



Posudek disertační práce

Uchazeč Ing. Adéla Hlobilová

Název disertační práce Multi-Objective Reliability-Based Design Optimization using Approximation Techniques

Studijní obor Fyzikální a materiálové inženýrství

Školitel doc. Ing. Matěj Lepš, Ph.D.

Oponent prof. Ing. Jan Zeman, Ph.D.

e-mail jan.zeman@cvut.cz

Aktuálnost tématu disertační práce

komentář: Překládaná disertační práce se zabývá optimalizací konstrukcí s uvážením nejistot ve vstupních datech. Toto téma je nepochybně aktuální, protože umožňuje využití realističtějších pravděpodobnostních modelů při optimálním návrhu konstrukcí a tím odhadnout jejich spolehlivost. Navíc je zvládnutí tohoto problému neobyčejně náročné, protože vyžaduje kombinaci pokročilých technik numerické (vícekriteriální) optimalizace, výpočetních metod pro odhad spolehlivosti systémů a aproximace funkcí na základě hodnot pouze v několika (vhodně) vybraných bodech. Proto, jak autorka prokazuje důkladnou rešerší literatury, je výsledků v této oblasti poskrovnu.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Splnění cílů disertační práce

komentář: Cíle práce jsou detailně představeny v sekci 1.2. Konkrétně autorka formuluje problém spolehlivostní optimalizace konstrukcí jako úlohy dvojkritériální optimalizace zahrnující cenu konstrukce a její spolehlivost. Výsledek této optimalizační úlohy – ve formě tzv. Pareto hranice – pak dává vzhled to vztahu mezi cenou konstrukce a její spolehlivostí a tím dospět k racionálnějšímu návrhu konstrukce. Výsledná úloha, řešená pomocí vícekriteriálního genetického algoritmu NSGA-II, je ale výpočetně velmi náročná, a proto jsou v práci detailně zkoumány dvě hlavní strategie pro zefektivnění výpočtu: efektivní metody určení spolehlivosti konstrukce a nahrazení modelů levnějšími metamodely při zachování dostatečné přesnosti. Hlavním cílem práce tedy bylo takové algoritmy vyvinout, otestovat jejich chování na vhodně vybrané skupině testovacích algoritmů, a získat tím doporučení pro jejich využití na komplikovanější úlohy.

Jak je zřejmé z výsledků kapitolách 7 a 8 (a též v přílohách) a jejich detailní diskuse, cíle práce byly beze zbytku splněny.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Metody a postupy řešení

komentář: Po představení cílů práce v první kapitole autorka systematicky postupuje v jejich plnění. V kapitolách 2–5 představuje základní aspekty řešené problematiky, a to od přístupů spolehlivostní optimalizace konstrukcí, algoritmů vícekriteriální optimalizace, spolehlivosti konstrukcí, až po konstrukci meta-modelů. V této části disertace oceňují, že se autorka snaží jednotlivé pojmy čtenáři přiblížit pomocí jednoduchých ilustračních příkladů. V kapitole 6 pak Ing.

Hlobilová představuje navržené optimalizační metody a řeší vybrané aspekty jejich efektivní implementace pomocí vektorizovaných operací. Kapitola 7, hlavní část disertační práce, pak představuje pět testovacích problémů a prezentuje výsledky získané jednotlivými variantami metod řešení. Výsledky jsou následně výstižně shrnuty v kapitole 8. V dodatečných kapitolách 9-12 jsou pak prezentovány některé dílčí pojmy a hlavně další cenná data, získaná při řešení testovacích optimalizačních úloh.

Metody a postupy zvolené Ing. Hlobilovou považuji za optimálně zvolené, vzhledem k náročnosti problému diskutovaném v prvním bodě hodnocení. Je obdivuhodné, že dokázala výsledky získané různými metodami shrnout a interpretovat tak systematickým a výstižným způsobem.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Výsledky disertace - konkrétní přínosy disertanta

komentář: Dle mého nejlepšího vědomí jsou konkrétní přínosy Ing. Hlobilové zmíněny až ve shrnující kapitole 8, což mi přijde zbytečně pozdě. Za hlavní přínos považuji představení originálního pohledu na pravděpodobnostní optimalizaci konstrukcí a navržení výpočetních postupů pro řešení vzniklé optimalizační úlohy (další přínosy jsou krátce shrnuty v poslední části posudku).

V neposlední řadě bych chtěl zdůraznit, že předkládaná práce otevírá řadu nových témat v oblasti optimalizace inženýrských konstrukcí a může tak sloužit jako vhodný počáteční bod pro další výzkum autorky nebo jejích následovnic nebo následovníků.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Význam pro praxi a pro rozvoj vědního oboru

komentář: Vzhledem k jejímu zaměření práce přispívá především k rozvoji vědního oboru inženýrské optimalizace a to unikátními pilotními výsledky získané v oboru dvojkriteriálního spolehlivostního optimálního návrhu konstrukcí. Jak je zřejmé z příkladů řešených v sedmé kapitole, aplikace vyvinutých metod na praktické konstrukce/úlohy je v současné době mimo možnosti výpočetní techniky. Předkládaná práce ale představuje první, velmi důležitý, krok v tomto směru.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

komentář: Formální úprava je práce příkladná. Text je psán kvalitní angličtinou s nízkým počtem překlepů nebo gramatických chyb. Jako drobnou výtku bych si dovilil uvést, že autorka občas používá nekonzistentní značení a občas zbytečně opakuje některé informace. To ale vzhledem k rozsahu textu a šíři řešených témat pochopitelné.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Připomínky

