

Analýza citlivosti s iteračními řešiči

Pavel Praks

Katedra aplikované matematiky FEI a Katedra matematiky a deskriptivní geometrie
VŠB – Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15,
708 33, Ostrava-Poruba
Pavel.Praks@vsb.cz

Abstrakt. Cílem disertace je předložit a otestovat strategii pro efektivní řešení analýzy spolehlivosti simulačními technikami Monte Carlo. Navrhovaný přístup je založen na kombinaci užití metod redukce rozptylu s cílem snížení počtu simulací a na užití iteračních řešičů s cílem snížit cenu opakované deterministické analýzy. Dosažené výsledky byly také využity pro vyhledávání informací v textových dokumentech a v obrázcích.

Klíčová slova: iterační řešiče, spolehlivost, Monte Carlo, redukce rozptylu, information retrieval

1 Úvod

Iteračními řešiči se (pod vedením mého školitele prof. RNDr. Zdeňka Dostála, CSc., Katedra aplikované matematiky, FEI VŠB-TU) zabývám od roku 1997, kdy jsem ve třetím ročníku inženýrského studia oboru “Informatika a aplikovaná matematika” na FEI VŠB-TU nastoupil jako pomocná vědecká síla při Katedře aplikované matematiky FEI VŠB-TU Ostrava. Výsledky práce našly také uplatnění v oblasti vyhledávání informací iteračními řešiči (information retrieval - spolupráce s doc. RNDr. Václavem Snášelem, CSc. (FEI VŠB-TU) a s doc. RNDr. Jindřichem Černohorským, CSc. (FEI VŠB-TU). Dále jsem se podílel na konzultacích závěrečných prací čtyř studentů (preprocessing a statistická analýza dat). Tři ze studentů studovali inženýrské studium při VŠB-TU, jeden z nich byl PhD. studentem Přírodovědecké fakulty UK Praha. V roce 2003 mi byla nabídnuta účast na dvou připravovaných mezinárodních projektech: Doc. Ing. Radim Briš, CSc. (Katedra aplikované matematiky, FEI VŠB-TU): česko-francouzský projekt Barrande (spolehlivost, stochastické modelování, Troyes, Francie); doc. RNDr. Marie Duží, CSc. (Katedra informatiky FEI VŠB-TU): SOCRATES Mobility Programme (lektorování Information Retrieval, Pori, Finsko). Aktivity a výsledky práce jsou podrobněji prezentovány na adrese <http://praks.am.vsb.cz>.

2 Obsah disertační práce

Dne 23. 5. 2002 **složena rigorózní zkouška** (oponent tezí: Prof. Ing. Pavel Marek, DrSc., ÚTAM AV ČR Praha a VŠB - TU Ostrava, Fakulta stavební).
Obsah disertační práce: Iterační řešiče a simulační techniky.

- 1) Efektivní implementace iteračních řešičů pro rychlé řešení rozsáhlých úloh v (geo)mechanice (iterační řešiče pro rozsáhlé soustavy lineárních rovnic s více pravými stranami, numerická stabilizace iteračních řešičů).
- 2) Efektivní implementace simulačních algoritmů pro pravděpodobnostní posudek spolehlivosti metodami redukce rozptylu (Importance Sampling, Stratified Sampling). Důraz na algoritmy pro efektivní analýzu spolehlivosti problémů, u kterých není známa apriorní informace o poruše. Aplikace algoritmů pro pravděpodobnostní posudek spolehlivosti ve stavební mechanice metodou SBRA (Simulation Based Reliability Assessment).

3 Seznam publikací

[20] Střížík M., Praks P., Berger P., Černý A., Engst P., Keder J., and Černý E.: *Error estimation of the LIDAR determination of O_3 based on simultaneous measurements*. Moderní matematické metody v inženýrství (2003), Jednota českých matematiků a fyziků, pobočka Ostrava, Katedra matematiky a deskriptivní geometrie VŠB-TU Ostrava, Dolní Lomná u Jablunkova (Accepted)

[19] Marek P., Brozzetti J., and Guštar M. (editors): *Probabilistic Assessment of Structures using Monte Carlo Simulation. Basics, Exercises, Software* (Second edition). ITAM - Academy of Sciences of the Czech Republic (2003). Praks P. and Konečný P. are authors of Chapter 23: *Direct Monte Carlo Method vs. improved methods considering applications in designers every day work* (11 pages; Accepted)

[18] Praks P., Dvorský J., Snášel V., Černohorský J.: *On SVD-free Latent Semantic Indexing for Image Retrieval for application in a hard industrial environment*. IEEE International Conference on Industrial Technology - ICIT'03, Maribor.

