

Warszawa 14.12.2014

Dr hab. Marcin Paprzycki
Profesor Nadzwyczajny
Instytut Badań Systemowych PAN
ul. Newelska 6
01-447 Warszawa

Recenzja Rozprawy Doktorskiej mgr. Joanny Potiopy

„Algorytmy rozwiązywania wybranych typów układów równań liniowych o macierzach wąskopasmowych na komputerach z procesorami wielordzeniowymi”

1. Wprowadzenie

Przedstawiona do oceny Rozprawa Doktorska została wykonana na Wydziale Matematyki, Fizyki i Informatyki Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, pod kierunkiem dra hab. Przemysława Stępczyńskiego. Rozprawa ma 112 stron, zawierających 41 rysunków i 5 algorytmów; cytowanych jest 106 pozycji literaturowych.

2. Analiza krytyczna zawartości Rozprawy Doktorskiej

Rozprawa składa się z Wstępu, 5 rozdziałów zasadniczych, oraz Podsumowania (Rozdział 6).

2.1 We Wstępie zarysowana została tło prowadzonych badań, przedstawiona została główna teza i cel pracy, oraz omówiona została struktura Rozprawy Doktorskiej.

2.2 Rozdział 1 (*Wybrane problemy wymagające rozwiązywania układów równań liniowych o macierzach wąskopasmowych*) zawiera (i) omówienie podstawowych pojęć wykorzystywanych w Rozprawie, (ii) zarysowuje trzy konkretne zagadnienia, które zostały opracowane w ramach przeprowadzonych badań naukowych: (a) zagadnienie interpolacji – reprezentowane jako problem rozwiązywany wykorzystując macierze wąskopasmowe, (b) zagadnienie brzegowe dla pewnej klasy równań różniczkowych zwyczajnych – przekształćane w problem reprezentowany przy pomocy macierzy wąskopasmowych, oraz (c) problem generowania liczb losowych – również sformułowany jako zagadnienie oparte na macierzach wąskopasmowych.

2.3 Rozdział 2 (*Przegląd współczesnych architektur wielordzeniowych*) ma mylący tytuł, albowiem zawiera on nie tylko omówienie architektur wybranych komputerów równoległych, ale również przedstawia wybrane biblioteki do programowania równoległego. W szczególności omówione zostają BLAS, LAPACK, BLACS, PBLAS i ScaLAPACK, PLASMA, MAGNA i cuRAND.

Problemy:

2.3.A. Nie tylko tytuł rozdziału jest nieprecyzyjny, ale również tytuł sekcji 2.2 nie oddaje we właściwy sposób jej zawartości – omawiane są w niej bowiem wyłącznie wybrane biblioteki związane z numeryczną algebrą liniową i generowaniem liczb losowych (czyli zakres omawianego materiału jest znacznie węższy niż sugeruje to tytuł sekcji).

2.3.B. Nie została omówiona biblioteka SPRNG – która jest wprawdzie wymieniana w Rozprawie, ale powinna być zostać omówiona w sposób poszerzony.

2.3.C. Nie zostały omówione wyniki prowadzonych badań i propozycje bibliotek numerycznej algebry

liniowej autorstwa R. van de Geijn'a i jego współpracowników z UT Austin. Jest to problem o tyle poważny, że wyniki te (i proponowane podejście) stanowią realistyczną alternatywę dla propozycji pochodzących z grupy badawczej J. Dongarry.

2.3.D. Rozprawa jest niespójna terminologicznie. Na przykład CUDA określane jest jako: (i) środowisko NVIDIA CUDA (str. 29), (ii) język programowania CUDA (st. 29) oraz (iii) architektura CUDA (str. 30). Takie niedociągnięcia nie powinny mieć miejsca.

2.3.E. Niewłaściwym jest użycie akronimów zanim zostały one zdefiniowane. Na stronie 27 pojęcia SIMD i MIMD są wykorzystywane w tekście, natomiast zdefiniowane są one dopiero na stronie 28.

2.3.F. Biblioteki PLASMA, MAGMA i cuRAND są opisane w sposób bardzo powierzchowny. Co więcej, biblioteki PLASMA, MAGMA nie są wykorzystywane w istotny sposób w dalszej części pracy. W tej sytuacji należało albo (a) wyjaśnić w sposób nie pozostawiający wątpliwości dlaczego tak postąpiono, albo (b) pominąć ich opis – jako nie wprowadzający nic istotnego do Rozprawy.

