

OPONENTSKÝ POSUDEK

diplomové práce Bc. Vojtěcha Lávičky

„Analýza směrovosti P vln z vybraných západočeských zemětřesení“

Vedoucí práce: RNDr. Václav Vavryčuk, DrSc.

V předložené diplomové práci Bc. Lávička studuje směrovou závislost dob trvání prvních pulzů P vln pro vybraná západočeská zemětřesení (Ml 3,7-1,6). Šířky pulzů odečtené v záznamech rychlostí a posunutí naměřených seismickou sítí WEBNET promítá na ohniskovou kouli v závislosti na úhlu východu paprsku ze zdroje do stanice. Takto získané „mapy“ šířek pulzů jsou kvalitativně porovnávány s teoretickými mapami zdánlivé doby trvání pulzů pro tři jednoduché modely trhliny (jednostranné a oboustranné šíření trhliny přes úsečkový zdroj a radiální šíření přes zdroj kruhový, ve všech případech s předpokladem konstantního náběhového času). Interpretace ve smyslu přiřazení jednotlivých modelů konkrétním jevům je, jak diskutuje sám autor, ne vždy jednoznačná.

V úvodní části diplomant naznačuje motivaci pro svou práci a odkazuje na některé z relevantních prací publikovaných jinými autory. Zde bych uvítal rozsáhlejší rešerši literatury s obdobnou metodikou, resp. s obdobnými cíli včetně kritického zhodnocení. Ve druhé části autor popisuje uvažované modely konečného seismického zdroje a diskutuje vzorce pro výpočet jim odpovídajících zdánlivých dob trvání ohniskového procesu. Zde bych opět ocenil daleko podrobnější výčet dalších známých modelů seismického zdroje (kinematické, dynamické modely, nekonstantní náběhový čas, model typu crack, atp). Na druhou stranu je třeba říci, že se jedná o diplomovou práci, takže i vzhledem k celkovému objemu provedené práce pravděpodobně na hlubší rešerši nezbýval čas. Potěšilo mě však, jak detailně se autor zabývá analýzou jednotlivých vzorců.

V další části autor diskutuje metody použité na čtení dob trvání pulzů ze záznamu rychlostí a posunutí. Diplomant podrobně diskutuje problémy jednotlivých metod a popisuje nesnáze při práci s reálnými daty, se kterými se musel vypořádat. Jednotlivá data pečlivě oceňuje mírou možné chyby. Vysoce oceňuji, že získané časy nejsou pouze bezmyšlenkovitě shromážděny, ale že při sestavování databáze čtení použitých pro další interpretaci se autor snaží opatrně vybrat pouze data nejspolehlivější, případně alespoň vzájemně konzistentní. Časy jsou pak zobrazovány pomocí interpolace na ohniskovou kouli.

Interpretace tvarů výsledných rozložení dob trvání na ohniskové kouli, tj. přiřazování jednotlivých modelů zdroje konečných rozměrů, je prováděno pouze na základě vizuálního porovnávání. Tento kvalitativní přístup (mimo jiné zanedbávající absolutní hodnoty dob trvání pulzů) je pro diplomovou práci dostatečný, umožňující první posouzení interpretovatelnosti měřených dat. Díky získanému citu pro modelové mapy dob trvání pulzů získaných v předchozích částech autor diskutuje i nejednoznačnosti interpretací vlivem nedostatečného pokrytí ohniskové koule. V této části vidím možnost budoucího rozšíření práce na kvantitativní interpretaci, ke které lze dospět rigorózní formulací obrácené úlohy a jejím řešením včetně analýzy neurčitosti. Podotýkám, že zde by se obzvláště uplatnila informace o předpokládané chybě jednotlivých měření, jejíž analýzou se autor poctivě zabývá. V každém případě takový úkol již spadá nad rámec diplomového úkolu; byl by ale podle mého názoru velmi zajímavým tématem pro (navazující) doktorskou dizertaci.

Autor uzavírá kritickým zhodnocením celé práce, od odečítání dat ze seismogramů až po interpretační část. Nejzajímavější výsledek z fyzikálního hlediska je, že žádný z jevů není

v souladu s kruhovou trhlinou, která se běžně u takto malých jevů předpokládá. Namísto toho lze naměřená data vysvětlit šířením podél úsečkového zdroje.

Autor se v průběhu práce na diplomovém úkolu seznámil s některými standardními programovými nástroji na práci se seismogramy a provedl pečlivou analýzu relativně velkého množství dat. Vedle toho sám naprogramoval několik skriptů v Matlabu, které se v některých případech opírají o podprogramy získané od školitele Dr. Vavryčka. Samotný text práce je velmi čtivý, podrobný a téměř bez formálních chyb. Vizualizace výsledků je na vysoké úrovni, popisky obrázků jsou dostatečně detailní, legendy úplné. Vyzdvihl bych též úplnost ve výčtu hodnot parametrů jednotlivých modelů (hned u obrázků a v tabulce).

Závěrem bych rád vyjádřil své přesvědčení, že jak v použité metodice, tak v analyzovaných datech a prvních výsledcích vidím velký potenciál. Níže uvádím některé své kritičtější komentáře k předložené diplomové práci. Žádný ale není zásadního negativního charakteru. Diplomovou práci proto doporučuji k přijetí a v případě úspěšné ústní části obhajoby navrhuji klasifikaci stupněm výborně.

