

Doc. Ing. Ivan Zelinka Ph.D.
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
náměstí T. G. Masaryka 275
762 72 Zlín

Posudek na disertační práci
Ing. Miroslava Červenky
s názvem
"Distributed Evolutionary Algorithms"
oddíl 6.3 - Aerodynamická optimalizace geometrie křídla
z hlediska praktického přínosu leteckému průmyslu

Předložená práce se zabývá využitím Evolučních algoritmů pro globální řešení optimalizačních úloh. Autor popisuje jednotlivé typy evolučních algoritmů. Těžiště práce spočívá na využití paralelních genetických algoritmů, zejména nově vyvinutého paralelního algoritmu SOMA (Self-Organising Migrating Algorithm).

Algoritmus SOMA byl v praxi testován na několika technických aplikacích. Jednou z nich byla optimalizace geometrie křídla letounu z hlediska dosažení jeho maximální aerodynamické účinnosti (t.j. minimalizace odporu, maximalizace vztlaku) při zajištění dobrých vlastností při přetažení s ohledem na říditelnost letounu.

Ing. Červenka pronikl do problematiky aerodynamických výpočtů křídla letounu. Pro daný účel je Glauertova metoda použitá pro určení rozložení vztlaku po křídle dostatečná. Rovněž minimalizační funkce vystihuje podstatu problému. Výsledky výpočtu potvrdily očekávané trendy. Oproti dosavadním postupům v technické praxi, jež většinou vycházejí z empirie, případně z metody pokus - omyl, však byl výsledek získán za podstatně kratší dobu.

Téma práce je velmi aktuální. Díky pokroku v počítačové technice a teorii CFD výpočtů dnes již v aerodynamice není problém řešit přímou úlohu, což znamená pro danou geometrii určit aerodynamické charakteristiky a chování proudového pole. Skutečnou výzvou je nyní řešení inverzní úlohy - najít takovou geometrii letounu, která by splňovala požadavky na ní kladené.

Zatímco přímá úloha má vždy řešení, inverzní úloha je zatížena jistou neurčitostí - může vést k více řešením, případně nemusí mít pro dané okrajové podmínky řešení žádné. Řešení inverzní úlohy je v podstatě vždy určitá optimalizace, kdy se výsledek blíží počátečním požadavkům. V praxi

používané metody obvykle vedou k nalezení lokálního extrému, používá se omezený počet měněných parametrů, případně konvergují pomalu.

Přínosem práce Ing. Červenky je to, že ukázal možnost efektivního nasazení evolučních algoritmů na celou řadu optimalizačních problémů spojených s vývojem moderních letounů, které byly doposud řešeny většinou pouze izolovaně (optimalizace letounu pouze z hlediska letových výkonů, přičemž je pominut požadavek na letové vlastnosti). Nezanedbatelné je rovněž ekonomické hledisko - relativně malé náklady vynaložené v počáteční fázi návrhu technického díla mohou odhalit možné zdroje problémů, a tak ušetřit nesrovnatelně větší náklady na odstranění chyb v pokročilé fázi výroby.

Dotazy k obhajobě:

Jak by dle mínění autora ovlivnilo použití nelineární teorie rozložení vztlaku po křídle náročnost výpočtu a přesnost výsledku? Je nějaká hranice, kdy se již zpřesňování teorie nevyplatí pro zvýšenou výpočetní náročnost?

Závěr:

Disertant prokázal dostatečné znalosti jak v hlavním oboru své činnosti (paralelní evoluční algoritmy), tak i ve vedlejších oborech nutných pro zajištění své práce i její praktický přínos. Práce má odpovídající odbornou i grafickou úroveň.

Doporučuji disertační práci předložit k obhajobě a po úspěšné obhajobě udělit Ing. Miroslavu Červenkovi titul "Doktor - Ph.D."

