

Posudek disertační práce

Autor práce: Ing. Lukáš Novák
Název práce: Surrogate modelling and safety formats in probabilistic analysis of structures
Studijní obor: P3607 Stavební inženýrství, 3607V009 Konstrukce a dopravní stavby
Oponent: Prof. Ing. Jiří Šejnoha, DrSc., Feng.

Datum zadání posudku: 14. 10. 2021

Aktuálnost tématu disertační práce

Práce je zaměřena na vývoj efektivních metod pro pravděpodobnostní návrh a posouzení konstrukcí. Zpřesňuje normové přístupy a vyvíjí širokou škálu teoreticky náročných, při tom prakticky dobře využitelných algoritmů, završených adaptivním sekvenčním modelem procesu simulovaného formou rozvoje polynomického chaosu. Téma je nepochybně vysoce aktuální.

Hodnocení:

☒ vynikající	☐ nadprůměrné	☐ průměrné	☐ podprůměrné	☐ slabé
--	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

Splnění cílů disertační práce

Cíle disertace jsou formulovány ve vztahu ke dvěma oblastem, a to
-v oblasti polo-pravděpodobnostních metod vyvinout novou techniku, založenou na rozvoji do Taylorovy řady (TSE)
-vytvořit efektivní počítačové algoritmy založené na rozvoji polynomického chaosu (PCE).
Lze konstatovat, že vypracovanými teoretickými podklady, vlastními programy a numerickými studiemi autor stanovené cíle bez zbytku splnil.

Hodnocení:

☒ vynikající	☐ nadprůměrné	☐ průměrné	☐ podprůměrné	☐ slabé
--	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

Postup řešení problému – metody zpracování

Disertační práce je uspořádána jako komentovaný soubor šesti prestižních časopiseckých publikací, pokrývajících stanovené cíle a záměry. Publikace prošly standardním řízením v průběhu posudkového procesu, proto se lze omezit na stručný komentář a na ocenění mimořádné kvality celého souboru. Z teoretického hlediska

zaujme pozornost zejména publikace F „Variance-based adaptive sequential sampling for polynomial chaos expansion“. Uchazeč v ní prokázal skvělou orientaci v moderních přístupech k pravděpodobnostní analýze (viz např. Par. 3.1 „Coherence-optimal sampling“ s využitím MCMC, dále Par. 3.2 „D-optimal experimental design“, jakož i celá Chap. 4 „Adaptive sequential sampling“).

Jak po stránce teoretické, tak z pohledu výrazného praktického využití lze hodnotit publikaci E „Estimation of coefficient of variation for structural analysis: The correlation interval approach“. Z teoretických závěrů plyne, že široce užívaná a efektivní metoda ECoV je speciálním případem TSE pro plně korelované náhodně proměnné za předpokladu linearity matematického modelu a lognormálního rozdělení veličiny R.

Jasným praktickým výstupem je publikace D „Stochastic modelling and assessment of long-span precast prestressed concrete elements failing in shear“. Na konkrétním konstrukčním prvku je doloženo, že jeho smyková kapacita stanovaná pravděpodobnostním návrhem výrazně převyšuje hodnoty získané podle EN 1992-1-1 i EN 1992-2. Rovněž bylo potvrzeno, že Natafova transformace a kombinatorická optimalizace dávají stejné výsledky co do vystižení statistické závislosti vstupních veličin.

Je cenné, že vstupní hodnoty k vyjádření statistické závislosti byly získány na reálných vzorcích.

Ačkoliv jsou publikace dílem autorských kolektivů, uchazečův zásadní podíl, zejména při tvorbě matematických modelů, je přesvědčivě doložen. Všechny publikace mají vynikající teoretickou úroveň a významnou aplikační hodnotu.

Hodnocení:

☒ vynikající	☐ nadprůměrné	☐ průměrné	☐ podprůměrné	☐ slabé
--	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

Význam disertační práce pro praxi a pro rozvoj vědního oboru

Z uvedeného je zřejmé, že práce je přínosná jak pro rozvoj vědního oboru (např. neuronové sítě a algoritmy na bázi PCE), tak pro praxi (zejména postupy, poskytující zpřesněné odhady prvních dvou momentů, či predikce mezí pro odhad rozptylu výstupní veličiny kombinací TSE a Eigen ECoV).

