



POSUDEK OPONENTA DISERTAČNÍ PRÁCE

Assessment of the Dissertation

Titul, jméno a příjmení studenta:

Title, name, surname of student

Ing. Iveta Petrášová

Doktorský studijní program:

Doctoral study programme

Elektrotechnika a informatika

Studijní obor:

Study branch

Téma disertační práce:

Topic of the dissertation

Pokročilé metody analýzy a optimalizácie matematických modelov

Školitel:

Supervisor

Prof. Ing. Pavel Karban, PhD

Oponent:

Opponent

Doc. Ing. Mariana Beňová, PhD

Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Evaluation of the importance of the dissertation for the field

Predložená dizertačná práca Ing. Ivety Petrášovej sa zameriava na optimalizáciu zložitejších problémov s využitím zjednodušenej reality v podobe vhodného náhradného modelu. Tieto matematické modely sú zostavené z dát, ktoré sú získané vzorkovaním chovania pôvodného systému a ich využitie pri počítačových simuláciách umožňujú široké experimentovanie s chovaním systému v porovnaní s časovo náročnými a drahými fyzikálnymi experimentmi. Pri riešení dizertačnej práce doktorandka využila viaceré komerčné i voľne šíriteľné softwarové produkty, medziiným aj program Agros Suite, ktorý je vyvíjaný na katedre elektrotechniky a počítačového modelovania fakulty elektrotechnickej ZČU. Prináša množstvo originálnych poznatkov, mnohé z nich boli autorom publikované v impaktovaných časopisoch, resp. prezentované na svetových významných konferenciách a vyjadrujú hodnotný príspevok autora k príslušnému odboru.

Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle

Evaluation of the the problem-solving process, the methods used and the goal to be met

Dizertačná práca je vhodne členená na jednotlivé kapitoly s logickými nadväznosťami a postupne v jednotlivých kapitolách naplňa stanovené ciele. V prvej kapitole autor predstavuje motiváciu práce a základné pojmy k návrhu experimentu, náhradných modelov a optimalizačných úloh vo vybraných oblastiach elektrotechniky. Ďalej pojednáva o súčasnom stave poznania v tejto oblasti, kde sú na 5 stranách prezentované vzorkovanie návrhového priestoru, náhradné modely, pokročilé optimalizačné techniky a optimalizačné techniky s využitím náhradného modelu. Na záver vymedzuje doktorandka hlavné ciele práce, ktorými sú výber vhodných metód vzorkovania priestoru parametrov, výber vhodných náhradných modelov, výber vhodných optimalizačných metód s využitím náhradného modelu a overenie vhodnosti vybraných metód. Tieto ciele sú rozpracované v ďalších kapitolách práce. Druhá kapitola pojednáva o optimalizácii s využitím náhradných modelov, sú tu podrobne predstavené metódy návrhu experimentov a metódy pre aproximáciu návrhového priestoru. Ďalej sú tu detailne opísané zjednodušené modely nahrádzajúce s prípustnou chybou modely úplné, ktoré patria medzi nové perspektívne techniky pokročilej analýzy. Sú rozobrané a vhodne ilustrované na riešenom príklade. Táto kapitola predstavuje východiskovú kapitolu celej práce. Témou tretej kapitoly sú základné softvérové balíky, na ktorých boli realizované počítačové simulácie predložených problémov vymedzených v motivácii práce. Sú to najmä komerčné

program COMSOL Multiphysics a programy Agros Suite a Artap, ktoré sú dlhodobo vyvíjané na školiacom pracovisku doktorandky.

Vo štvrtej kapitole sú predstavené testovacie príklady s analytickým riešením, kde je aplikovaný prístup pre optimalizáciu s využitím náhradných modelov. Je tu predstavený analytický model oddeľovacieho transformátora, jednosmerného motora s PM a analytický model sériového R-L obvodu v prechodnom stave, ktoré sú založené na metóde konečných prvkov s využitím optimalizačných väzieb pre zaistenie optimálneho návrhu.

Piata kapitola predstavuje hlavný prínos doktorandky. Sú tu uvedené tri ilustratívne príklady, kde je prezentované hľadanie riešenia a ich výsledkov pre zložité počítačové simulácie reálnych problémov elektrotechniky – optimalizáciu tvaru lamiel frekvenčného meniča, ktoré sa prietokom prúdu ohrievajú nerovnomerne, možnosti kalibrácie laserového ohrevu s vyriešením problému neistôt v materiálových charakteristikách a možnosti predikcie riadenia ohrevu pre vytvrdzovanie ochrannej elektricky nevodivej vrstvy nanosenej na oceľovej doske. Uvedené problémy, ktoré sa doktorandke podarilo úspešne vyriešiť, boli prezentované na medzinárodných konferenciách a publikované v 5 impaktovaných časopisoch, čo jednoznačne potvrdzuje vysokú odbornú kvalitu zvoleného prístupu, metód a dosiahnutých výsledkov doktorandky

Stanovisko k výsledkům disertační práce a

k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce

Statement to the results of the dissertation and on the original contribution of the submitter of the dissertation

Práca Prináša množstvo originálnych poznatkov, mnohé z nich boli autorom publikované v impaktovaných časopisoch, resp. prezentované na svetových významných konferenciách a vyjadrujú hodnotný príspevok autora k príslušnej vedecko-výskumnej oblasti.