2.4 Rozdział 3 (*Numeryczne wyznaczanie funkcji sklepanych sześciennych*) stanowi jeden z trzech kluczowych rozdziałów Rozprawy Doktorskiej (razem z rozdziałami 4 i 5). Zawiera on całościowe omówienie wyników badań dotyczących równoległych metod wyznaczania funkcji sklepanych sześciennych. W szczególności omówione zostały: algorytm sekwencyjny, wersja równoległa, oraz wyniki eksperymentów przeprowadzonych na trzech komputerach: (i) klastrze składającym się z 20 procesorów Itanium, (ii) Cray'u X1, oraz (iii) klastrze składającym się z 40 węzłów, z których każdy to Intel Xeon X5650 (zawierający 6 rdzeni, z technologią Hyper-Threading, dającą 2 wątki obliczeniowe w każdym rdzeniu).

Problemy

2.4.A. Najbardziej podstawowy problem dotyczący tego rozdziału jest metodologiczny. Nie jest jasnym dlaczego zaproponowane podejście nie zostało porównane z innymi istniejącymi podejściami do rozwiązywania rozważanego zagadnienia – wyznaczania funkcji sklepanych sześciennych. Bez takiego porównania – które powinno być porównaniem z najlepszym(i) istniejącym(i) podejściem / podejściami – trudno jest ocenić jak bardzo wartościowe jest zaproponowane rozwiązanie.

2.4.B. Wyniki otrzymane na klastrze Intel oraz Cray'u X1 nie mają (w roku 2014 – i w taki sposób w jaki zostały opisane) istotnej wartości poznawczej. Biorąc pod uwagę fakt, że istnieją już telefony komórkowe z 8-rdzeniowymi procesorami, to analiza wyników otrzymanych na komputerach z 20 / 32 procesorami (w kontekście obliczeń numerycznych / matematyki obliczeniowej) nie jest ciekawa poznawczo. Jeśli natomiast istnieją powody dla których istotne jest przedstawienie tychże wyników, to fakt ten powinien być bardzo dobrze uzasadniony (powinno zostać explicite wykazane dlaczego takie eksperymenty są zasadne / ciekawe / etc.). W tym kontekście, biorąc pod uwagę to na jakich komputerach można bez problemu przeprowadzić eksperymenty w Polsce (dostępna dla naukowców jest tak Galera w TASK, komputery w ICM, jak i komputery w sieci PL-Grid), powstaje pytanie dlaczego nie wykorzystano tychże maszyn.

2.4.C. Nie jest jasnym dlaczego nie wykorzystano posiadanej przez Doktorantkę wiedzy aby zaimplementować proponowane podejście (i przeprowadzić eksperymenty porównawcze) na procesorach o architekturze GPU. Warto tutaj zwrócić uwagę na fakt, że (jak widać z rozdziałów 4 i 5) Doktorantka ma dostęp do odpowiedniego sprzętu aby przeprowadzić odpowiednie eksperymenty.

2.5 Rozdział 4 (*Rozwiązywanie pewnych typów układów równań liniowych o macierzach trójdagonalnych*) ma podobną strukturę jak rozdział 3. Zawiera on wprowadzenie do zagadnienia, opis zaproponowanej metody, propozycję implementacji na procesorze GPU oraz wyniki eksperymentów na komputerach z procesorami GPU.

Problemy

2.5.A. Rozwiązywanie układów równań liniowych z macierzami trójdagonalnymi na komputerach równoległych jest jednym z bardziej znanych tematów badawczych rozważanych w latach 1980-2000. Można wręcz powiedzieć, że był to jeden z klasycznych problemów rozważanych we wczesnym okresie obliczeń wieloprocesorowych. Szczególnie istotnymi były tutaj prace P. Amodio, L. Brugniano i ich współpracowników. Jest bardzo dziwnym, że żadna z ich prac nie została przywołana.