Hodnocení:

☒ vynikající	☐ nadprůměrné	☐ průměrné	☐ podprůměrné	☐ slabé
--	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

Po formální stránce má disertační práce vynikající úroveň, podloženou jazykovou kvalitou.

Hodnocení:

☒ vynikající	☐ nadprůměrná	☐ průměrná	☐ podprůměrná	☐ slabá
--	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

Hodnocení publikační a jiné činnosti doktoranda

Šest prestižních publikací s dominantním uchazečovým podílem je nadstandardním dokladem autorových kvalit a jeho publikační aktivity.

Hodnocení:

Poznámky a připomínky k textu práce

1. Disertační práce klade důraz na vystižení vlivu reálných hodnot vstupních veličin na výstupní „zájmovou veličinu“. Při odhadu mezí rozptylu odděluje plně korelované a nekorelované vstupní veličiny. *Pro odhad mezilehlých (reálných) výstupních hodnot nechává stranou osvědčený způsob současné implementace zcela korelovaných a nekorelovaných veličin. Porovnával tento přístup s detailním výpočtem se „skutečnou korelační maticí“, jejíž hodnoty jsou u reálných konstrukcí převážně získávány expertním odhadem (viz komentář v publ. D na str. 10 s odvoláním na /50/)?*
2. Sekvenční data vznikají v mnoha oblastech vědy a inženýrství. Jsou zpravidla generována dynamickým systémem. V úvahu pak přichází online analýza, kdy data vstupují v reálném čase (viz publikace F), nebo offline analýza, v níž jsou data k dispozici předem (vč. dat z reálných experimentů). *Proč krom dvou variant metody MC (crude, LHS) není ke sledování statistické závislosti systematicky využívána též hierarchická varianta MCMC (viz publikace F), která umožňuje z postupných následných měření upřesňovat informace o reálné statistické závislosti (bayesovský přístup)?*
3. V souvislosti s pojmem korelace by bylo možné obecně diskutovat pravděpodobnostní grafické modely, které poskytují kompaktní reprezentaci sdružených rozdělání. Základním modelem je „chain graph“, který může být usměrněný (BN-Bayesova síť), či neusměrněný (MRF-Markov Random Field). BN se dále dělí na DBN (dynamické BN) a skupinu BNs, zahrnující smíšené modely, regresi a dimenzionální redukci (PCA-Principal Component Analysis=Factor analysis a ICA-Independent Component Analysis). Pro faktorizované vyjádření hustoty se Markovův strom (neusměrněný) převádí na „junction tree“. Ucelenou informaci o DBs poskytuje PhD. disertace Kevina Patricka Murphyho, UC Berkeley 2002: Dynamic Bayesian Networks - Representation, Inference and Learning. *Zajímal by mě uchazečův názor na zatřídění NN resp. ANN do výše uvedeného schématu (viz též obrázky na str. 121 a 122 Murphyho disertace).*
4. V rámci snižování počtu vstupních proměnných je užitečná faktorová analýza (PCA, viz komentář 3). *Nebylo by vhodné ji využít/doporučit jako vhodný precursor, uplatněný před tvorbou náročných matematických modelů (běžně se např. používá pro sledování vývoje pravděpodobnosti poruchy při sledování ražby tunelů v čase).*

5. Diskutovaná metoda FORM se užívá ve spojení s iteračním algoritmem AFOSM (Advanced First Order Second Moments), při níž se upřesňuje vektor normály k ploše spolehlivosti, resp. k její tečné rovině, se změnou parametru β . *Proč se autor o tomto přístupu nezmiňuje?*

Závěr

Předložená disertační je mimořádně zdařilým dílem, které snese srovnání s disertacemi ze špičkových zahraničních univerzit. Přes její kvalitu nelze přehlédnout fakt, že vznikla v mimořádně příznivém vědeckém prostředí, vytvořeném řadou odborníků, zjevně vždy ochotných poskytnout radu a podporu.

Uchazeč zpracováním disertační práce prokázal způsobilost k samostatné tvůrčí vědecké práci ve smyslu § 47 zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a změnách a doplnění dalších zákonů.

Doporučuji, aby disertační práce **byla** přijata k obhajobě a aby v případě jejího úspěšného obhájení byl

Ing. Lukášovi Novákovi

udělen akademický titul „doktor“ (ve zkratce „Ph.D.“ uváděné za jménem).

Datum: 26. října 2021

Podpis oponenta:

.....