

Рецензия

от доц. д-р Кирил Щерев, Институт по механика – БАН
на дисертационен труд за придобиване на образователната и научна
степен „доктор“
по професионално направление 4.5. „Математика“,
докторска програма „Изчислителна математика“
на тема „Съставни числени методи и скалируеми блочни алгоритми“
с автор Димитър Георгиев Славчев

Бързодействието на съвременните изчислителни алгоритми е тясно свързано с тяхната паралелна ефективност поради паралелната архитектура на съвременните процесори. Разпаралелването в съвременните компютри е на много нива. Насока на развитието им идва от фундаменталните ограничения за максималната честота, на която един процесор може да работи. Затова, повишаването на производителността на съвременните процесори е възможно чрез паралелизация. Едно ядро може да изпълнява няколко инструкции за един работен такт, а всеки процесор има по няколко ядра. Такава паралелизация е налична във всички процесори в момента. За сравнение масово достъпните процесори от близкото минало бяха с едно ядро, което изпълняваше една операция за няколко работни такта. За тях бяха разработени алгоритми и програми, които имат най-бързо серийно изпълнение. В общия случай обаче, най-добрите серийни алгоритми и програми трудно се разпаралелват и ускорението им е ограничено. „Удобните“ за разпаралелване алгоритми обикновено са по-бавни от серийните, при серийното им изпълнение и затова в близкото минало те не са представлявали интерес за повечето изследователи. За използването на потенциала на съвременните паралелни процесори е необходимо да се използват алгоритми, които да съответстват на тяхната архитектура, т.е. да имат добра паралелна ефективност. Затова намирам работата в тази насока за много актуална.

Правилникът за специфичните условия за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в ИИКТ-БАН изисква кандидатите за получаване на ОНС „доктор“ по специалност 4.5. „Математика“ да

покриват минимални изисквания от 50 точки по показател А (представяне на докторски труд) и 30 точки по показателите от група Г. Димитър Георгиев Славчев представя списък от общо 7 научни статии, в две е единствен автор, а в другите пет е пръв автор. Статиите са публикувани в периода 2017-2021г. във връзка с дисертационния труд, всички са индексирани в Скопус, при което едната е в квартал Q2. Точките, събрани от публикационната дейност са 220 и многократно надхвърлят изискванията на НАЦИД за минимален праг от 30 точки по показателите от група Г при защита на докторска дисертация. С това формалните условия за удовлетворяване на националните изисквания са изпълнени и може да се пристъпи към рецензиране и защита на представения дисертационен труд.

Основни цели и задачи на дисертацията са: сравнителен анализ на бързодействието на блочни методи и алгоритми за решаване на системи линейни алгебрични уравнения с плътни матрици; сравнителен анализ на бързодействието и паралелната ефективност на софтуерни пакети прилагащи блочна LU факторизация за решаване на системи линейни алгебрични уравнения с плътни матрици; анализ на бързодействието, паралелната ефективност и точност на метод за апроксимация на решението на системи линейни алгебрични уравнения базиран на йерархична полусепарабелна компресия (HSS) от софтуерния пакет STRUMPACK за системи с подходяща структура на матрицата; разработване на алгоритми за пренареждане на неизвестните при задачи породени от дискретизация, с метод на крайните елементи на дробна дифузия с цел подобряване на ефективността на йерархичната полусепарабелна компресия на така изчислената матрица на коравина; числено решаване на елиптически и параболични задачи от областта на аномалната дифузия описана с интегралната формулировка на дробен лапласиан и дискретизирана по пространството с метод на крайните елементи.

Дисертационният труд съдържа 140 страници и е организиран в увод, четири глави и заключение. Цитирани са 90 литературни източника. Изложението е илюстрирано с 47 фигури и 7 таблици. Включен е и списък на често използвани означения и съкращения.

Съдържание и приноси в дисертацията

Уводът в дисертацията представя актуалността на темата на дисертацията. Тръгва се от мотивацията за компютърно моделиране на процеси, разглеждат се насоките за развитие на съвременния хардуер, представят се актуални задачи, които се описват от уравненията пресмятани в дисертацията. Направен е обзор на методите и пакетите за решаване на системи линейни алгебрични уравнения с плътни матрици. Представени са целите и задачите на дисертацията, методологията на изследването и спецификациите на използваните високопроизводителни изчислителни системи.

Глава 1 представя методи за решаване на системи линейни уравнения с плътни матрици. Дадено е описание на анализирани в дисертацията блочни методи за решаване на системи линейни алгебрични уравнения с плътни матрици, както и базови оценки на тяхната изчислителна сложност. Специално внимание е отделено на йерархичната полусепарабелна (HSS) компресия на плътни матрици и нейната имплементация в софтуерния пакет със свободен достъп STRUMPACK.

Глава 2 разглежда метод на граничните елементи за обтичане на крилни профили на Жуковски. За описанието на флуида се използва токова функция, която удовлетворява уравнението на Лаплас. Тестовата задача е обтичането на пет крилни профила на Жуковски разположени вертикално. Представени са числените резултати за полето на скоростта и токовите линии. Направен е подробен анализ на паралелната ефективност на използваните софтуерни пакети и компютърни архитектури. Направени са изводите, че точността и изчислителната ефективност на HSS компресията зависят от праговете на относителна и абсолютна грешка и структурата на матрицата е определяща за качеството на йерархичната компресия. За разгледаната задачата структурата на матрицата е подходяща, т.е. позволява ефективното прилагане на HSS компресия.

Глава 3 разглежда метод на крайните елементи за числено решаване на двумерна стационарна задача за дробна дифузия. Предмет на изследване в тази глава е двумерна гранична задача за аномална дифузия. Аномалната дифузия е описана с дробен оператор на Лаплас дефиниран в интегрален вид с помощта на потенциал на Риц. Приложен е метод на крайните елементи. Представени са пет метода за пренареждане на неизвестните: пренареждане по "Y" координата – "top"; по хоризонтални линии –

„stripes“; по спирала около центъра – „snake“; вложени сечения и рекурсивна бисекция. Разгледани са числени експерименти върху компютърни системи с обща памет. Направени са изводите, че структурата на матрицата получена при дискретизация на дробно дифузионната задача е по-малко подходяща за HSS компресия, в сравнение със задачата за обтичането на крилните профили разгледана в Глава 2.

Глава 4 разглежда метод на крайните елементи за решаване на двумерна параболична задача за дробна дифузия. В тази глава се разглежда нестационарна задача. За дискретизация по времето е приложен неявен метод на Ойлер с постоянна стъпка по времето. Задачата е сведена до решаване на поредица от системи линейни алгебрични уравнения с една и съща матрица на прехода и променящи се десни части на различните стъпки по времето. Това дава възможност факторизацията да се извърши еднократно. Анализирани са ускоренията на паралелната програма и грешката на HSS базираният солвер. Резултатите показват, че паралелните времена за решаване на параболичната задача с използване на солвъра от софтуерния пакет STRUMPACK са съществено по-добри в сравнение с времената при използване на блочна LU факторизация от пакета MKL.

Обсъждане

Приемам научно-приложните приноси на автора в дисертацията така, както са декларирани в дисертационния труд. Докторантът е навлязъл сериозно в разглежданата тематика за около 4 години, което е много добро достижение. Анализът е направен на различни хардуерни архитектури с използването на различни софтуерни пакети. Възможно е софтуерът да бъде разширен за решаването на триизмерни задачи, което ще доведе до многократно увеличаване на броят на възлите в мрежата и оттам ще се подобри паралелната му ефективност.

Текстът в дисертацията е конкретен, с ясно разделяне по глави и тематика, с удобна за възприемане последователност на изложението, достатъчно ниво на детайлност и добре илюстрирани фигури и таблици. Специфичната терминология за формулирането на задачите и представянето на резултатите за обтичането на крилните профили на Жуковски е коректно използвана. Полезно е включването на списък от авторски публикации, в

които са представени резултатите след всяка глава. Авторефератът отразява коректно съдържанието на дисертацията.

Бих отправил следните забележки: при всяка от задачите е представено ускорението в зависимост от броят на възлите в мрежата, но не е дадена информация за достатъчния брой възли в мрежата за получаване на достатъчно точно решение и съответните стъпки по пространството. Тази информация е важна, за да може да се придобие ясна представа за ускорението на паралелната програма при пресмятане на задачи с определи изисквания за точност на решението за разгледаните големини на изчислителната област. При решаване на реални задачи обикновено големината на изчислителната област е много по-голяма в сравнение с тестовите задачи и броят на възлите в мрежата за получаване на достатъчно точно решение също е много по-голям от този на тестовите задачи.

Заклучение

На основание казаното дотук за представената дисертация, научни трудове, тяхната значимост и съдържащите се в тях научни и научно-приложни приноси, считам че дисертационният труд на Димитър Георгиев Славчев удовлетворява всички изисквания на ЗРАСРБ, Правилникът за прилагане на ЗРАСРБ, Правилникът за развитие на академичния състав на БАН и правилникът за развитие на академичния състав на ИИКТ-БАН за присъждане на образователна и научна степен „ДОКТОР“ по професионално направление 4.5. „Математика“ и **давам положителна оценка на дисертационния труд и препоръчвам на уважаемото Научно жури да присъди на Димитър Георгиев Славчев образователна и научна степен „ДОКТОР“ по професионално направление 4.5. „Математика“.**

София, 28.04.2022

Рецензе

На основание

ЗЗЛД

..