

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд, представен за получаване на образователната и научна степен „доктор”

Автор на дисертационния труд: ас. Явор Иванов Вутов

Тема на дисертационния труд: „Паралелни итерационни методи за неконформни крайни елементи”

Заявител за откриване на процедурата: Научен съвет на Института по информационни и комуникационни технологии – БАН, София

Научна специалност: 01.01.13 – Математическо моделиране и приложение на математиката

Член на журито: проф. д-р Михаил Д.Тодоров, кат. Диференциални уравнения, ФПМИ, ТУ – София

Представената дисертация на тема „Паралелни итерационни методи за неконформни крайни елементи” има обем от 113 стр., формат А4, в.т.ч. 23 фигури, 27 таблици и библиография от 95 работи.

1. Актуалност на дисертационния труд

Темата е в областта на математическото и компютърното моделиране и безспорно е актуална и в теоретичен, и в приложен смисъл. Итерационните методи и в частност МСГ несъмнено заемат важно място в търсенето на приближено решение на големи системи ЛАУ. Необходимостта от подобряване на тяхната сходимост, когато матрицата е лошо обусловена (почти сингулярна) налага построяването на т.н. преобусловител, който наред с възможна паралелизация на алгоритъма може значително да ускори итерационния процес и да редуцира необходимите изчислителни ресурси (време, оперативна памет и пр.). Изследването в този дисертационен труд си поставя точно такава цел. Дисертантът си поставя и по-далечна цел: значимостта на теоретичното изследване и оценки да бъдат допълнени и потвърдени от сравняването на числените прогнози с емпирични количествени данни от реални процеси и явления.

2. Анализ на състоянието на проблема

Най-често използваните методи за решаване на линейни диференциални задачи са методът на крайните разлики и методът на крайните елементи. Съответните дискретизации водят до решаване на големи алгебрични системи с разреждени матрици. Обръщането на тези матрици може да се извърши пряко (напр. с метод на Гаус или с метод на квадратния корен (Холецки)) или итерационно (метод на спрегнатия градиент, многонивови и мултигрид методи). Сходимостта на итерационните методи зависи пряко от спектралното число на обусловеност. В частност при МСГ броят на итерациите е пропорционален на квадратния корен на това число. Броят на итерациите (скоростта на сходимост) може да се намали, ако се построи асоциирана с изходната система линейни алгебрични уравнения, която е по-добре обусловена и която наричаме преобусловител. Това заедно с паралелизацията е основна предпоставка за изследванията, заложи и проведени в настоящия дисертационен труд.

3. Методика на изследванията

Методиката на изследванията е подчинена изцяло на целите на дисертацията, а именно изчислителна сложност, скорост на сходимост, разпаралелване. Формулирани и доказани са множество твърдения с конструктивен характер (теореме) и спомагателен характер (леми). Доколкото компютърното време за реализация на даден алгоритъм за обръщане на матрица на СЛАУ зависи от числото на обусловеност и от броя на уравненията (възлите на колокация), основна цел в дисертацията е построяване на преобусловител, намаляващ относителното число на обусловеност. В случаите, когато е възможно разпаралелване, към горните фактори се добавя и т.н. паралелна ефективност. Тя е количествена оценка за използваното процесорно време в процеса на изпълнение на програмата. Разработените в дисертацията алгоритми имат оптимална асимптотична паралелна ефективност. Накратко казано, разработва се паралелен алгоритъм на базата на МСГ с преобусловител модифицирана непълна факторизация на Холецки от нулев ред $MIC(0)$.

4. Характеристика и оценка на получените резултати

Цел на дисертационния труд е създаване и изследване на AMLI преобусловители както с йерархична, така и нейерархична крайноелементна дискретизация с конформни квадратични, биквадратични и бикубични елементи.

В Глава 1, която има и уводен характер са описани основните методи, които се използват за приближено решаване на диференциални задачи, обект на математическо и компютърно моделиране. Акцентът на анализа е върху методите на крайните елементи и в частност върху неконформните крайни елементи на Ранахер-Турек. Отделено е нужното внимание на метода на спрегнатия градиент с преобуславяне, като съвременен метод с ефективна паралелна реализация. Формулирани са основните цели на дисертацията и са дадени общи сведения от теория на еластичността, непълната модифицирана факторизация на Холецки $MIC(0)$ и алгебричния мултигрид.

В Глава 2 на базата на крайните елементи на Ранахер-Турек и $MIC(0)$ факторизация е разработен паралелен алгоритъм за преобуславяне на $3d$

елиптични задачи. Получени са теоретични оценки за сходимостта на алгоритъма и за неговата паралелна ефективност.

Разработеният в Глава 2 алгоритъм се прилага в Глава 3, където се решават уравненията на Ламе върху вокселни структури. Използван е подходът RSI (reduced and selective integration), който позволява с неконформни крайни елементи да се получи симетрична и положително определена система само в термините на преместванията.

