

Gliwice 3 sierpnia 2011 r.

Prof. dr hab. inż. Andrzej Polański
Instytut Informatyki
Politechniki Śląskiej



Recenzja rozprawy doktorskiej

Tytuł rozprawy: Reprezentacja dyskretnych procesów obliczeniowych w wybranych modelach obliczeń analogowych

Autor rozprawy: Mgr Monika Piekarz

Promotor rozprawy: Dr hab. Przemysław Stpiczyński

1. Charakterystyka rozprawy, cel i zakres

Recenzowana rozprawa doktorska liczy 146 stron, składa się ze wstępu, czterech rozdziałów, z których pierwszy pełni funkcję wprowadzenia, podsumowania oraz spisu literatury obejmującego 77 pozycji. W pracy przedstawiono dość obszerny przegląd wyników dotyczących definicji, teorii matematycznych, oraz badania teoretycznych możliwości obliczeniowych układów nazywanych często w literaturze analogowymi systemami liczącymi, obejmujące własne wyniki autorki rozprawy. Obszar wiedzy związany z badaniem analogowych systemów liczących w ostatnich latach bardzo się rozwija. Interesujące jest, że impulsy do jego rozwoju pochodzą z dwóch kierunków. Z jednej strony współczesna inżynieria pozwala na nowe efektywne konstrukcje układów, o zasadach działania alternatywnych do cyfrowych układów elektronicznych, kryjących w sobie różne możliwości obliczeniowe. Z drugiej zaś strony, w matematyce stosowanej rozwinął się nurt badań nad modelami matematycznymi obliczeń analogowych i ich porównywaniem z teorią obliczalności.

Tematyka rozprawy, w największej części należy do ostatniego z wymienionych nurtów prac badawczych. Zakres rozprawy leży na granicy pomiędzy matematyką stosowaną a informatyką.

Cel pracy określony jest jako „... integracja różnych typów obliczeń: konwencjonalnych (dyskretnych) i niekonwencjonalnych (analogowych).” Słowo integracja sugeruje tworzenie systemów lub modeli, które zawierają w sobie zarówno elementy obliczeń dyskretnych jak i ciągłych. Takie modele nie były w pracy budowane. Dlatego, w opinii recenzenta cel, który został rzeczywiście zrealizowany powinien być raczej nazwany nieco inaczej, jako badanie zależności pomiędzy analogowymi systemami liczącymi a (klasyczną) teorią obliczalności, lub może bardziej precyzyjnie jako badanie możliwości analogowych systemów liczących. Takie sformułowania znajdują się też zresztą we wstępie rozprawy.

1.1. Teza rozprawy

Teza pracy sformułowana na stronie 4 dotyczy równoważności klasycznego problemu stopu z zagadnieniem rozstrzygnięcia pustości zbioru w modelu EAC (Extended Analog Computer). Teza pracy została udowodniona jako ostatni wynik rozdziału 4.

2. Zawartość rozprawy

We wstępie do rozprawy przedstawiono cel rozprawy, tezę, a także omówiono zawartość całej rozprawy.

Rozdział pierwszy stanowi wprowadzenie w tematykę badania obliczalności. Zawiera podpunkt przedstawiający historię obliczeń analogowych, w którym autorka omawia różne konstrukcje techniczne nazywane aparatami matematycznymi, analizatorami, maszynami analogowymi, czy komputerami analogowymi. W kolejnym podpunkcie nazwanym „Obecne badania” autorka wymienia szereg wyników publikowanych współcześnie związanych z obliczeniami analogowymi i ich modelami. W ostatnim podpunkcie pierwszego rozdziału autorka wymienia szereg faktów, które stanowią motywację do badań nad teorią obliczeń analogowych.

Rozdział drugi zawiera podstawowe pojęcia i wyniki z zakresu obliczalności dyskretnej i analogowej. Na wstępie przedstawione są modele nazywane klasycznymi modelami obliczeń, funkcje rekurencyjne, maszyna Turinga, analogowe systemy obliczeniowe GPAC (General Purpose Analog Computer), EAC (Extended Analog Computer) oraz rzeczywiste funkcje rekurencyjne (funkcje R-rekurencyjne). Najwięcej uwagi autorka poświęca systemom EAC, jeden z podpunktów 2.3.3 poświęcony jest omówieniu prac związanych z praktyczną realizacją modelu EAC.

