

Oponentský posudok na dizertačnú prácu

Ing. Jan Kopřiva:

Semi-analytické výpočty a spojitá simulace

Ústav inteligentních systémů FIT VUT v Brně,

Vedúci práce: doc. Ing. Jiří Kunovský, CSc.

Ing. Jan Kopřiva predložil k obhajobe dizertačnú prácu, ktorá sa venuje problematike semi-analytických výpočtov pri riešení obyčajných diferenciálnych rovníc s cieľom zvýšenia presnosti a rýchlosti výpočtov použitím Taylorovho radu a aritmetiky zvyškových tried. Hľadanie nových metód pre zvýšenie presnosti výpočtov a zároveň pre zníženie časovej výpočtovej zložitosti je stále aktuálnou témou, ktorá môže významne znížiť náklady pri rozsiahlych výpočtoch potrebných pre riadenie systémov. Konštatujem, že téma dizertačnej práce patrí do vedného odboru Výpočetní technika a informatika a je vysoko aktuálna z hľadiska súčasného stavu výskumu v tejto oblasti.

Predložená dizertačná práca má 122 strán, 3 prílohy, 22 obrázkov, 30 tabuliek, zoznam použitej literatúry a zoznam publikácií autora. Doktorand sa odvoláva na 87 publikovaných zdrojov v širokom spektre od klasických publikácií v tejto oblasti až po najnovšie výsledky výskumu. Práca je rozdelená do 9 kapitol. Prvé štyri kapitoly poskytujú podrobný popis súčasného stavu výskumu, ďalšie štyri kapitoly obsahujú teoretické a experimentálne výsledky a prínosy autora a záverečná deviatu kapitola je venovaná zhrnutiu prínosov a zhodnoteniu dosiahnutých výsledkov práce.

V prvej kapitole autor prezentuje motiváciu dizertačnej práce a ciele, ktoré pri príprave tejto práce sleduje. Druhá kapitola obsahuje podrobný prehľad numerických metód s dôrazom na definovanie chýb, ktoré pri použití týchto metód nastávajú. Tretia kapitola je venovaná semi-analytickým metódam výpočtu obyčajných diferenciálnych rovníc a to použitiu Taylorovho radu a symbolických výpočtov. V štvrtej kapitole autor definuje jedno- a viac-modulovú aritmetiku zvyškových tried, ktorú používa v svojom prístupe.

V piatej kapitole sa autor zaoberá paralelizáciou aritmetiky zvyškových tried, predstavuje svoj navrhnutý a implementovaný paralelný systém RNS v pohyblivej rádovej čiarky FP RNS, ktorý umožňuje pracovať s desatinnými číslami. Implementácia je zaujímavá nielen rozšírením systému RNS ale aj využitím možností výpočtov na grafických kartách. Doktorand uvádza algoritmy pre sčítanie, odčítanie, násobenie a delenie v RNS na architektúrach SIMT, pričom postupne prezentuje existujúce metódy a vlastné pôvodné algoritmy. Kapitulu autor uzatvára porovnaním rýchlosti výpočtu na jednoprocesorovom systéme a viacprocesorovom systéme MIMD.

Šiesta kapitola je venovaná otázkam presnosti aritmetiky zvyškových tried. Uchádzač na príkladoch vysvetľuje reprezentáciu čísel s pohyblivou rádovou čiarkou, operácie sčítania, odčítania a delenia v systéme FP RNS.

V siedmej kapitole sa nachádza zhodnotenie presnosti použitia aritmetiky zvyškových tried pre výpočet obyčajných diferenciálnych rovníc. Autor prezentuje svoj pôvodný algoritmus na odstránenie medzivýsledkov obsahujúcich číslo s nekonečným rozvojom, porovnáva analytické riešenie s numerickou metódou Taylorovho radu. Konfrontuje presnosť numerického výpočtu v aritmetike IEEE-754 a v pohyblivej rádovej čiarky systému FP RNS rôznymi metódami. Posledná časť kapitoly popisuje algoritmus na výpočet dynamického rozsahu FP RNS a dosiahnutie žiadanej presnosti bez zaokrúhlenia čísel.

Ôsma kapitola sa zaoberá možnými rozšíreniami implementovaného systému FP RNS, ktoré umožnia zvýšiť presnosť a rýchlosť výpočtu. V záverečnej kapitole autor zdôvodňuje zvolený prístup a uvádza dosiahnuté výsledky a prínosy práce.

Predložená dizertačná práca obsahuje originálne výsledky autora v rámci výskumného tímu, v ktorom pôsobil počas svojho doktorandského štúdia. Vedľa návrhu a implementácie algoritmu pre násobenie s redukciou na báze binárnych stromov, implementácii RNS na SIMT a MIMD architektúrach, za najväčší prínos práce pokladám rozšírenie aritmetiky zvyškových tried pre prácu s desatinnými číslami, návrh a implementáciu systému FP RNS a jeho následné použitie pre riešenie obyčajných diferenciálnych rovníc. Prezentované výsledky sú originálnymi prínosmi rozširujúcimi oblasť poznania v oblasti časovo vysoko náročných výpočtov.

Celá práca je napísaná zrozumiteľne a čitateľným spôsobom a zároveň na vysokej odbornej úrovni. Štýl práce odráža hlboké vedomosti a široký prehľad uchádzača o súčasnom stave výskumu v danej oblasti a jeho kreativitu pri hľadaní efektívnejších spôsobov riešenia problémov. Práca má charakter vedeckej monografie a môže slúžiť aj ako študijný materiál k príbuzným predmetom.

Doktorand publikoval 13 pôvodných prác, z toho 12 na významných medzinárodných vedeckých konferenciách. Časopiseckú prácu tvorí doplnený a recenzovaný príspevok z konferencie, ktorý bol chairmanom príslušnej sekcie navrhnutý na publikovanie v špeciálnom čísle AEI. Vo všetkých publikáciách je doktorand spoluautorom, z čoho usudzujem, že má schopnosť aktívne pracovať v skupine výskumných pracovníkov a prispieť svojimi výsledkami k úspešnosti riešených výskumných projektov. Publikácie autora nie sú (až na jednu výnimku) citované v práci, ale na základe príspevkov dostupných na webe alebo aspoň z názvov článkov vyplýva, že najdôležitejšie výsledky autora boli publikované a prezentované na významných medzinárodných fórach.

K práci mám nasledujúce otázky:

1. Aké môže byť maximálne použité prvočíslo slúžiace ako modul?
2. Kde sa okrem oblasti riešenia obyčajných diferenciálnych rovníc používa aritmetika zvyškových tried?
3. Aká je návaznosť Vašej práce na ďalší výskum vo výskumnej skupine Vášho školiteľa doc. Kunovského?
4. Ktoré použité publikácie boli pre Vašu prácu najdôležitejšie a ktorú Vašu publikáciu považujete za najvýznamnejšiu?

Po preštudovaní dizertačnej práce Ing. Jana Kopřivu a priložených materiálov konštatujem, že táto práca splnila stanovené výskumné ciele a priniesla pôvodné vedecké výsledky aplikovateľné v praxi. Preto odporúčam predloženú dizertačnú prácu k obhajobe a po jej úspešnom obhájení navrhujem

**udelit' Ing. Janovi Kopřivovi akademický titul "philosophiae doctor", PhD.
v odbore Výpočetní technika a informatika.**

V Košiciach, 18.9. 2014

