

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-0435-07****Optimálne presné konečno-diferenčné schémy na modelovanie zemetrasení**Zodpovedný riešiteľ **prof. RNDr. Peter Moczo, DrSc.**Príjemca **Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK
2. Geofyzikálny ústav SAV
- 3.
- 4.
- 5.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

- 1.
- 2.
- 3.

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

- 1.
- 2.
- 3.

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1. Moczo, P., Kristek, J., Galis, M. & Pazak, P., 2010. On accuracy of the finite-difference and finite-element schemes with respect to P-wave to S-wave speed ratio, *Geophys. J. Int.*, 182, 493–510.
2. Galis, M., Moczo, P., Kristek, J., Kristekova, M., 2010. An adaptive smoothing algorithm in the TSN modelling of rupture propagation with the linear slip-weakening friction law. *Geophys. J. Int.* 180, 418–432. doi: 10.1111/j.1365-246X.2009.04427.x
3. Chaljub, E., Moczo, P., Tsuno, S., Bard, P.-Y., Kristek, J., Käser, M., Stupazzini, M., Kristekova, M., 2010. Quantitative Comparison of Four Numerical Predictions of 3D Ground Motion in the Grenoble Valley, France. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 100(4), 1427-1455.
4. Kristeková M., Kristek J., Moczo P., 2009. Time-frequency misfit and goodness-of-fit

criteria for quantitative comparison of time signals. Geophys. J. Int. 178, 813-825

5. Kristek J., Moczo P., Galis M. 2009. A brief summary of some PML formulations and discretizations for the velocity-stress equation of seismic motion. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 53 (4), pp. 459-474.

Uplatnenie výsledkov projektu

Niektoré výsledky riešenia projektu už boli aplikované v numerických simuláciách v rámci medzinárodného predikčného experimentu pre lokalitu Mygdónskeho bazénu pri meste Thessaloniki v Grécku a tiež v simuláciách pre jadrové lokality vo Francúzsku (v spolupráci s CEA France).

Všetky výsledky projektu budú v krátkej dobe aplikované v rôznych súvislostiach v simuláciách seizmického pohybu v rámci projektov NERA (7FP), SIGMA (Francúzsko), E2VP (Francúzsko) a pravdepodobne aj v plánovaných simuláciách pre jadrové lokality CEA.

CHARAKTERISTIKA VÝSLEDKOV

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

A.) Zistili sme, že konečno-diferenčné schémy, ktoré spĺňajú Geller-Takeuchiho kritérium optimálnej presnosti, sú citlivé na pomer rýchlostí šírenia pozdĺžnych a priečnych vln (VP/VS) a pre hodnoty pomeru bežné v povrchových sedimentárnych štruktúrach (zodpovedných za anomálne seizmické pohyby pri zemetraseniach) sú nepresné. B.) Analyzovali sme 18 2D a 3D numerických schém 2. a 4. rádu založených na metóde konečných diferencií, konečných elementov, spektrálnych elementov a nespojitej Galerkinovej metóde. Kvantifikovali sme ich citlivosť a presnosť vo vzťahu k VP/VS. Naše zistenia sú pre väčšinu schém veľmi prekvapujúce. (Moczo et al. 2010 + článok v príprave). C.) Na základe analýzy schém formulujeme nové kvantitatívne kritérium pre konštrukciu numerických schém, ak majú byť presné pre prostredia s vyššími hodnotami VP/VS. Kritérium je obecné - nie je obmedzené len na metódu konečných diferencií.

Okrem toho sme dosiahli nasledovné svetovo pôvodné výsledky:

1. Klasifikácia a nová integračná schéma PML (Kristek et al. 2009)
2. Časovo-frekvenčné kritéria porovnávania časových signálov (Kristeková et al. 2009)
3. Algoritmus adaptívneho zhladzovania v TSN simulácii šírenia trhliny (Gális et al. 2010)
4. Stabilný algoritmus diskontinuitnej striedavo usporiadanej siete (Kristek et al. 2010)
5. Numerické simulácie v medzinárodných predikčných testoch (Chaljub et al. 2010, Moczo et al. v príprave)
6. Analýza, rozpracovanie a porovnanie metód a posteriori filtrácie časových histórií rýchlosti sklzu v simuláciách šírenia trhliny na zlome (Kristeková et al., v príprave)

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

A.) We have found that the finite-difference schemes that satisfy Geller-Takeuchi criterion of optimal accuracy are sensitive to the P-wave to S-wave speed ratio (VP/VS) and are inaccurate for values of the ratio common in the surface sedimentary structures responsible for anomalous seismic motion during earthquakes. B.) We analyzed 18 2D and 3D numerical schemes of the 2nd and 4th order based on the finite-difference, finite-element, spectral-element and discontinuous Galerkin methods. We quantified their sensitivity and accuracy with respect to the VP/VS ratio. Our findings are for majority of the schemes rather surprising (Moczo et al. 2010 + one in preparation). C.) Based on the performed analysis of the schemes we formulate a new quantitative criterion for constructing numerical schemes if the schemes should be accurate in media with larger values of the VP/VS ratio. The criterion is general - not restricted to the finite-difference schemes.

We made also these original contributions in the international context:

1. Classification and a new integration PML scheme (Kristek et al. 2009)
2. Time-frequency criteria for comparing time signals (Kristekova et al. 2009)
3. Algorithm of adaptive smoothing in TSN simulation of rupture propagation (Gális et al. 2010)
4. Stable algorithm of a discontinuous staggered grid (Kristek et al. 2010)
5. Numerical simulations in the international prediction experiments (Chaljub et al., Moczo et al. in preparation)
6. Analysis, elaboration and comparison of a posteriori methods for filtering slip-rate time histories in simulations of the rupture propagation (Kristekova et al. in preparation)

Svojím podpisom potvrdzujem, že údaje uvedené v záverečnej karte sú pravdivé a úplné a súhlasím s ich zverejnením.

Zodpovedný riešiteľ

prof. RNDr. Peter Moczo, DrSc.

V Bratislave 28. 01. 2011

Štatutárny zástupca príjemcu

doc. RNDr. Ján Boďa, CSc.

V Bratislave 28. 01. 2011

.....
podpis zodpovedného riešiteľa

.....
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu