

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího       posudek oponenta  
 bakalářské práce       diplomové práce

Autor: Bc. František Čejka

Název práce: Analýza rychlosti šíření trhliny pro vybraná zemětřesení z regionálních záznamů  
povrchových vln

Studijní program a obor: Geofyzika

Rok odevzdání: 2018

Jméno a tituly oponenta: prof. RNDr. Jiří Zahradník, DrSc.

Pracoviště: katedra geofyziky MFF UK

Kontaktní e-mail: jz@karel.troja.mff.cuni.cz

## Odborná úroveň práce:

- vynikající    velmi dobrá    průměrná    podprůměrná    nevyhovující

## Věcné chyby:

- téměř žádné    vzhledem k rozsahu přiměřený počet    méně podstatné četné    závažné

## Výsledky:

- originální    původní i převzaté    netriviální kompilace    citované z literatury    opsané

## Rozsah práce:

- veliký    standardní    dostatečný    nedostatečný

## Grafická, jazyková a formální úroveň:

- vynikající    velmi dobrá    průměrná    podprůměrná    nevyhovující

## Tiskové chyby:

- téměř žádné    vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet    četné

## Celková úroveň práce:

- vynikající    velmi dobrá    průměrná    podprůměrná    nevyhovující

## Slovní vyjádření, komentáře a připomínky oponenta:

Předložená práce řeší zajímavý a náročný problém identifikace výjimečných tzv. super-shear zemětřesení, tj. takových, při nichž rychlost trhliny přesahuje rychlost střížných seismických vln. Používá metodu, kterou předložili Vallée a Dunham (2012), a která patrně nebyla nikým jiným dosud aplikována. Metoda je založena na velmi prosté skutečnosti: Uvažujeme-li dvě zemětřesení („velké a malé“) s podobnou polohou a ohniskovým mechanismem, pak za určitých zjednodušujících předpokladů bude pozorovatel na Machově kuželi vidět stejný tvar obou záznamů, přičemž jejich amplitudový poměr bude dán poměrem seismických momentů. Přes zdánlivou jednoduchost jde v praxi o značně těžký problém. Je třeba stanovit frekvenční obor, v němž se „velké“ zemětřesení projevuje jako konečné, zatímco „malé“ je zdánlivě bodové. Dále je třeba odhadnout, kde je Machův kužel, k čemuž potřebujeme znát směr šíření trhliny, fázovou rychlost povrchových vln a rychlost šíření trhliny. Přitažlivost metody, přes její silná zjednodušení, spočívá v tom, že je možná robustnější než mnohparametrické skluzové inverze a hlavně je na nich více méně nezávislá.

Diplomová práce má úvod, čtyři kapitoly a závěr. V kap. 1 autor zformuloval rovnice (podle diplomové práce svého vedoucího) a kap. 2 věnoval modernímu seismickému softwaru ObsPy, který použil. Těžiště práce je v kap. 3. („Výsledky“), rozdělené do čtyř podkapitol pro čtyři studovaná zemětřesení. Následuje diskuse (2 strany) a velmi stručný závěr. Po formální stránce je tedy struktura práce v pořádku.

Po věcné stránce bych rád pochválil několik věcí:

- 1) Diskuse teoretických vlastností zdánlivé časové funkce (odst. 1.2), speciálně obr. 1.2., je instruktivní, lepší než v originální práci Vallée a Dunham.
- 2) Použití a prozkoumání efektivního nástroje ObsPy je cenným obohacením softwarových zkušeností na naší katedře. Pomocí ObsPy autor metodu samostatně naprogramoval.
- 3) Výsledky jsou cenné, protože autor zpracoval čtyři jevy, některé s více než jedním „malým“ zemětřesením, a použil všechna data dostupná v databázi IRIS. Pro první jev, který analyzovali Vallée a Dunham, použil autor více stanic.
- 4) Výsledky prezentoval korektně, bez zastírání problémů.
- 5) Zobrazení všech výsledků podobnou formou (jako obr. 3.1.) je velmi názorné.
- 6) Diskuse je stručná, ale výstižná. Jednoduše řečeno – potvrzuje že metoda Vallée a Dunham je smysluplná a současně ukazuje velká úskalí při jejím praktickém použití. S autorovým názorem, že je užitečné se metodou dále podrobněji zabývat, lze souhlasit.

Následuje výčet věcí, kde práce patrně utrpěla nedostatkem věnovaného času.

- A) Základní vzorec (1.22) neodpovídá přesně slovní formulaci, že záznam „velkého“ a „malého“ zemětřesení se liší jen multiplikační konstantou  $M_0/m_0$ ; ve vzorci je navíc ještě  $U(f)$ . Má být  $U(f)/u(f)$ , vyžaduje diskusi předpokladu  $u(f)=1$ . Pomohlo by upravit (1.10).
- B) V aplikacích u všech jevů chybí přesná číselná specifikace předpokládaného směru šíření trhliny, kterou autor použil jako referenční úhel  $\Phi=0$ . Souhlasí použitý úhel se strikem podle GCMT?
- C) Autor přejal odhad fázové rychlosti Loveho vln 3.3 +/- 0.2 km/s z práce Vallée a Dunham a bez diskuse disperzních křivek jednotlivých zemětřesených oblastí jej aplikoval na všechny jevy. Mohlo to například silně ovlivnit negativní výsledky pro Yushu, které se studuje na kratších periodách (< 16 s) než jiné jevy? Vhodný interval hodnot rychlosti trhliny autor pravděpodobně hledal, ale popsal pouze optimální případy.
- D) V práci chybí mechanismy ohnisek použitých zemětřesení. Jak jsem zjistil v GCMT katalogu, u některých dvojic „velkého“ a „malého“ jevu se mechanismus značně lišil, např. předtřes Kokoxili (možná to vede ke špatnému vystižení KMI v obr. 3.2.?). Autor málo diskutuje polohy ohnisek všech dvojic.
- E) V práci se poměrně dost rozebírá, zda jsou použité frekvence dostatečně vysoké (aby „velké“ zemětřesení mohlo projevit svou konečnou délku, případně ukázat Machův kužel), ale málo se diskutuje, zdali horní mez zvoleného frekvenčního oboru je stále pod rohovou frekvencí „malého“ jevu.
- F) Autor správně konstatuje neurčitosti doby trvání (a rozptyl publikovaných hodnot), proto se ptám, zda nemohl či neměl použít empirické vztahy mezi momentem a délkou zlomu.

G) Chápu, že nebylo nutné požívat instrumentální korekci, když se porovnávají záznamy na stejné stanici, ale zajímá mě, zda autor v ObsPy kontroloval, že na všech stanicích byl stále stejný přístroj. Zvlášť kritické je to pro Kokoxili hlavní otřes a předtřes, oddělené od sebe téměř 1 rok.

Některé překlepy a nepřesnosti:

Str. 6, ve vzorci (1.14) je přebytečný člen  $d_0/c$ .

Str. 7,  $X>1$  má být  $X>0$

Str. 7, citace obrázku 1.19 má být 1.2b

Obr. 1.2 chybí vyznačení úhlu  $\Phi_M$

Str. 10: „povrchové vlny ...skrze zemský povrch“ ?

Str. 11: „rozmazání“ Machova kužele; není uvedeno, že k němu přispívá také neurčitost  $v_r$

Str. 15: 2x slovo „korelaci“

Str. 16: vzorec 2.1, chybí kvadrát ve jmenovateli

Str. 17: Interval, kde leží Machův kužel, je (na rozdíl od Vallée a Dunham) kreslen bez ohledu na zakřivení Země

Str. 18 a dále: katalog Harvard je nově GCMT katalog

Str. 18: Doba trvání podle „Harvardu“ – pokud vím, nejde o parametr určený z dat, je to empirický odhad z momentu, ale mohu se mýlit.

Str 19: Mw 5 předtřesu 26. listopadu 2000 by vyžadovalo diskusi, srovnej ISC a GCMT

Str. 19: V tabulce 3.5 mě zaujala nesmyslná hodnota  $35^{\circ}87'$  a při kontrole jsem zjistil, že fakticky šlo o  $35,87^{\circ}$ . Podobnou chybu jsem našel ještě několikrát (ale ne všude).

Str. 20: výsledky „splnili“ očekávání

Str. 21: obr. 3.1 – v popisku obrázku chybí výklad časových posuvů

Str. 24: frekvence 0.06 Hz neodpovídá uvedené periodě 14 s; podobně str. 29

Str. 24: Jaký poměr momentů byl použit? Totéž chybí na konci popisku obr. 3.4

Str. 26: tab. 3.7 - chybné hodnoty Lat a Lon pro předtřes a dotřes

Str. 26: Formulace, že dotřes vykazuje výrazný šum, je slabá. Dotřes je prostě nepoužitelný.

**Závěr:** Autor zvládl publikovanou metodu identifikace super-shear zemětřesení. Samostatně ji naprogramoval v ObsPy a použil na čtyři zemětřesení, která jsou podle jiných autorů kandidátem na takový jev. Výsledky zpracoval homogenním způsobem a stručně diskutoval. Dospěl k názoru, že metoda je perspektivní, ale má řadu úskalí, s čímž plně souhlasím. Navrhl možné směry pokračování výzkumu a projevil o něj zájem. Zajímavost dosažených výsledků převyšuje některé nedostatky, které jsem uvedl výše. Studie bezpochyby splňuje požadavky kladené na diplomovou práci.

### **Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuse:**

Prosím o vyjádření k bodům A)-G), uvedeným výše.

### **Práci**

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako diplomovou/bakalářskou.

### **Navrhuji hodnocení stupněm:**

výborně  velmi dobře  dobře  neprospěl/a

Místo, datum a podpis oponenta:

Praha, 6.8. 2018 Jiří Zahradník