

prof. dr hab. inż. **Waldemar Nawrocki**  
profesor zwyczajny Politechniki Poznańskiej  
Wydział Elektroniki i Telekomunikacji PP  
tel. 616 653 888, e-mail: nawrocki@et.put.poznan.pl

Poznań, 26 sierpnia 2014 r.

### **Recenzja**

rozprawy doktorskiej **Pana mgr Michała Majchrowicza „Algorytmy przetwarzania danych w rozproszonych środowiskach heterogenicznych dla potrzeb tomografii”**

na zlecenie Prodziekana Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki  
Politechniki Łódzkiej

### **Informacje ogólne i wybór tematu badań**

Przedstawiona mi do oceny rozprawa jest obszerna, liczy bowiem 156 stron zasadniczego tekstu i 10 stron załączników oraz zawiera liczne rysunki, fotografie i tabele. Doktorant zamieścił w rozprawie wykaz 133 pozycji cytowanej literatury, w którym 21 pozycji to Jego prace współautorskie. Większość cytowanych prac została opublikowana w ostatnich 10 latach. Można przyjąć, że Doktorant ma wystarczającą znajomość światowego piśmiennictwa w obszarze tematycznym rozprawy oraz, że Jego rozeznanie dotyczy także nowych publikacji.

Praca doktorska dotyczy problemów tomografii rozważanych na przykładzie elektrycznych tomografów pojemnościowych. Pojęcie tomografii stało się szerzej znane w latach 80-tych ub. wieku, kiedy do praktyki medycznej weszły tomografy wykorzystujące zjawisko magnetycznego rezonansu jądrowego. Tomograf medyczny NMR stał się drugim, po elektrokardiografie, chociaż 1000 razy droższym, urządzeniem do bezinwazyjnego diagnozowania organów wewnętrznych.

Elektryczne tomografy pojemnościowe służą do przestrzennego obrazowania obiektów zakrytych dla obserwacji optycznej w pomiarach przemysłowych. Dla użytkownika bardzo ważne są 2 parametry tomografu: rozdzielczość pomiaru i szybkość obrazowania. Rozdzielczość, zarówno liniowa (w mm), jak i związana z wykrywalną różnicą między przenikalnością dielektryczną obiektu a jego otoczenia, decyduje o jakości i wierności otrzymywanych obrazów. Szybkość obrazowania natomiast przesądza o przydatności obrazów. Obraz silnie rozmyty, albo też uzyskany, np. 1 godzinę po skanowaniu, będzie zwykle mało przydatny w praktyce, a zwłaszcza do sterowania procesami przemysłowymi. Na szybkość obrazowania mają wpływ zarówno ilość danych pozyskiwanych w procesie pomiaru lub skanowania, jak i metody i szybkość przetwarzania tych danych. Doktorant podjął problem zwiększenia szybkości przetwarzania danych w tomografii za pomocą efektywnego algorytmu równoczesnego prowadzenia obliczeń przez kilka procesorów. Zaletą wybranego tematu jest jego mocne powiązanie z praktycznym wykorzystaniem wyników badań. Takie powiązanie stało się powszechną cechą badań prowadzonych w Instytucie Informatyki Stosowanej.

Postawiono następującą tezę rozprawy „Możliwe jest przyspieszenie rekonstrukcji trójwymiarowych pozyskiwanych w Elektrycznej Tomografii Pojemnościowej poprzez wykorzystanie rozproszonego, heterogenicznego systemu wieloprocessorowego”. Wybór tematu badań uważam za uzasadniony ze względów poznawczych i użytkowych.

### **Zawartość rozprawy i ocena wyników naukowych**

Recenzowana rozprawa jest podzielona na 7 rozdziałów, z których rozdziały od 3 do 5 zawierają wyniki badań doktoranta. Doktorant pisze w rozdz. 1, że projekt i badania

systemów rozproszonych prowadził wspólnie z mgr Kapustą z Instytutu Informatyki Stosowanej PŁ, ale zadania badawcze były wyraźnie podzielone między obu doktorantów. W ramach pracy doktorskiej były trzy zadania badawcze wykonane przez mgr Majchrowicza: badanie przydatności środowiska programistycznego Xgrid do przetwarzania danych w tomografii pojemnościowej, zaprojektowanie i badania środowiska Xgrid wyposażonego w interfejs oraz zaprojektowanie i badania oryginalnego środowiska rozproszonego KISDC. Rozdział 3 opisuje badania środowiska programistycznego Xgrid firmy Apple przeznaczonego do obliczeń rozproszonych. Badano czas przetwarzania danych w funkcji m.in. ich objętości oraz liczby wykorzystanych procesorów, mając na uwadze przetwarzanie danych w tomografach pojemnościowych. Wynikiem tych badań był wniosek, raczej trywialny, że wykorzystanie środowiska programistycznego wiąże się z wydłużeniem obliczeń (w rozprawie nazwano je narzutem), wydłużeniem koniecznym do obsługi Xgrid. Doktorant zauważył ponadto, że to wydłużenie nie jest stałe, ale się zwiększa wraz z objętością przetwarzanych danych. Postanowił zatem zmodyfikować metodę obliczeniową i zamiast bezpośredniego dostarczania danych z tomografu do środowiska Xgrid, dane przekazywał tam za pośrednictwem stworzonego przez Niego interfejsu programowego. Interfejs przekazuje do Xgrid dane już wstępnie przetworzone, co korzystnie wpływa na czas ich przetwarzania w środowisku Xgrid. Korzystając z tego interfejsu i wykorzystując 4 procesory graficzne (GPU) zamiast 1 komputera do przetwarzania danych uzyskano 10-krotne zmniejszenie czasu przetwarzania obrazu – opisane w rozdziale 4. W rozdziale 5 Doktorant przedstawił oryginalny, autorski algorytm i program do równoległego prowadzenia obliczeń w tomografie pojemnościowym. Zarówno samo oprogramowanie, jak i badanie jego skutków, są wynikami naukowym. Rezultatem działania programu KISD było 2,5 krotne zmniejszenie czasu przetwarzania danych.

Przy ocenie wyników swoich działań w celu przyspieszenia obliczeń Doktorant zna teoretyczne granice przyspieszania za pomocą równoległego prowadzenia obliczeń, bowiem przedstawia i wykorzystuje prawo Gustafsona.

### **Uwagi dyskusyjne i krytyczne**

Recenzent ma dobre zdanie o rozprawie: wyborze tematu, realizacji zadań badawczych, publikacji wyników. Jednak praca naukowa w naukach technicznych, zwłaszcza praca o dużym potencjale użytkowym, powinna przynosić więcej informacji technicznych. Opis działania elektrycznego tomografu pojemnościowego (str. 14 i 15) jest nazbyt skrótowy. Recenzent wie, że tematem pracy nie jest konstrukcja tomografu, ale dla oceny szybkości przetwarzania danych pożądane byłyby informacje, np. o wartościach pojemności w czujniku, zmianach pojemności dla przykładowych materiałów, parametry elektryczne okablowania. Podane przykładowe parametry pozwoliłyby ocenić także potencjalną szybkość w dostarczaniu danych (ograniczoną inercją obwodów wejściowych) i oszacować dynamikę całego systemu tomografu, który tworzą sprzęt i oprogramowanie. Także wnioski końcowe mogłyby zawierać dane końcowe: tomograf może monitorować procesy produkcyjne o takiej to szybkości ruchu. Praca jest zdecydowanie lokowana w informatyce i być może oczekiwania recenzenta były obok standardów obowiązujących w informatyce, dlatego te uwagi nie są krytyczne, są tylko dyskusyjne.

W dalszych studiach i pracach doświadczalnych na temat tomografii pojemnościowej ciekawe byłoby ustalenie relacji między rozdzielczością pomiaru a szybkością obrazowania. Podobne relacje między rozdzielczością a częstotliwością przetwarzania analogowo-cyfrowego są określane jako parametry techniczne przetworników A/C.

Autor pokusił się o przedstawienie i skomentowanie bardzo ogólnego algorytmu rozwiązywania problemu naukowego (str. 32), ale nie korzystając z teorii poznania (filozofia), zrobił to zdawkowo.

Praca jest starannie zredagowana, kolorowe rysunki podnoszą komfort studiowania rozprawy. Recenzent zauważył tylko kilkanaście drobnych nieścisłych lub niezręcznych sformułowań lub neologizmów. Podam 5 takich przykładów: (1) GPU występuje na str. 3 jako *Graphics Processing Unit*, a na str. 11 jako *Graphical Processing Unit*; (2) operacje charakteryzuje fakt... – str. 16; (3) algorytm, który można zrównoleglić... - str. 19, 22; (4) wyliczenie problemu... str. 16 ; (5) używanie w całej rozprawie słów „liczba” oraz „ilość” jak synonimów, co jest niesłuszne.

### **Ocena rozprawy i wniosek końcowy**

Recenzowana rozprawa jest oryginalną pracą naukową w dziedzinie nauk technicznych. Opisano podjęty problem naukowy, jego rozwiązanie i wreszcie dokonano weryfikacji doświadczalnej oprogramowania korzystając z rzeczywistych danych pozyskanych z elektrycznego tomografu pojemnościowego w laboratorium IIS. Pan mgr Majchrowicz wykazał się znajomością warsztatu badawczego zarówno w projektowaniu algorytmów, tworzeniu oprogramowania, jak i badaniu tego oprogramowania. Korzystał przy tym ze swojego dobrego rozeznania obszaru badań: teorii efektywności obliczeń i przetwarzania danych w tomografii pojemnościowej, co jest Jego zaletą. Zamieszczone w rozprawie wyniki były prezentowane w czasopismach naukowych i na wielu konferencjach naukowych krajowych i zagranicznych. Imponująca liczba publikacji Doktoranta (razem 21 w okresie 2010 - 2014) świadczy o Jego bardzo dużej aktywności. Wszystkie publikacje to prace zbiorowe, co jest jednak zrozumiałe przy opisywaniu badań o szerokim zakresie, prowadzonych przez zespół. Wśród tych publikacji recenzent dostrzega także 2 artykuły w prestiżowym *Image Processing and Communications*, artykuł w *Przeglądzie Elektrotechnicznym* oraz rozdział w książce *Intelligent Systems and Computing* vol 242 wyd. Springer. Doktorant osiągnął postawiony cel – udowodnił możliwość znaczącego przyspieszenia obliczeń w tomografii, co nie tylko poprawia parametry przyrządu, ale niekiedy w ogóle pozwala na jego wykorzystywanie. Ocena wartości rozprawy jest zdecydowanie pozytywna.

Zdaniem recenzenta otrzymane wyniki badań będą przydatne nie tylko tomografii pojemnościowej, co więcej, nie tylko przy przetwarzaniu danych „graficznych”, ale także w wielu innych obszarach techniki, gdzie wykonuje się obliczenia „on line” na danych o dużej objętości.

Po lekturze rozprawy i przy uwzględnieniu wyżej podanych faktów stwierdzam z przekonaniem, że rozprawa doktorska Pana mgra Michała Majchrowicza „Algorytmy przetwarzania danych w rozproszonych środowiskach heterogenicznych dla potrzeb tomografii” spełnia wymagania „Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym” i dlatego **wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