V Kunovicích dne 25. září 2006



Ing. Pavel Růžička, Ph.D.
hlavní aerodynamik projektu VUT-100

Ing. Pavel Růžička, Ph.D.
Evektor, spol. s.r.o.
Letecká 1008
686 04 KUNOVICE

Oponentní posudek disertační práce Ing. Miroslava Červenky „Distributed Evolutionary Algorithms“

Předložená disertace si klade řadu ambiciózních cílů. Vedle obvyklého shrnutí současného stavu v zaměření práce (zde v oblasti distribuovaných evolučních algoritmů) je její těžiště zaměřeno na realizační stránku, kde jejím hlavním cílem je vývoj platformy pro paralelní výpočty opírající se o doktorandem navrženou a implementovanou paralelní verzi algoritmu SOMA, který v „single“ verzi navrhl doc. Zelinka a který si již získal uznání vědecké komunity. Posledním a neméně významným cílem je aplikace paralelní SOMY na vybraných úlohách, které by byly dostatečně reprezentativní a potvrdily úspěšnost nasazení implementovaného programu pro řešení složitých optimalizačních úloh.

Rešeršní část zabývající se současným stavem problematiky distribuovaných evolučních algoritmů je velmi fundovaná, opírá se o velký počet zahraničních pramenů a má i pedagogickou hodnotu. Výklad je systematický, charakterizuje základní topologie distribuovaných výpočtů a jejich hybridní kombinace a hodnotí jejich přednosti i nevýhody.

Podstatou navrhované platformy paralelních výpočtů (podrobně popsané v 3. kapitole disertace) je využití kancelářských počítačů a jejich procesorů v heterogenním prostředí Univerzity Tomáše Bati a jejich spojení do virtuálního clusteru, což by mělo vyloučit vysoké investiční nároky a zefektivnit využití počítačů. Kapitola se zabývá modely clusterových aplikací, strukturou databází včetně detailních specifikací SQL příkazů pro vytváření tabulek, popisem tříd v aplikacích na straně serveru a terminálů, jejich metod a dalšími detaily.

Kapitola 4 je uvedena charakteristikou metody diferenciální evoluce včetně její paralelní verze, což je velmi případné, protože tato metoda byla do určité míry inspirací pro vývoj algoritmu SOMA. V popisu paralelní verze algoritmu SOMA jsou uživatelsky velmi cenné informace o komunikaci algoritmu SOMA implementovaného v prostředí MATLAB nebo MATHEMATICA s clusterovou platformou, která umí pracovat pouze s funkcemi implementovanými v jazyku Java.

V kapitole 5 věnované aplikacím autor popisuje tři úlohy, na nichž pracoval v průběhu stáží na zahraničních univerzitách v Glasgowě a Helsinkách a ve firmě Evector. První z aplikací se zabývá optimalizací vstupních parametrů spalovacího motoru s cílem minimalizovat 3 výstupní parametry - spotřebu paliva, množství spalin a odchytku kroutícího momentu od požadované hodnoty. Tento vícekritériální problém autor pomocí skalarizující cenové funkce *costValue*, kde dílčí kritéria jsou zastoupena s určitými váhami, převádí na problém jednokritériální, viz str. 66.

Druhá aplikace se zabývá optimálním umístěním přepínacích uzlů v geograficky rozlehlé síti sensorů s omezenou kapacitou napájení z baterií. Matematický model na str. 71 není blíže vysvětlen, uveden je pouze význam jednotlivých symbolů. Autor zde uvádí, že jde o model lineárního programování (LP), který lze řešit standardními technikami. Na úlohy lineárního programování se klasicky používá simplexová metoda, která je schopná přesně určit optimální řešení (výjimkou jsou degenerované případy, kdy řešení je nekonečně mnoho, případně systém omezujících podmínek je vnitřně rozporný tak, že úloha řešení nemá). Použití heuristického algoritmu SOMA pro úlohu LP není dostatečně zdůvodněno. Vysvětlením by byla celočíselnost některé rozhodovací proměnné, protože úlohy celočíselného programování nebo smíšeného celočíselného programování jsou NP-úplné a

přesné řešení nelze v rozumném čase najít a musíme se spokojit pouze s aproximací optima. V matematickém modelu však žádnou omezující podmínku na celočíselnost nelze najít.