2.5.B Powyższy problem prowadzi do podobnego klastra wątpliwości jak te, które zostały podniesione powyżej dla rozdziału 3. (a) Dlaczego nie porównano proponowanego podejścia z innymi podejściami? (b) Dlaczego zaproponowane podejście zostało zaimplementowane tylko dla procesorów GPU (a nie rozważono rozwiązania istotnego obliczeniowo problemu na komputerach typu „Klaster Solaris”)? (c) Skoro zaproponowana metoda daje się naturalnie (i prosto) zastosować do macierzy Toeplitz'a (strona 75) to dlaczego takie uogólnienie nie zostało zrealizowane?

2.5.C Nie zostało wyjaśnione dlaczego proponowane podejście prowadzi do spadku wydajności przy rosnącym rozmiarze macierzy – Rysunek 4.9 (str. 83).

2.6 Rozdział 5 (*Algorytmy równoległe generowania liczb pseudolosowych*) ma również strukturę podobną do rozdziałów 3 i 4. Opisane zostało zagadnienie i dwa zaproponowane podejścia do jego rozwiązania. Następnie omówiona została metoda implementacji przedstawionych rozwiązań na procesorze GPU. Rozdział kończy opis wyników eksperymentów.

Problemy

2.6.A Rozdział zaczyna się od argumentu dlaczego proponowane podejście ma sens vis-a-vis podejście do generowania liczb losowych zastosowane w bibliotece SPRNG. Przedstawione rozumowanie nie do końca jest przekonujące. Jedną z zalet SPRNG było to, że pozwalała ona generować niezależne ciągi liczb pseudolosowych na „poszczególnych procesorach” (w indywidualnych „rdzeniach” / „wątkach”). Spełnienie takiego założenia jest niezwykle istotne w przypadku „algorytmów probabilistycznych” implementowanych na komputerach równoległych z bardzo dużą ilością procesorów / rdzeni. W takim przypadku „najprostszym” rozwiązaniem jest podejście w którym każdy z procesorów / rdzeni wykorzystuje „indywidualny strumień liczb pseudolosowych”. Powstaje więc pytanie – na które nie ma w Rozprawie precyzyjnej odpowiedzi – czy zaproponowana metoda zapewni efektywne dostarczanie niezależnych strumieni danych w każdym „wątku obliczeniowym” w przypadku komputera z $O(10^6)$ rdzeni.

2.6.B Nie jest również jasnym dlaczego zaproponowane podejście zostało zaimplementowane wyłącznie na procesorze GPU. Bardzo ciekawym byłoby gdyby zaproponowana została (i eksperymentalnie zweryfikowana) podobna metoda działająca dla komputerów typu „Klaster Solaris”.

2.6.C Analiza wyników eksperymentalnych porównujących proponowane podejście z biblioteką cuRAND jest bardzo powierzchowna.

2.7 Rozdział 6 (*Podsumowanie*) zbiera najważniejsze wyniki otrzymane w ramach badań prowadzących do przygotowania Rozprawy Doktorskiej. Zaproponowano w nim również kilka kierunków dalszego rozwoju badań opisanych w Rozprawie.

3. Podsumowanie i wnioski

Podsumowując przeprowadzoną analizę krytyczną zawartości merytorycznej Rozprawy Doktorskiej należy odpowiedzieć na kluczowe pytanie. Czy, biorąc pod uwagę przedstawione powyżej uwagi krytyczne, przedstawiona do oceny Rozprawa Doktorska zawiera dostateczną ilość nowych / interesujących / stanowiących liczący się wkład w dziedzinę matematyki obliczeniowej wyników naukowych. Uważam, że odpowiedź jest pozytywna. **Wyniki przedstawione w Rozprawie Doktorskiej stanowią oryginalny wkład Autorki w rozwój metod matematyki obliczeniowej.**

Stwierdzam więc, że **moja opinia o pracy „Algorytmy rozwiązywania wybranych typów układów równań liniowych o macierzach wąskopasmowych na komputerach z procesorami wielordzeniowymi” jest pozytywna.** Uważam, że przedstawiona do recenzji Rozprawa Doktorska zawiera samodzielne rozwiązanie przez Doktorantkę istotnych problemów naukowych, co w pełni odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim przez odpowiednią ustawę o tytule i stopniach naukowych. Na tej podstawie wnioskuję o dopuszczenie pracy do publicznej obrony celem uzyskania przez Autorkę stopnia doktora nauk matematycznych.


Katarzyna Paprzycka