Глава 4 представлява естествено продължение на предходните две. В нея е направена компютърна симулация на напрегнатото и деформирано състояние на трабекуларна кост и т.н. пилотни фундаменти. Наред с компютърните симулации, в тази глава е създаден и алгоритъм за числена хомогенизация на композитни материали, като за целта се използва отново МСГП (метод на спрегнатия градиент с преобуславяне) от Глава 3, но за положително полуопределени матрици и периодични гранични условия. Впрочем числените експерименти, демонстриращи ефективността и приложния характер на разработените методи и алгоритми присъстват във всички глави на дисертацията.

5. Преценка на авторската справка

Авторската справка отразява приносите и акцентите в дисертацията като цяло. Приносите имат както научен, така и научно-приложен характер. Те могат да се оценят като колективно дело, но с водеща роля на дисертанта и под ръководството на научния му ръководител. Всички те могат да бъдат причислени към направлението „Обогатяване на съществуващи знания”, а резултатите, формулирани в Глава 4 от авторската справка могат да имат приносен характер и в направлението „Приложение на научни постижения в практиката”.

6. Критични бележки по трудовете и литературна осведоменост на дисертанта

Дисертацията е написана на правилен български език, изложението е стегнато и логически последователно. Нямам критични бележки по същество.

Литературната осведоменост на дисертанта по правило е много добра и се основава на най-нови източници.

7. Публикации по дисертацията

Представеният списък на публикациите включва 11 заглавия, всички на английски език, от които 1 в списание с импакт-фактор, 9 в рецензирани поредици на Springer с SJR. Две самостоятелни, останалите са в съавторство с двама или трима съавтори – пет от тях с научния ръководител проф.Маргенов. Считаю, че приносът на дисертанта в съвместните публикации е поне равностоен и приемаю, че основните резултати в дисертационния труд са негово лично дело.

Други данни за публикациите могат да се видят в представената таблица.

Таблица: Справка за трудовете

Статии – 11 бр.	В чужбина - 11 бр. <i>LNCS -7 бр., TASK Quart.-1 бр., Comp. and Math. with Appl.-1 бр., Proc. Intl Multiconf. on Comp. Sci. and Inform. Technology -2 бр.</i>
Доклади на международни научни прояви – 12 бр.	У нас - 8 бр. (<i>NMA '06, NMA '10, NMA '14, LSSC '07, LSSC '09, LSSC '11, LSSC '13, AMiTaNS '12, BGSIAM</i>) В чужбина - 4 бр. (<i>Enumath-Uppsala, Intl Conf Parallel Processing and Appl. Math.- Torun, Poland, Intl Workshop Parallel Matrix Algorithms and Appl.- Switzerland</i>)
Участие в научни проекти	У нас – 4 (ФНИ) Международни – 3 (BIS-21++, PRACE)

След направена справка в Google Scholar установих, че са налице 2 независими цитирания на статиите в *Computers and Mathematics with Applications* и *LNCS 4310*.

8. Приложение на резултатите в практиката

Разработеният софтуер и алгоритми, както и проведените компютърни симулации за проверка на методите върху тестови задачи потвърждават тяхната оптималност и адекватност на доказаните оценки. Нещо повече, решени са задачи с практическа важност, с което недвусмислено е показано, че разработените методи могат да се алгоритмизират за решаване и на гранични задачи, описващи сложни процеси с приложна насоченост и значение, вкл. и с паралелно програмиране.

9. Преценка на автореферата

Авторефератът отразява правилно и пълно съдържанието на дисертационния труд.

10. Лични впечатления

Познавам бегло дисертанта. Слушал съм негови доклади на конференциите NAA'10 и AMiTaNS'12, както и на семинари в ИИКТ и ИМИ. Присъствах на предзащитата на дисертационния му труд в ИИКТ. От направеното експозе, както и от проведената дискусия останах с впечатление, че той познава задълбочено и в детайли материята, обект на дисертационния труд.

Заклучение

Считам, че темата на дисертационния труд е актуална, получените резултати отговарят напълно изискванията на ЗРАСРБ, ППЗРАСБ и ПБАН, както и специфичните изисквания на ИИКТ за получаване на ОНС "доктор". Дисертантът е извършил задълбочено изследване – теоретично и програмно на тримерни елиптични гранични задачи от втори ред, както и на уравненията на Ламе за вокселни структури с неконформни крайни елементи на Ранахер-Турек

и паралелен МІС(0) преобусловител.

Въз основа на гореказаното убедено препоръчвам на Почитаемото НЖ да да бъде дадена образователната и научна степен "доктор" на г-н ас. Явор Иванов Вутов по научната специалност 01.01.13 – Математическо моделиране и приложение на математиката.



София, 23 август 2015 г.