Poslední aplikací je aerodynamická optimalizace geometrie křídla letounu s cílem snížit tah, maximalizovat zdvih a optimalizovat další specifické parametry. Problém je popsán prostředky vírové systémové teorie, jsou uvedeny fyzikální vztahy a prezentovány výsledky pro 2-sedadlový ultralight SportStar a 4-sedadlový letoun VUT100 Cobra.

K formálnímu zpracování disertace mám několik poznámek:

- Text disertace je napsán ve vyspělé angličtině, kde autor uplatnil svou znalost jazyka (zřejmě zdokonalenou i studijními pobyty v zahraničí). Snad jen na str. 17 místo „slowelier“ má být „slowlier“.
- Po typografické stránce lze najít několik chyb v matematické sazbě, např. použití kurzívy tam, kam nepatří (funkce \min na str. 71), na str. 70 symboly w_i a s_i mají být psány s dolním indexem ve tvaru w_i, s_i .
- Určitou nectností zpracování je nekritické vyzdvihování kvality algoritmu SOMA, je zde možné najít spojení, která jsou obvyklá spíše v reklamě než ve vědeckém textu, např. na str. 5 se dočteme, že jde o „algorithm which can easily beat most of its predecessors on vast majority of optimised problems“; „now it is time to show its superior performance to the world“; „sky is not a limit anymore“. Autor zde dokonce na str. 59 zavádí pojem *somalisation* pro „optimisation using SOMA“.

Protože pro všechny heuristické algoritmy v obecném případě platí, že nezaručují nalezení optimálního řešení v dosažitelném čase, jsou závislé na nastavení řady parametrů, které jsou navíc problémově orientované, asi nikdy nebude možné tvrdit, že jeden heuristický algoritmus je univerzálně lepší než jiný.

Závěr:

Přes zmíněné připomínky, které však nijak nesnižují odbornou úroveň práce, se domnívám, že Ing. Miroslav Červenka prokázal schopnost a připravenost k samostatné činnosti v oblasti výzkumu a vývoje, jeho disertační práce splňuje podmínky § 47 Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb., její části byly publikovány na mezinárodním fóru a jsou výsledkem řešení úkolů na prestižních zahraničních univerzitách a průmyslové firmě, a proto ji

doporučuji k obhajobě

před komisí studijního oboru Technická kybernetika.

K předloženým tezím disertace konstatuji, že výstižným způsobem shrnují všechny podstatné výsledky disertační práce.

Otázky pro doktoranda:

1. Jakým způsobem byly zvoleny konstanty (váhy kriterií) ve vyjádření cenové funkce *costValue* na str. 66, byly operandy funkce vzhledem k odlišnosti fyzikálních jednotek a rozsahů hodnot operandů nějakým způsobem normalizovány?
2. Prováděl autor nějaká srovnání výpočtů paralelní verzí algoritmu SOMA s jinými paralelními evolučními algoritmy, která by jej opravňovala k tvrzení, že SOMA převyšuje ostatní metody?

V Brně dne 26.9.2006



Doc. RNDr. Ing. Miloš Šeda, Ph.D.
Ústav automatizace a informatiky
Fakulta strojního inženýrství VUT v Brně

Oponentský posudek doktorské disertační práce

Téma práce: Distribuované evoluční algoritmy

Disertant: Ing. Miroslav ČERVENKA
Fakulta aplikované informatiky
UTB Zlín

Oponent: Prof. Ing. Petr Pivoňka, CSc.
Ústav automatizace a měřicí techniky
FEKT VUT v Brně

Předložená disertační práce Ing. Miroslava Červěnky spadá do oblasti kybernetiky a je věnována problematice paralelizace evolučních algoritmů s cílem vyvinout paralelní verzi samoorganizujícího migračního algoritmu SOMA. Disertační práce je podána k obhajobě ve studijním programu 26-15-9 Technická kybernetika a má rozsah 114 stran textu.

