

OPONENTSKÝ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

Ing. Lukáše Zeizingera

„Optimalizační algoritmus pro příhradové ocelové konstrukce“

Posudek na disertační práci s názvem „Optimalizační algoritmus pro příhradové ocelové konstrukce“ jsem vypracoval na základě žádosti děkana FSI VUT v Brně doc. Ing. Jaroslava Katolického, Ph.D. ze dne 2. 12. 2020. K dispozici jsem měl disertační práci a teze disertační práce Ing. Lukáše Zeizingera.

Faktografické údaje disertační práce

Celkový rozsah disertační práce je 112 stran členěných do Úvodu, 8 kapitol, Závěru a Seznamu použitých zkratk a symbolů. Přílohy obsahují navíc 50 stran komentovaných grafů.

Aktuálnost disertační práce

Optimalizační úlohy vznikají obvykle při řešení praktických úloh, když hodláme dosáhnout co nejlepšího výsledku v rámci našich možností. Optimalizace ve zjednodušeném pojetí znamená především úspora zdrojů. To znamená, že jakákoliv souvislost s optimalizačním procesem, samozřejmě optimálně uchopeným, bude vždy aktuální. Doktorand se ve své práci zaměřil na řešení optimalizačního algoritmu pro příhradové ocelové konstrukce stavebních a dopravních strojů. Byla zvolena dvě základní experimentální schémata příhradových konstrukcí s cílem nalezení optimální varianty s využitím normalizovaných příčných průřezů ocelových tyčí s minimálním délkovým odběrem za pomoci zvoleného optimalizačního algoritmu. Tento zvolený optimalizační algoritmus musí pracovat s jednorozměrnou i vícerozměrnou optimalizací. Problematika optimalizačních algoritmů je řešena v mnoha vědeckých publikacích uvedených v databázích Web of Science či Scopus, dnes především velmi využívané genetické optimalizační algoritmy.

Na základě výše uvedeného, i přes řadu informačních zdrojů obsahujících řešení optimalizačních úloh, konstatuji, že disertační práce je aktuální, pro vědní obor přínosná a pro konstruktérskou praxi velmi potřebná.

Cíle disertační práce a jejich naplnění

Ze schváleného zadání disertační práce vyplývají 3 základní cíle:

1. Vypracování analýz dílčích metod vhodných k sestavení optimalizační metodiky.
2. Sestavení obecné formy metodiky, která podle obecně zvoleného optimalizačního kritéria (kritérií) generuje optimální variantu již koncepčně navržené příhradové konstrukce.

3. Aplikace navržené metodiky na konkrétních dvou problémech s cílem redukce hmotnosti, ceny nebo obou parametrů současně.

Ad1) Doktorand na str. 29 až str. 32 představil náhled do současného stavu řešené problematiky, včetně popisu používaných metod a popisu jednorozměrné a vícerozměrné optimalizace. Na str. 33 až str. 43 přehledně zpracoval přehled dílčích metod, především v kapitole 5. 1. 3 *Optimalizační metody*, kde jsou popisovány především základní vícerozměrné optimalizační metody a dále se pak v kapitole 5. 2 *Genetické algoritmy* zaměřuje v současnosti i ve strojírenství, a konkrétně při návrhu konstrukcí, velmi využívané genetické optimalizační algoritmy.

Ad2) Kapitola 6 *Aplikace teorie matematické optimalizace při optimalizaci příhradové konstrukce* a především kapitola 7 *Komplexní popis optimalizační metodiky* je naplněním druhého cíle disertační práce. Doktorand popsal vývojový diagram softwarové logiky zvoleného algoritmu, ozřejmil využití Pareto hranice při použití vícerozměrné účelové funkce, definoval důležitost hledání globálního extrému řešené úlohy a zdůvodnil využití programovacího jazyka Python při řešení disertační práce.

Ad3) Kapitola 8 *Aplikace optimalizační metodiky* naplňuje třetí cíl disertační práce. Doktorand k experimentální části disertační práce využil mezinárodně uznávané (benchmarkové) konstrukce příhradových konstrukcí, konkrétně 25 prutovou a 72 prutovou příhradovou konstrukci. Takto lze velmi efektivně porovnávat dosažených výsledků s již publikovanými závěry jiných autorů.

Na základě výše uvedeného mohu konstatovat, že cíle disertační práce **BYLY SPLNĚNY**.

Postup řešení problému a konkrétní přínos doktoranda

Problematika disertační práce je zaměřena na genetický algoritmus optimalizující návrh příhradové konstrukce použitelný pro dopravní a stavební stroje. Doktorand pro experimentální ověření vybral dvě příhradové konstrukce s 25 a 72 pruty, umožňující i komparaci s výsledky jiných autorů. Byla zvolena databáze 63 specifických ocelových profilů a zvoleny 3 velikosti populace pro každou experimentální konstrukci. Účelovou funkcí se stala jednorozměrná účelová funkce, hmotnost nebo cena konstrukce, a jako vícerozměrná účelová funkce byla použita hmotnost i cena konstrukce. Pro komparaci silových výstupů z optimalizačního genetického algoritmu bylo použito MKP modelu v softwaru MSC Apex.

Zásadním přínosem doktoranda je samotná tvorba genetického optimalizačního algoritmu, který je schopen splnit veškeré kladené požadavky, a především nalézt nejlepší výsledek v rámci zvolených populací.

Mezi další zásadní přínos doktoranda lze zařadit ověření a upřesnění vztahu mezi velikostí populace a velikostí výpočtového času s cílem, při zvolení optimální velikosti populace, dosáhnout kvalitních výsledků za minimální výpočtový čas.

