

от чл.-кор. Светозар Димитров Маргенов, проф. в ИИКТ – БАН,
член на Научно жури за защита на дисертация за придобиване на образователна и
научна степен “доктор”, утвърдено със заповед № 92/03.07.2015 г. на Директора на
ИИКТ – БАН

ОТНОСНО: дисертация на Явор Иванов Вутов на тема “Паралелни итерационни
методи за неконформни крайни елементи”, представена за придобиване на
образователна и научна степен “доктор” по научна специалност 01.01.13
“Математическо моделиране и приложение на математиката” в професионално
направление 4.5. “Математика”

Представената дисертация “Паралелни итерационни методи за неконформни
крайни елементи ” от Явор Вутов е в обем от 113 страници. Тя се състои от увод,
четири глави и библиография, в това число 23 фигури и 28 таблици. Библиографията
включва 95 заглавия, от които 7 на български, 1 на руски и 87 на английски език,
обхващащи периода 1961 – 2015 год. Основните научни и научно-приложни резултати
се съдържат в последните три глави.

Целта на дисертацията е разработването и изследването на ефективни паралелни
итерационни методи за решаване на системи от линейни алгебрични уравнения, които
се получават при прилагане на неконформни крайни елементи за дискретизация
елиптични гранични задачи от втори ред. Разработените методи са асимптотично
оптимални по отношение на паралелното ускорение и ефективност.

В увода е представено съвременното състояние на изследванията по темата на
дисертацията и е обоснована нейната актуалност. Специално внимание е отделено на
методологията на изследване, в основата на която са понятията изчислителна сложност,
скорост на сходимост, паралелно ускорение и паралелна ефективност.

Глава 1 има въвеждащ характер. Тя включва основни дефиниции и резултати от
теория на метода на крайните елементи, уравненията на Ламе в теория на
еластичността, метода на спрегнатия градиент с преобуславяне, метода на непълна
факторизация $MIC(0)$, алгебричния мултигрид метод, както и въвеждащи бележки
свързани с програмната реализация.

Глава 2 е посветена на конструиране и изследване на паралелен $MIC(0)$
преобусловител за тримерни елиптични гранични задачи, дискретизирани с
неконформни крайни елементи на Ранахер-Турек (ротирани трилинейни елементи).
Получените теоретични резултати са на базата на локален (елементен) анализ. В общия
случай, непълната факторизация от тип $MIC(0)$ не е подходяща за паралелна
реализация, което се дължи на силно изразената рекурсивна структура на алгоритъма.
Предложеният паралелен алгоритъм се основава на спектрално еквивалентна
модификация на матрицата на коравина, при което се получават диагонални блокове,
които са диагонални. Предложени са два варианта на паралелен $MIC(0)$
преобусловител, за които са получени локално оптимални оценки на относителното
число на обусловеност. Представянето на паралелната реализация включва описание на
алгоритмите и програмната реализация, оценка на изчислителната сложност и

паралелните времена, както и анализ числени резултати, потвърждаващи теоретичните оценки.

В следващата трета глава са изследвани блочни паралелни преобусловители за системата от уравнения на Ламе, описваща напрегнатото и деформирано състояние на линейно еластично тяло. За целта се прилага декомпозиция по премествания (Displacement Decomposition (DD)). Съответната оценка за относителното число на обусловеност на блочно-диагоналния DD преобусловител следва от второто неравенство на Корн. Разгледани са два варианта за преобуславяне на диагоналните блокове: а) MIC(0) факторизация и б) алгебричен мултигрид BoomerAMG. Специално внимание е отделено на алгоритмичната и програмна реализация, която се усложнява от използвания L_2 проектор, за стабилизиране на дискретизацията с неконформни крайни елементи. Направен е сравнителен анализ на ефективността на MIC(0) и BoomerAMG вариантите на преобуславяне, в това число при силно нееднородни среди (големи скокове на коефициентите).

Глава 4 е посветена на приложения на представения в Глава 3 паралелен алгоритъм за компютърно моделиране на инженерни задачи. Първите две приложения са свързани с компютърно моделиране на пилотни фундаменти и изследване на микроструктурата на трабекуларна костна тъкан. И в двата случая задачите са с големи скокове на коефициентите. В допълнение, вътрешната структура на костта е много сложна, което означава, че имаме скокове на коефициентите в подобласти, които имат размер съпоставим със стъпката на крайноелементната мрежа. За такива задачи се използва термина „голяма честота и голям контраст“. Втората част от тази глава е посветена на приложение на разработените алгоритми за числена хомогенизация. Специално внимание е отделено на сходимостта на метода на спрегнатия градиент с преобуславяне в случая на положително полуопределени матрици. Получените резултати са сравнени с аналитични оценки, както и с резултати получени с помощта на комерсиален софтуер GeoDict.

Приемам представените в автореферата основни научни и научно-приложни приноси, които включват:

- Разработен е паралелен MIC(0) преобусловител за тримерни елиптични задачи, дискретизирани с неконформни елементи на Ранахер-Турек, като са изведени теоретични оценки за скоростта на сходимост и паралелните времена.
- Разработен е блочен MIC(0) преобусловител от тип разделяне по премествания за уравненията на линейната еластичност, като са изведени оценки за паралелните времена.
- Разработен е паралелен алгоритъм за числена хомогенизация на композитни материали.
- Разработени са паралелни програми, реализиращи изследваните методи и алгоритми и са представени числени експерименти, потвърждаващи тяхната ефективност.

В качеството си на научен ръководител, изразявам удовлетворението си от съвместната работа с Явор Иванов Вутов, както в рамките на изпълнение на индивидуалния план за работа и в процеса на написването на настоящия дисертационен труд, така и в съвместната ни работа по редица научни и научно-приложни приложни проекти в секция „Научни пресмятания“ на ИИКТ - БАН. Материали включени в дисертацията са публикувани в авторитетни специализирани научни издания, в това число една статия във водещо списание с „импакт фактор“. Известни са ми 6 цитирания

на публикации, включени в дисертацията, както и други 11 цитирания на работи, които не са част от дисертацията.

В заключение, оценявам високо извършената работа и представените в дисертацията научни и научно-приложни резултати. Убедено препоръчвам на научното жури да присъди на Явор Иванов Вутов образователната и научна степен “доктор” по научна специалност 01.01.13 “Математическо моделиране и приложение на математиката ” в професионално направление 4.5. “Математика”.

24 август 2015 г.

София