V diskusi nad disertační prací by se Ing. Hlobilová mohla vyjádřit k některým z následujících otázek:

1. Na straně vi poprvé používáte termíny „accuracy“ a „precision“. Mohla byste, prosím, vysvětlit co přesně těmito pojmy míníte?
2. Na straně 26 uvádíte, že variační koeficient lze vyjádřit jako číslo z rozsahu [0,1] (nebo

- [0%, 100%]). Mohla byste prosím vysvětlit, z čeho toto tvrzení vychází?
3. V sekci 4.2.2 (metoda Importance sampling) mi není jasné jak volíte hustotu pravděpodobnosti h_Y v rovnici (4.69). Mohla byste, prosím, vysvětlit, co je myšleno odstavcem, který začíná větou „In this thesis, we use ...“
 4. Na straně 42 v rovnici (4.81) uvádíte asymptotický odhad indexu spolehlivosti. Mohla byste, prosím, krátce představit, za jakých předpokladů byl získán? Dále prosím okomentujte obdobným způsobem tvar spolehlivosti poruchy uvedený v rovnici (4.96) na straně 50.
 5. V kapitole 4 uvádíte celou řadu výsledků pravděpodobnosti poruchy a indexu spolehlivosti pro problém taženého prutu. Mohla byste tyto výsledky shrnout formou tabulky a porovnat je s přesným řešením?
 6. Na straně 69 uvádíte, že na diagonále Gramovy matice se objevují nulové hodnoty a proto je jí třeba regularizovat. Z pseudokódu na stejné straně mi ale spíš přijde, že diagonální prvky jsou rovny 1. Mohla byste prosím okomentovat tento rozdíl?
 7. Vysvětlete, prosím, co myslíte větou „The correlation between points is so powerful tool ...“ na straně 73.
 8. Graf 5.18 na straně 77 mi není úplně jasný, prosím o jeho detailnější vysvětlení.
 9. V prvním odstavci kapitoly 6 na straně 81 zmiňujete, že zásadní vlastností metamodelů je rovnoměrné pokrytí návrhového prostoru. Jak je tento požadavek zohledněn v metamodelech prezentovaných v páté kapitole?
 10. V kapitole 8 představujete řadu možných optimalizačních algoritmů. Mohla byste pro jednu nebo dvě varianty uvést seznam **všech** jejich parametrů a krátce okomentovala, jak těžké je tyto parametry správně nastavit?
 11. Není mi úplně jasné, co myslíte „discarded solutions due to $\pm\infty$ in the reliability index after recalculation“ na straně 92. Vysvětlete, prosím, toto tvrzení podrobněji.
 12. U výsledků převzatých z literatury v kapitole 7 několikrát uvádíte opravené (corrected) hodnoty, které se často od výsledků v literatuře dost liší. Okomentujte, prosím, jak jste opravené hodnoty získala a proč se liší od výsledků jiných autorů.
 13. Na několika místech disertace uvádíte, že simulace metodou (kvazi) Monte-Carlo mají garantovanou maximální hodnotu variačního koeficientu. V jakém smyslu je tato hodnota garantována?

Uvědomuji si, že tento seznam je poněkud delší, autorka může odpovědět pouze na vybrané dotazy s ohledem na délku konání obhajoby.

Závěrečné zhodnocení disertace

Za **silné** stránky disertace považují především

- nové, detailně diskutované téma inženýrské optimalizace konstrukcí,
- vhodně metodicky zpracované představení jednotlivých částí navrhovaných typů optimalizačních algoritmů,
- systematická, bohatě dokumentovaná a reprodukovatelná studie chování pro vhodně zvolenou sadu testovacích úloh,

kritická diskuse chování jednotlivých variant algoritmů a vysvětlení pozorovaného chování, včetně porovnání výstupů s výsledky publikovanými v literatuře.

Zásadní **slabé** stránky předkládaná práce dle mého soudu nemá. Přijde mi ale škoda, že kandidátka publikovala výsledky velmi fragmentovanou formou: napočítal jsem celkem 11 příspěvků do sborníků mezinárodních a národních konferencí. Pro získání detailnější zpětné vazby, a i s ohledem na případnou další vědeckou kariéru kandidátky, bych doporučoval se pokusit výsledky publikovat v kvalitním mezinárodním časopise. Dále bych doporučil krátce shrnout konkrétní přínosy práce hned v úvodní kapitole.

I přes drobné připomínky v předchozím odstavci ale není pochyb o tom, že předkládaná práce přináší nové výsledky do velmi kompetitivní oblasti pravděpodobnostní optimalizace konstrukcí a zcela jasně prokazuje, že Ing. Adéla Hlobilová je schopna samostatné vědecké práce. Proto předloženou práci rozhodně doporučuji k obhajobě a po její úspěšné obhajobě doporučuji kandidátce udělit titul Ph.D. v oboru Fyzikální a materiálové inženýrství.

Doporučuji po úspěšné obhajobě disertační práce udělení titulu Ph.D.

ano

ne

Datum: 12.6.2020

Podpis oponenta: *Jan Zeman*