Význam disertační práce pro praxi nebo vědní obor

Praktický význam disertační práce, především její prezentované výsledky, lze spatřovat ve významném uplatnění v návrzích ocelových konstrukcí pozemních staveb. V praxi je vždy očekávána optimalizace s cílem významně snížit cenu (či hmotnost), případně kombinace předpokládaných dalších užitečných vlastností, při zajištění požadovaných podmínek, u ocelových konstrukcí obvykle pevnostních. Využití optimalizačních algoritmů pro vědní obor, například Pozemní stavby nebo Ocelové konstrukce, umožňuje nalézat nová řešení, která v současném stavu poznání mohou být prohlášena za optimální. Optimální řešení přináší tolik očekávanou úsporu zdrojů, která přináší nejen konkurenční výhodu, ale také tolik skloňovanou environmentální ohleduplnost k životnímu prostředí a přírodnímu bohatství Země. Nutno ocenit doktorandovu snahu začlenit genetické optimalizační algoritmy pro řešení dané úlohy, neboť právě tyto „evoluční“ algoritmy se používají pro řešení velkých komplexních úloh s mnoha lokálními optima s předpokladem, že neuváznou v lokálním minimu.

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

Formální úprava disertační práce i její jazyková úroveň je na velmi vysoké úrovni. Kapitoly jsou intuitivně seřazeny dle potřebnosti a důležitosti předkládaných informací, celá disertační práce je velmi přehledná a stylistické schopnosti doktoranda jsou na profesionální úrovni. I přes výše uvedené tvrzení si dovoluji upozornit na několik překlepů či nejasných formulací:

- str. 14, 12. řádek – „Při zahrnutí *normalizované* (správně **normalizovaných**) příčných průřezů...“,
- str. 32, 2. řádek – velmi odvážná formulace: „Do nynější doby *nebyla vypracována* podrobná vědecká práce, která by popisovala metodiku optimalizovaného návrhu příhradové konstrukce s použitím normalizovaných profilů a jejich minimální délkový odběr standardizovaných ocelových tyčí.“ Doporučoval bych spíše formulaci: „**Autorovi není známa vědecká práce**, která by popisovala...“
- str. 32, 16. řádek – Zároveň to však bude takové řešení, které bude mít redukovaný počet profilů, protože budou *penalizovány* (správně **penalizována**) řešení...“
- str. 36 rovnice (8) – v sumě má být správně **i=1**,
- str. 36 „Je nutné sestavit *Jacoviovu* (správně **Jacobiovu**) matici...“
- str. 62 a str. 63 - Styčníky jsou definovány v programu Python, viz Obr. 35, odlišně od Tab. 4 a Obr. 34.

- str. 78, (str. 94) „Tab. 7 (11) prokazuje *dobrou shodu* mezi konečno-prvkovým prutovým modelem a algoritmem používaným modelem.“ Termín „dobrou shodu“ nahradit lépe např. mírou procentuální shody.
- Str. 83, str. 84 Velikost populace je 720 jedinců, nikoliv uváděných 2500.
- Str. 84 a Obr. C15 Pro 2500 jedinců (M databáze) bylo dosaženo minima hodnoty účelové funkce v 95. generaci (1396 kg), nikoliv ve 100. generaci.
- Str. 87 a Obr. C20 Pro 72 jedinců (náhodně seřazená databáze) bylo dosaženo hmotnostního minima v 80. generaci, nikoliv ve 100. generaci.
- Str. 88 Databáze M má nyní 72 jedinců, nikoliv 250 jedinců.
- Str. 88 a Obr. C30 Je minimum 1602 kg nebo 1583 kg?
- Str. 88 a Obr. C32 Je minimum 2173 kg v 70. generaci nebo 2212 kg v 95. generaci?
- Str. 91 – str. 92 – Odkazy na Obr. B37 – B45 mají být správně označeny Obr. C37 – C45.

Vyjádření k tezím disertační práce

Teze disertační práce mají požadovanou strukturu členění a jsou využity jako základ předložené disertační práce.

Otázky a připomínky k disertační práci

1. Jak vyřeší zvolený algoritmus (viz vývojový diagram Obr. 29) krok „Existuje na prutu tahové namáhání?“ otázku nulových (nezatížených) prutů?
2. V disertační práci i v tezích disertační práce postrádám výčet publikační činnosti, vědeckovýzkumné aktivity či patentově-právní kroky doktoranda spojené s tématem disertační práce. Doporučuji uvést u obhajoby.
3. K ověření některých výroků by bylo vhodné zveřejnit podobu optimalizačního algoritmu.
4. Náročnost výpočtu, kromě výpočtového času, by bylo vhodné demonstrovat také procentuálním zaplněním paměti RAM.
5. Závěr disertační práce doporučuji konstruovat s ohledem na schválené cíle disertační práce a zcela jasně konstatovat, zdali doktorand předpokládá, že veškeré cíle byly naplněny.
6. V Příloze A disertační práce bych doporučoval pro přehlednost uvést i databázi profilů seřazenou podle hmotnosti, neboť hmotnost je jedním z posuzovaných parametrů účelové funkce. K tomuto účelu lze nepřímo využít Tabulku 2: Databáze profilů – seřazená podle plochy průřezu (A).

Doporučení

Předloženou disertační práci na základě výše uvedeného hodnocení

DOPORUČUJI K OHAJOBĚ

a po jejím obhájení před komisí pro obhajobu disertační práce

DOPORUČUJI

udělit doktorandovi akademický titul Ph.D.

V Ostravě 18. 12. 2020

doc. Ing. Robert Brázda, Ph.D.

Institut dopravy FS

VŠB-Technická Univerzita v Ostravě