Disertační práce řeší problém paralelizace evolučních algoritmů SOMA. Jedná se o problém velmi zajímavý a výsledky jeho řešení jsou využitelné pro optimalizaci složitých systémů, které se vyskytují v technické praxi. Téma práce proto považuji za velmi aktuální a přínosné pro rozvoj vědního oboru i pro řešení výzkumných projektů nejen u školicího pracoviště.

Cílem disertace je nalezení a ověření nové paralelní implementace optimalizačního algoritmu metody SOMA. Disertant přitom vychází z filozofie distribuovaných výpočtů a paralelních evolučních algoritmů řízení.

K řešení tématu přistoupil disertant odpovídajícím způsobem. Cíle disertace jsou prezentovány v úvodní kapitole. V následující části práce je mapována historie a popsán současný stav na poli distribuovaných výpočtů a paralelních evolučních algoritmů, s klasifikací paralelních genetických algoritmů s popisem paralelizačních schémat a přehledem některých řešení paralelní optimalizace. V další části práce je popsána základní struktura pro paralelní- distribuované výpočty, která představuje univerzální a snadno konfigurovatelnou strukturu pro distribuované úlohy. Jádro disertační práce je popsáno v páté kapitole. V první části kapitoly je prezentována sériová a paralelní diferenciální evoluce a v následující části, která představuje disertabilní jádro jsou detailně popsány čtyři různá paralelizační schémata algoritmů a uvedeny výsledky jejich zkušebních testů. Práci uzavírá popis optimalizací třech inženýrských problémů: optimalizace nastavení parametrů spalovacího motoru, umístění směrovacích stanic v bezdrátových sítích a aerodynamická optimalizace tvaru geometrie křídla. Kapitola tak dokumentuje ověření výsledků disertační práce. Závěr práce je věnován shrnutí a diskusi dosažených výsledků a zhodnocení splnění cíle disertace.

Lze konstatovat, že cíl práce byl splněn. Za teoretický přínos práce lze považovat kvalifikovaný návrh paralelní implementace optimalizační metody SOMA, která vyústí do realizace efektivní metody globální optimalizace. Aplikační přínos práce spočívá zejména ve vytvoření mechanismů, dovolujících podstatným způsobem zkrátit doby optimalizačních výpočtů.

Práci jako celek hodnotím jako zdařilou. Písemná zpráva je logicky uspořádaná, jednotlivé její části jsou vyvážené, je psána stručně, věcně a výstižně.

Po formální stránce je zpráva zpracována na velmi dobré úrovni. K jazykové stránce nemám zásadní připomínky.

Disertant je prvním autorem několika příspěvků na mezinárodních vědeckých konferencích. Ze seznamu jeho publikací vyplývá, že jádro disertační práce bylo prezentováno na mezinárodním fóru. Z výsledků práce je zřejmá rovněž ta skutečnost, že disertant má všechny předpoklady pro další vědecko-výzkumnou práci a pro publikaci jejích výsledků.

K obhajobě si dovoluji položit Ing. Červenkově následující otázku:

Je možné využít paralelní implementaci SOMA k optimalizaci parametrů řídicích algoritmů?

Mohu konstatovat, že Ing. Červenka prokázal schopnost a připravenost k samostatné činnosti v oblasti výzkumu a vývoje a tím splňuje ustanovení par. 47, odst. 4 Zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách. Doporučuji proto předloženou disertační práci k obhajobě a doporučuji, aby po její úspěšném provedení byl disertantovi udělen akademický titul

„doktor (Ph.D.)“.

V Brně, 27. 9. 2006



Prof. Ing. Petr Pivoňka, CSc.