[17] Praks P., Dvorský J., Snášel V.: *Latent Semantic Indexing for Image Retrieval Systems*. SIAM Conference on Applied Linear Algebra (LA03). The College of William and Mary, Williamsburg, U.S.A.

[16] Praks P., Konečný P.: *APROBASIS - Automated PROBabilistic Assessment using Importance Sampling*. IMAMM '03 (Industrial Mathematics and Mathematical Modelling, June 30 - July 4, 2003, Rožnov pod Radhoštěm); VŠB - Technical University Ostrava, Institute of Geonics ASCR, Ostrava, University of West Bohemia, Pilsen, Charles University Prague, Mathematical Institute ASCR, Prague (Poster)

[15] Praks P., Brožovský J.: *Posudek spolehlivosti kloubové prutové konstrukce metodou SBRA užitím přímé metody Monte Carlo a metody Importance sampling v MKP prostředí AFEM*; In Sborník IV. ročník celostátní konference SPOLEHLIVOST KONSTRUKCÍ: Téma: Posudek - poruchy – havárie, 23.a 24.4.2003 Dům techniky Ostrava, Ed. Prof. Pavel Marek, 51-54, ISBN 80-02-01551-7

- [14] Praks P., Konečný P.: *Kombinace účinků zatížení metodou SBRA s využitím přímé metody Monte Carlo a importance sampling*; In Sborník IV. ročník celostátní konference SPOLEHLIVOST KONSTRUKCÍ: Téma: Posudek - poruchy – havárie, 23.a 24.4.2003, Dům techniky Ostrava, Ed. Prof. Pavel Marek, 35-38, ISBN 80-02-01551-7
- [13] Praks, P.: *Computer simulations of functions with random parameters using direct Monte Carlo and Importance Sampling*. In Transactions of the VŠB - Technical University of Ostrava, Computer Science and Mathematics Series, **2003** (To appear.)
- [12] Praks, P.: *Analýza spolehlivosti simulační metodou Importance Sampling*, Modelování v mechanice 2003, Katedra stavební mechaniky, Fakulta stavební, VŠB - Technická univerzita Ostrava, **2003**. Ed. Jiří Brožovský, Ivan Kološ, 118-123, ISBN 80-248-0253-8
- [11] Praks P., Snášel V., Klecker D., Šín K., and Vlcek K.: *Content based search: A feature extraction using wavelet compression*. In Proceedings of ISM'2002, Rožnov pod Radhoštěm, Czech Republic, **2003**.
- [10] Praks P.: *Numerical Aspects of Simulation Based Reliability Assessment of Systems*, In *International Colloquium Euro-SiBRAM'2002*. Volume II. Institute of Theoretical and Applied Mechanics, Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague, Ed. P. Marek, A. Haldar, M. Guštar, P. Tikalsky, Praha 24.-26. 6. 2002, ISBN 80-86246-17-5. 11 pages.
- [9] Praks P., Pustka D.: *Analýza spolehlivosti staticky neurčitého ocelového rámu metodou Stratified Sampling*, In *Sborník VII. vědecké konference s mezinárodní účastí, Stavební fakulta, Technická univerzita v Košicích; Košice 22.-24. 5. 2002*, Košice: Stavební fakulta, Technická univerzita v Košicích, **2002**, 246-249, ISBN 80-7099-815-6
- [8] Praks, P.: *Metoda Stratified Sampling pro efektivní určení spolehlivosti stavebních konstrukcí*, In *III. ročník celostátní konference SPOLEHLIVOST KONSTRUKCÍ*, Ed. Pavel Marek: Dům techniky Ostrava, **2002**, 75-80, ISBN 80-0201489-8
- [7] Dostál, Z., Praks, P.: *Numerické aspekty aplikace SBRA na systémy*. In *Sborník spolehlivosti konstrukcí*. Ed. Pavel Marek, Dům techniky Ostrava, **2001**, 39-42, ISBN 80-02-01410-3
- [6] Praks, P.: *Conjugate gradient methods for linear systems with multiple right hand sides*. In Transactions of the VŠB - Technical University of Ostrava, Computer Science and Mathematics Series, **2001**, vol. 1, 129-138, ISBN 80-7078-905-0
- [5] Praks, P.: *Iterační řešení perturbovaných soustav lineárních rovnic*. In *Sborník z 10. semináře Moderní matematické metody v inženýrství*, Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, **2001**, vol. 10, 204-207, ISBN 80-248-0013-6
- [4] Kučera, R., Praks P.: *Waveletová transformace a řešení soustav lineárních rovnic*, In *Sborník ze 7. semináře Moderní matematické metody v inženýrství*,

Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, **1998**, vol. 6, 135-140, ISBN 80-7078-622-1

[3] Praks, P.: Paralelní implementace metody sdružených gradientů pro řešení soustav lineárních rovnic s více pravými stranami, In *Sborník 7. konference studentů v matematice škol VŠTEZ, 1999*

[2] Praks, P.: Řešení soustav lineárních rovnic s několika pravými stranami s Wavelet předpokmáním, In *Sborník 6. konference studentů v matematice škol VŠTEZ, 1998*

[1] Praks, P.: Metody sdružených gradientů pro řešení soustav lineárních rovnic s několika pravými stranami, In *Sborník 5. konference studentů v matematice škol VŠTEZ, 1997*

4 Ceny a granty

4.1 Ocenění, mezinárodní aktivity a granty

- Děkan FEI VŠB - TU Ostrava, Prof. Ing. Ivo Vondrák, CSc., udělil P. Praksovi dne 24. 9. 2003 "Ocenění za výsledky dosažené v doktorandském studiu". (Workshop doktorandů Fakulty elektrotechniky a informatiky VŠB-TU Ostrava.)
- Aktivní účast na **SIAM Conference on Applied Linear Algebra**, The College of William & Mary, Williamsburg, Virginia, USA (červenec 2003, 1 týden). Přednesení prezentace „Praks, P., Snášel, V., Dvorský, J.: *Latent Semantic Indexing for Image Retrieval Systems*“. Příspěvek publikován na stránkách <http://www.siam.org/meetings/la03/proceedings/>.
- Na základě nabídky Prof. Ing. Pavla Marek, DrSc. (ÚTAM Praha a FAST VŠB-TU) je P.Praks členem mezinárodního SBRA Teamu. SBRA Team sdružuje 33 autorů z devíti zemí, kteří se zabývají plně pravděpodobnostním posudkem spolehlivosti ve stavební mechanice. Snahou je zavedení pravděpodobnostních principů do projekční praxe. SBRA Team také participuje na vydání knihy [19]. Práce byla podpořena Evropskou komisí v Bruselu prostřednictvím programu Leonardo da Vinci (2001).
- Na základě pozvání prof. Roberta Beauwense návštěva **Université Libre de Bruxelles**, pracoviště **Service de Métrologie Nucléaire, Brusel, Belgie** (prosinec 2001, 1 týden), vyžádaná přednáška na téma: „Numerické aspekty pravděpodobnostního posudku spolehlivosti stavebních konstrukcí“; studium simulačních metod s důrazem na techniky redukce rozptylu (konzultace s Pierre-Etienne Labeau).
- **Université de Montréal, Montreal, Kanada** (červenec 2001, 2 týdny), NATO/Advanced Study Institutes: Letní škola průmyslové matematiky na téma: Moderní metody vědeckého počítání a jejich aplikace. Pobyt hrazen grantem NATO (Severoatlantická aliance, Brusel).
- Na základě nabídky prof. Ing. Iva Vondráka, CSc. (kat.informatiky FEI VŠB-TU) pobyt na **Montanuniversitat Leoben, Rakousko** (1999, 6 měsíců), pobyt

na katedře matematiky za účelem psaní diplomové práce (sekvenční a paralelní programová implementace algoritmů pro efektivní řešení rozsáhlých úloh v mechanice: řešení soustav lineárních rovnic s více pravými stranami), složení zkoušky z kurzu němčiny pro cizince; Pobyť hrazen grantem EU (Socrates-Erasmus, Brusel).

4.2 Přípravovaná mezinárodní spolupráce

- Na základě nabídky **Doc. Ing. Radima Briše, CSc.** (Katedra aplikované matematiky FEI VŠB-TU Ostrava) možná participace na podaném **česko-francouzském projektu Barrande** (prof. C. Bérenguer a E. Châtelet, **Université de technologie de Troyes (Francie)**, Laboratoire de Modélisation et Sûreté des Systèmes, Laboratoire d'Optimisation des Systèmes Industriels. Téma: „*Performance and cost optimization of the maintenance based on semi-analytic stochastic modeling*“. Možná participace P.Prakse: Znalost pravděpodobnostního přístupu k posudku spolehlivosti ve stavební mechanice, zkušenosti s implementací metod redukce rozptylu (variance reduction techniques) a s implementací iteračních řešičů. Projekt zaslán k posouzení (září 2003).
- Na základě nabídky **doc. RNDr. Marie Duží, CSc.** (kat. informatiky FEI VŠB-TU Ostrava) možná participace na podaném **česko-finském SOCRATES Mobility Programme** (prof. H. Jaakkola, **Tampere University of Technology, Pori (Finsko)**). Možná participace P.Prakse: lektorování předmětu Information Retrieval na universitě v Pori (max. 3 týdny). Smlouvu podepsalo vedení obou univerzit. Projekt zaslán k posouzení (září 2003).

