oponenta: 