Obecné komentáře:

Diplomant provádí odečty doby trvání P vln jak na záznamech rychlosti, tak (po integraci) na záznamech posunutí (viz např. str. 42). Jak sám autor popisuje, posunutí P vlny v daleké zóně je spjato s první derivací časové funkce zdroje (tj. rychlostí skluzu), jejíž doba trvání je přímo ovlivněna zdánlivou dobou trvání zdrojového procesu. Z toho plyne, že rychlostní záznam P vlny je spojen s druhou derivací časové funkce zdroje, tj. zrychlením skluzu. Doba trvání jejího prvního pulzu, dle obr. 2, odpovídá spíše náběhovému času. V reálném případě lze zřejmě očekávat, že tento pulz bude také alespoň částečně ovlivněn dobou trvání, ale pravděpodobně do menší míry než záznam posunutí. To by mohlo být jednou z příčin větší heterogenity pozorované u map získaných z dob trvání pulzů P vln z rychlostních záznamů než z posunutí. Prosím autora o komentář.

Jaký vliv má útlum seismických vln (Q faktor) na jednotlivá měření? Lze uvažovat, že vzhledem k hypocentrální vzdálenosti a převládající frekvenci není P vlna tímto příliš ovlivněna? Prosím o odpověď.

Diplomant použil pro interpolování naměřených hodnot dob trvání prvního pulzu P vlny na ohniskové kouli metodu „v4“ v Matlabu s blíže nespecifikovanými vlastnostmi (viz interpolované mapy na obrazech 41-62). Při bližším pohledu na mapy se zdá, že tato interpolační metoda ve výsledné mapě zachovává hodnoty v bodech měření. To se mi nezdá úplně nutné u dat, která jsou (jak autor sám správně diskutuje) zatížena chybou, jelikož se pak výsledné mapy mohou zdát příliš složité a zavádějící. Podobně interpolační metoda může zdánlivě zesilovat data na okrajích studované oblasti, kde fakticky pracuje jako metoda extrapolace (což je v některých případech pozorovatelné i přes autorovu snahu nezobrazovat výrazně extrapolované hodnoty). Jako vhodnější by se mi jevílo použití interpolační metody, která by výsledky spíše vyhladila. Na druhou stranu chápu, že by zde vyvstal problém volby metody hlazení, jejího stupně atp. Nejlépe by tento problém asi vyřešila přímo formulace obrácené úlohy, která by vedla na regresi naměřených hodnot pomocí hodnot modelových získaných pro uvažované modely zdroje konečných rozměrů. Jak jsem již zmínil výše, tento postup je ale již nad rámec diplomového úkolu. Nicméně prosím autora o komentář k vlivu metody interpolace/extrapolace na interpretaci výsledků.

Bylo by možné provést analýzu směrovosti P vln i z amplitud prvních nasazení?

Komentáře k jednotlivým bodům textu:

Strana 9: Autor zmiňuje, že ze zjištěné směrovosti vlnového pole lze určit, která z nodálních rovin je rovinou zlomu (opírá se o citaci práce jiných autorů). Zajímalo by mě, jestli toto tvrzení platí opravdu obecně, nebo jen pro některé mechanismy (strike slip vs. dip slip).

Strana 31: Z popisu mi není jasné, jestli autorem uvažovaný úsečkový zdroj může ležet i mimo nodální rovinu, nebo jen na ní. Prosím o vysvětlení.

Popis obr. 24-26: Popis významu širší čáry znázorňující jednu z nodálních rovin by se měl vyskytnout u všech obrázků (případně jen u prvního), ale ne jen u posledního.

Strana 46: Jak lze interpretovat „vlnku“ pozorovanou na záznamech před příchodem P vlny, kterou autor zmiňuje v textu a ukazuje na obrázku 30?

Strana 46: Proč autor preferuje metodu jednoho obrazového bodu pro silné jevy s dobrým poměrem signál/šum? Pro takové záznamy je podle mého názoru výhodnější použít metodu prvních odchylných bodů. Prosím o komentář.

Strana 48: Oceňuji autorovu snahu o maximální zpřesnění určované doby trvání prvního pulzu pomocí grafu pohybu částice. Z textu není úplně jasné, jestli tento postup diplomant použil pouze na zpřesnění odečtů z rychlostních záznamů, nebo i ze záznamů posunutí. Navíc autor zmiňuje, že zpřesňování provádí pouze pro nejsilnější jevy, kde je ale přesnost již víceméně dostatečná (na úrovni 1 ms). Zde se nabízí otázka použitelnosti postupu i na slabší jevy, nebo je pro ně pohyb částice již příliš složitý? Pokud ano, lze v takových případech pohyb chápat stále jen jako zdrojový pulz?

Obraz 37: Zajímalo by mě, jestli byly pozorované složitosti jednotlivých pulzů typické vždy pro danou stanicí nebo pro daný jev. Jinými slovy, stalo se, že by některá stanice vykazovala existenci zdánlivé složitosti pro jakýkoli jev? Obdobná otázka zní, vykazoval některý jev podobné složitosti tvaru P vlny na všech stanicích?

Strana 72: Není mi jasný smysl map dob trvání pulzů P vln zprůměrovaných přes všechny jevy. Některé vykazují výrazně jinou směrovost vyzařování než jiné jevy. Podle mého názoru by výsledná mapa mohla mít smysl pouze pokud by se průměrovaly alespoň jevy s podobnou směrovostí. Prosím o komentář.

Strana 84: Není mi jasné, proč by neměl zdroj konečných rozměrů vykazovat směrovou závislost šířky pulzů, pokud by se jednalo o tahovou trhlinu. Prosím o vysvětlení.