Cieľom predloženej dizertačnej práce bola ucelená formulácia a následná implementácia dostatočne presných modelov, ktoré je možné pri riešení optimalizácie náročnejších počítačových simuláciách využiť. Tento cieľ bol v plnom rozsahu splnený a prezentovaný na konkrétnych testovacích príkladoch s analytickým riešením a troch vhodne zvolených ilustratívnych príkladoch

Vyjádření k systematice, přehlednosti, formální úpravě

a jazykové úrovni disertační práce

Statement to the systematic, clarity, formal adaptation and language level of the dissertation

Dizertačná práca je rozdelená na šesť samostatných kapitol, vrátane Úvodu a Záveru v rozsahu textovej časti cca 136 strán. Je písaná pútavou formou s minimom preklepov či chýb a zrozumiteľné a jasné vyjadrovanie zanecháva pri čítaní výborný dojem o odbornej stránke doktorandky. Jednoliatosť použitých štýlov textu a výborná kvalita množstva obrázkov zlepšujú orientáciu v texte a zvyšujú hodnotu práce.

Dizertačná práca je vhodne členená na jednotlivé kapitoly s logickými nadväznosťami.

V celej práci sa vyskytuje len veľmi málo nedostatkov a nepresností (ktoré sú však zanedbateľné v porovnaní s výborne odprezentovanými zvyšnými časťami práce.

Vyjádření k publikacím studenta

Statement to student's publications

Publikácie doktorandky v celkovom počte 19 dokazujú, že jadro práce bolo publikované na medzinárodnej úrovni. Z celkového počtu publikácií bolo prijatých a publikovaných 5 v časopisoch s impakt faktorom, čo dokazujem vysokú kvalitu práce doktorandky.

Celkové zhodnocení a otázky k obhajobě

Total evaluation and questions for defence

Dizertačná práca v rozsahu 152 strán je spracovaná prehľadne a vyvážene, vykazuje veľmi dobrú obsahovú i formálnu úroveň. Cieľom predloženej dizertačnej práce bola ucelená formulácia a následná implementácia dostatočne presných modelov, ktoré je možné pri riešení

optimalizácie náročnejších počítačových simuláciách využiť. Tento cieľ bol v plnom rozsahu splnený a prezentovaný na konkrétnych testovacích príkladoch s analytickým riešením a troch vhodne zvolených ilustratívnych príkladoch. Publikácie doktorandky v celkovom počte 19 dokazujú, že jadro práce bolo publikované na medzinárodnej úrovni. Z celkového počtu publikácií bolo prijatých a publikovaných 5 v časopisech s impakt faktorom, čo dokazujem vysokú kvalitu práce doktorandky. Práca spĺňa všetky požiadavky kladené na tento typ záverečnej práce. Predloženú dizertačnú prácu na základe predchádzajúceho hodnotenia *odporúčam* prijať k obhajobe a po jej úspešnom obhájení *súhlasím* udeliť doktorandovi akademický titul „p h i l o s o p h i a e d o c t o r (PhD.)“

V súvislosti s predchádzajúcimi vyjadreniami k práci autorky mám na doktorandku dve otázky:
1. Podľa čoho bolo stanovené optimum pri jednotlivých prezentovaných výstupných veličinách v kapitole 4?
2. Aký je výhľad do budúcnosti v oblasti optimalizácií matematických modelov (najmä zložitých fyzikálnych javov)? Aké sú v súčasnej dobe limity pre takéto úlohy?

Doporučuji disertační práci k obhajobě
I recommend the dissertation for the defence

ano
yes

Datum
Date

11.3.2022

Podpis oponenta:
Signature of opponent



**Posudek k dizertační práci Ing. Ivety Petrášové s názvem
„Pokročilé metody analýzy a optimalizace matematických modelů“**

Předložená dizertační práce se zabývá řešením několika praktických optimalizačních úloh v elektrotechnice, jejichž stavová úloha vede na obyčejné nebo parciální diferenciální rovnice. Vybrané úlohy jsou reprezentativní příklady pro širší třídu úloh a jejich studium má zobecňující charakter. V práci je porovnáno řešení různými převážně stochastickými optimalizačními metodami a je porovnána efektivita nahrazení stavových úloh zjednodušenými modely pomocí strojového učení. Práce je velmi užitečná, neboť podobná srovnání se v literatuře objevují velmi zřídka.

Práce má šest částí, které jsou dále děleny do kapitol. V první části se po úvodních dvou kapitolách, kde autorka vymezuje řešené úlohy a zavádí pojmy, popisuje stav poznání v oblasti stochastických optimalizačních metod a využití náhradních modelů, načež jsou stanoveny cíle práce. Druhá část se zabývá optimalizací s využitím náhradních modelů. Jsou zde popsány metody vzorkování návrhového prostoru, náhradní modely pomocí strojového učení a vybrané deterministické a stochastické optimalizační metody. Třetí část popisuje možnosti software, který je vyvíjen na pracovišti autorky, a komerčního balíku Comsol Multiphysics. Vlastní práce Ing. Petrášové je popsána v části čtvrté a páté. Autorka se zde zabývá optimalizacemi analytických modelů oddělovacího transformátoru a stejnosměrného motoru. Dále popisuje náhradní model sériového RL obvodu, který je vytvořen neuronovou sítí. Autorka se zabývá také náročnějšími aplikacemi jako jsou optimalizace lamelového přívodu, laserového svařování a laserové depozice kovů. Poslední prezentovanou aplikací je vypalování nevodivých vrstev. Následuje závěr, výhled do budoucna, seznam vlastních publikací a literatura.

Jedná se o systematickou práci, jednotlivé kapitoly jsou velmi dobře strukturovány. Práce je psána v češtině čtivým stylem bez gramatických chyb. Přesto je škoda, že autorka ne zvolila angličtinu a dizertaci tím zpřístupnila širšímu publiku.

V úvodu práce jsou stanoveny čtyři cíle, a to: 1) výběr vhodných metod vzorkování prostoru parametrů, 2) výběr vhodných náhradních modelů, 3) výběr vhodných optimalizačních metod, 4) ověření vhodnosti jednotlivých metod na praktických aplikacích. Práce tyto cíle svým rozsahem bohatě naplnila. Porovnání metod na reprezentativních příkladech přináší nové výsledky, práce je jistě originální a rozšiřuje poznání. Dovolím si však mít dvě kritické poznámky k výběru náhradních modelů a k výběru optimalizačních metod a prosím autorku, aby se při obhajobě k těmto připomínkám vyjádřila.

Co se týče náhradních modelů, práce se příliš soustředí na metody strojového učení. Ty mají dle mého názoru nesporné využití v úlohách umělé inteligence, kdy nejsme schopni exaktně zformulovat cíl učení, pouze výsledek často jen vágně klasifikujeme. Typicky se jedná o kategoriální proměnnou a velmi komplexní a vysoce-dimenzionální data např. obrázky, zvukové záznamy, videa. V práci prezentované aplikace jsou však deterministické

povahy, spřažená pole jsou řešením okrajových a počátečních úloh pro parciální diferenciální rovnice, které dnes umíme řešit s vysokou přesností. Cílové funkcionály jsou rovněž deterministické. Efektivní redukce modelu by měla využít struktury úloh tj. zobrazení z nízko-dimenzionálního prostoru parametrů přes vysoce-dimenzionální stavový prostor do např. jedno-dimenzionálního prostoru výsledků cenové funkce. Toto zobrazení lze vskutku aproximovat zjednodušeným modelem metodami redukce báze, viz např. monografie kolektivu autorů kolem profesora Quarteroniho. Na rozdíl od metod strojového učení se totiž v metodách redukce báze rozumí konvergenci náhradního modelu k původnímu modelu. Proces strojového učení, který nevyužívá struktury modelu, je zdoluhavý a navíc není zaručeno, že povede k dobré aproximaci.

Má druhá poznámka směřuje k dominantnímu použití stochastických optimalizačních metod. Pro nalezení globálního optima je ve většině případů nutné použít tyto metody, avšak měly by se kombinovat s rychlými lokálními optimalizačními algoritmy např. se sekvenčním kvadratickým programováním, o kterém v práci není zmínka. Jsem rád, že se autorka zabývá alespoň gradientními metodami.

Publikační aktivita doktorandky je na velmi vysoké úrovni. Ing. Petrášová je hlavní autorkou čtyř publikací v časopisech s impakt faktorem a spoluautorkou páté časopisecké publikace. Dále jsou výsledky publikovány v 11 článcích ve sbornících z konferencí a ve třech sbornících z domácích konferencí. Ve všech těchto pracích je Ing. Petrášová prvním autorem.

Závěrem konstatuji, že autorka svou rozsáhlou a velmi dobře metodicky zpracovanou dizertační prací, jakož i velkou a kvalitní publikační aktivitou prokázala schopnost samostatné vědecké práce. Práci proto vřele **doporučuji k obhajobě**.

V Ostravě, 15. února 2022

.....
doc. Ing. Dalibor Lukáš, Ph.D.

Katedra aplikované matematiky

Fakulta elektrotechnika a informatiky

VŠB-TU Ostrava