



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ FAKULTA

KATEDRA PRAVDĚPODOBNOSTI A MATEMATICKÉ STATISTIKY

186 75 PRAHA 8 - KARLÍN, SOKOLOVSKÁ 83

Tel : 221 913 375

Ing. Anna Kučerová, PhD.
posudek habilitační práce

Předložená habilitační práce se skládá z šesti publikovaných autorčiných článků doplněných o podrobný komentář. Jednotlivé práce se vztahují ke třem oblastem stavební mechaniky, jimiž se jmenovaná v posledních letech zabývala. Jedná se především o:

1. Reprezentaci morfologie náhodných materiálů.
2. Kalibraci modelů popisujících materiály s náhodnými vlastnostmi.
3. Zrychlení kalibrace nelineárních modelů při použití náhradních proměnných.

Vždy jsou netriviálně použity pokročilé matematické, stochastické a optimalizační metody.

Pět z těchto prací již bylo publikováno ve význačných recenzovaných časopisech s tak zvaným impakt faktorem, jedna je v recenzním řízení. Všechny články jsou se spoluautory, podíl Ing. Kučerové je však více než podstatný. Je vždy radostí nejenom pro oponenta, ale i pro celou komisi, posuzovat takovéto práce, jejichž věcná správnost prošla kritickou kontrolou recenzentů a čtenářů předních světových časopisů. Proto bych se vyjádřil spíše k některým zajímavým pracím.

Jak je zřejmé z jednotlivých zahrnutých článků, tak ze souhrnu všech publikací, v uplynulých cca osmi letech se autorka soustředila především na použití vysoce netriviálních matematických a stochastických metod pro analýzu modelů stavební mechaniky, které mimo jiné umožňují odhadnout spolehlivost konstrukčních prvků, popsat vedení tepla a vlhkosti v konstrukcích, apod. Vztahy mezi vstupními a výstupními veličinami jsou přitom velmi často dány materiálovými vlastnostmi uvažovaných konstrukcí. Řada stavebních materiálů, například beton, má značně nehomogenní strukturu, což způsobuje, že materiálové vlastnosti nejsou v takovém případě deterministické, nýbrž náhodné. Náhodné mohou být i rozměry konstrukcí, nemluvě o jejich zatížení. Pro mnohé z těchto prvků je naštěstí známo ať již rozdělení pravděpodobnosti, nebo alespoň jeho základní charakteristiky (parametry polohy a variability). V takovém případě je možné opakovaně generovat metodou Monte Carlo realizace vstupních veličin, dosadit je do uvažovaného modelu, a statistickými metodami vyhodnotit získané výstupy. Toto však vyžaduje opakované vyhodnocení modelu v řádu desítek až stovek.

Jestliže je model popsán parciální diferenciální rovnicí, pro niž se přibližné řešení často hledá metodou konečných prvků, je třeba najít řešení i sto tisíckrát, což může vyústit v nezvládnutelné výpočetní nároky. Situace je ještě náročnější, časově i výpočetně, pokud je třeba řešit takzvaný inverzní problém. To znamená, ze známých vstupů a výstupů najít parametry modelu. Z tohoto důvodu nejenom inženýrská obec přivítala „zjednodušení“ pomocí použití tak zvaného polynomiálního chaosu. Základní myšlenka tohoto postupu spočívá ve vhodném nahrazení náhodných veličin, které jsou funkcí náhodných vstupních parametrů, pomocí polynomu, jehož argumenty lze nejčastěji popsat pomocí standardního normálního nebo rovnoměrného rozdělení. Díky této konstrukci je původní model nahrazen modelem jednodušším, který jej přitom dobře aproximuje. Použití bayesovského principu spolu s metodou MCMC pak umožňuje získat kvalitní řešení původní inverzní metody. Za největší

přínos Ing. Kučerové považují, že jako jedna z prvních použila výše zmíněné postupy pro řešení úloh stavební mechaniky. Blíže viz článek [3] (Acceleration ...), zabývající se předpovědí procesu přenosu tepla a vlhkosti v heterogenních materiálech, například v historických budovách, který považují za obzvláště zajímavý. V pracích, které autorka publikovala později, zmíněné metody a postupy použila pro řešení řady dalších problémů, jakými je například kalibrace modelu, identifikace parametrů modelu apod. a dovedla je k velké technické dokonalosti. Klíčové myšlenky a nástroje, které byly v [3] poprvé použity, se staly později základními stavebními kameny nejenom pro další práce autorky a jejího týmu, ale i všech těch, kteří na tyto práce navázali.

Druhou rozsáhlou oblastí, kterou se Ing. Kučerová dlouhodobě zabývá, představují optimalizační problémy obsahující ať již nestandardní kritéria nebo velice rozsáhlou množinu přípustných řešení. Zde je třeba zdůraznit, že pro většinu uvažovaných úloh neexistuje standardní programové vybavení. Při hledání (sub)optimálních řešení autorka s úspěchem aplikuje jí navržené a naprogramované algoritmy, jež podstatnou měrou využívají stochastické optimalizační postupy. Zde bych rád vyzdvihl, že vedle matematicko-statistického modelování autorka též věnovala velkou pozornost výpočetní stránce studovaných postupů a simulacím, jež hrají v řadě předložených článků klíčovou roli. Tento, nejenom matematiky, často přehlížený aspekt je přitom pro prosazení se navrhovaných postupů a metod podstatný.

Jak jsem již opakovaně uvedl, řada prací Ing. Kučerové kombinuje vysoce netriviální problémy modelování vlastností stavebních materiálů se stochastickými postupy. Názorně se tak ukazuje, jak potřebná je spolupráce inženýrů se specialisty z jiných oborů, například jednali se o stochastický přístup k nelineárnímu modelování, plánování experimentů, apod. Jsem přesvědčen, že pokračování této spolupráce může přinést další zajímavé výsledky.

Celkový přínos předložených prací spočívá především v kombinaci moderních matematických, výpočetních a stochastických metod, jakož i netriviálních simulací studovaných modelů za přítomnosti náhody. Jednotlivým prvkem předložené habilitace je použití pokročilých postupů současné matematiky, jakými jsou polynomiální chaos, stochastická Galerkinova metoda, náhodné bodové procesy a náhodná pole, bayesovská statistika, MCMC simulace, funkcionální analýza hlavních komponent, atd. Také bych rád vysoce ocenil fakt, že v době, kdy to nebylo „módou“ jako dnes, se autorka nebála jako jedna z prvních ve své oblasti použít neuronové sítě a genetické algoritmy pro řešení velice složitých a rozsáhlých optimalizačních úloh. V řadě z těchto oblastí Ing. Kučerová přispěla též po stránce teoretické.

Pro potřeby obhajoby by mne zajímalo, zda některé navržené postupy byly alespoň pokusně použity a/nebo nasazeny v praxi, a jaká je autorčina zkušenost s jejich reálným fungováním.

Na závěr bych chtěl připomenout, že Ing. Kučerová věnovala značné úsilí velice efektivnímu vedení výzkumného týmu v rámci řešení Evropského grantu regionálního rozvoje CAAS. Není proto překvapením, že v nedávné době získala prestižní Fulbrightovo stipendium.

Vzhledem ke všem výše uvedeným skutečnostem jsem přesvědčen, že Ing. Anna Kučerová, PhD., prokázala jak schopnost samostatné tvůrčí práce, tak schopnost pokročilé metody matematiky, matematické statistiky a náhodných procesů v oblasti stavební mechaniky tvůrčím způsobem aplikovat. Doporučuji proto vědecké radě FSv ČVUT tuto práci uznat za práci habilitační.