4.3 Účast na domácích grantových projektech

- MSM 272400019 (od r. 2002) - *Vývoj algoritmů pro řešení složitých průmyslových problémů*
- GAČR 105/99/1229 (1999-2001) – *Extrémně rozsáhlé výpočty (supercomputing) a tvarová optimalizace v geomechanice*
- GA ČR č. 103/01/1410 (od r. 2002) - *Aplikace nové generace pravděpodobnostních metod pro posuzování bezpečnosti, provozuschopnosti a trvanlivosti konstrukcí* (Prof. Ing. Pavel Marek, DrSc., ÚTAM AV ČR Praha a FAST VŠB - TU).

4.4 Členství

- Člen skupiny zabývající se výzkumem spolehlivosti na Katedře aplikované matematiky, FEI VŠB - TU Ostrava (od r. 2003). Vedoucí: Doc. Ing. Radim Briš, CSc.; <http://www.am.vsb.cz/bris/>
- **SBRA Team** (Simulation Based Reliability Assessment) při ÚTAM AV ČR Praha a FAST VŠB-TU Ostrava (od r. 2002). Vedoucí: Prof. Ing. Pavel Marek, DrSc.; <http://www.itam.cas.cz/sbra/>

- **Amphora Research Group** při katedře informatiky, FEI VŠB - TU Ostrava (od r. 2002). Vedoucí: doc. RNDr. Václav Snášel, CSc.; <http://www.cs.vsb.cz/arg/>
- **Člen Jednoty českých matematiků a fyziků**, matematická vědecká sekce, (od 13.3.2003), <http://kam.mff.cuni.cz/~mvs-jcmf>

4.5 Aktivity při VŠB - TU Ostrava

- Člen Local Organization Committee konference IMAMM '03 - Industrial Mathematics and Mathematical Modelling, (2002 - 2003), <http://imamm.am.vsb.cz/>

Konzultační činnost – transformace a statistická analýza dat

- *Mgr. Michal Střížik, PhD.*, Přír. fakulta UK v Praze; konzultace disertační práce „Laserová optoakustická detekce a diferenční absorpční LIDAR, šíření znečištění v ovzduší.“ (Možná prevalidace metod dálkové detekce znečištění ovzduší.) 2002 – 2003
- *Jan Nieslanik*, Institut geoinformatiky, VŠB – TU Ostrava, konzultace bakalářské práce „Citlivostní analýza vybraných vstupů modelu AEOLIUS (Assesing the Environment Of Locations In the Urban Streets)“, 2002 – 2003
- *Ing. Libuše Knápková*, Institut environmentálního inženýrství, HGF, VŠB – TU Ostrava, konzultace diplomové práce „Hodnocení dřevinných druhů pro antropogenní půdy“, 2001 – 2002
- *Ing. Denisa Žůrková*, Institut environmentálního inženýrství, HGF, VŠB – TU Ostrava, konzultace diplomové práce (statistická analýza dat čističek odpadních vod), 2002-2003

Heraldika a počítačová grafika

- P. Praks je autorem vítězného návrhu znaku Fakulty elektrotechniky a informatiky – FEI VŠB-TU; <http://fei.vsb.cz/> (2000-2001)
- P. Praks je autorem vítězného návrhu znaku RCCV (Regionální centrum technického celoživotního vzdělávání při VŠB-TU); <http://rccv.vsb.cz/> (2003)
- P. Praks se aktivně účastnil třinácti výstav počítačových grafik. Z toho dvě výstavy proběhly v zahraničí: Zonguldak, Turecko (2003), Univerzita Montreal, Kanada (2001).

Annotation.

The purpose of the dissertation is to present and test a strategy for effective solving of reliability based problems by Monte Carlo simulation techniques. The proposed approach is based on combination of the application of variance reduction techniques for reducing the number of simulation steps and the application of iterative solvers for reducing the cost of repeated deterministic analysis. The achieved results were also used for text retrieval and image retrieval.