Rozdział trzeci zawiera wyniki z zakresu analizy obliczeniowej dotyczące porównań maszyny Turinga oraz systemów rekurencyjnych funkcji rzeczywistych. Na wstępie przedstawione są możliwości zastosowania maszyny Turinga do obliczania liczb rzeczywistych, zbiorów liczb rzeczywistych, wartości funkcji rzeczywistych. W kolejnych częściach rozdziału trzeciego rozważane jest zagadnienie odwrotne, możliwość symulacji działania maszyny Turinga z wykorzystaniem systemów rekurencyjnych funkcji rzeczywistych. Autorka obok wyników literaturowych przedstawia tu twierdzenia udowodnione we własnych pracach. Twierdzenia te dotyczą konstrukcji systemów rzeczywistych funkcji rekurencyjnych do symulacji działania deterministycznej i niedeterministycznej maszyny Turinga.

Ostatni rozdział, czwarty, poświęcony jest w dużej części modelowi EAC oraz jego związkom z innymi modelami obliczeń. W rozdziale tym autorka na wstępie pokazuje, bazując na wynikach literaturowych, a także na swoich własnych pracach, że systemy EAC pozwalają na symulację działania maszyny Turinga, w tym sensie, że mogą generować wyniki obliczeń maszyny Turinga z dowolną dokładnością. Następnie przechodzi do zagadnień generowania zbiorów rekurencyjnych w systemach EAC. Jako ostatni wynik rozprawy dowodzony jest związek pomiędzy problemem rozstrzygnięcia pustości zbioru w systemie EAC, a klasycznym problemem stopu.

3. Ocena rozprawy

Praca ma logiczną i uporządkowaną strukturę. Wyniki przedstawione przez autorkę są ze sobą powiązane tworzą pewną teorię opisującą możliwości obliczeniowe analogowych systemów obliczeniowych. Autorka opanowała warsztat pojęciowy i techniki prowadzenia obliczeń i dowodów matematycznych związane z problemami obliczalności w systemach analogowych, a także wzbogaciła ten warsztat i techniki własnymi pomysłami i metodami.

Oceniana praca jest bez wątpienia dziełem oryginalnym. Zawiera, obok wyników literaturowych szereg wyników własnych autorki, w tym twierdzeń udowodnionych przez autorkę, opublikowanych w międzynarodowych, recenzowanych czasopismach naukowych. Są to prace 57-61 w wykazie literatury rozprawy. Należy podkreślić, że są to publikacje samodzielne.

Wartościowym elementem rozprawy jest szeroki przegląd wyników dotyczących modeli obliczeń analogowych, w tym także historii rozwoju maszyn analogowych.

Najważniejsze oryginalne osiągnięcia autorki są przedstawione w rozdziałach trzecim i czwartym. Obejmują konstrukcje funkcji przesuwnych, konstrukcje automatów skończonych (FSA) dla dowodów twierdzeń o obliczalności, a także konstrukcje rekurencji zbiorów i funkcji dla dowodów twierdzeń o związkach pomiędzy systemami rekurencji funkcji rzeczywistych a EAC.

3.1. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Teoria obliczeń analogowych leży na styku pomiędzy matematyką stosowaną a inżynierią. Oznacza to, że z jednej strony wyniki matematyczne dotyczące możliwości obliczeniowych analogowych systemów liczących mogą być wykorzystywane w rzeczywistych konstrukcjach analogowych systemów liczących. Z drugiej zaś strony rzeczywiste konstrukcje inżynierskie analogowych systemów liczących mogą być źródłami zarówno problemów badawczych jak też modeli matematycznych.

W rozprawie, zagadnieniom rzeczywistych konstrukcji analogowych systemów liczących poświęcono podpunkt 2.3.3 rozdziału drugiego. W podpunkcie tym autorka referuje częściowo artykuł [43], w którym opisano rzeczywistą konstrukcję komputera analogowego (analogowo – cyfrowego) posiadającego część z możliwości obliczeniowych systemu EAC. Mimo, że wstępny paragraf tego podpunktu ujmuje istotę konstrukcji inżynierskiej z pracy [43], to czytając podpunkt 2.3.3 czuje się jednak niedosyt. Z jednej strony nasuwają się pytania o związek konstrukcji komputera EAC z badanym problemem, na przykład jaka powinna być konfiguracja komputera EAC aby otrzymać rozwiązanie układu równań cząstkowych (2.3)? W komputerze EAC z pracy [43] zachodzi pewien (analogowy) proces przewodzenia ładunku elektrycznego. Jaki jest model matematyczny tego procesu? Byłoby bardzo interesujące przedstawienie bardziej szczegółowych informacji o tym jak konkretnie ten proces może być wykorzystany do zadań obliczeniowych. Z drugiej strony nasuwają się pytania o związki komputera EAC z pozostałymi problemami obliczalności badanymi w rozprawie. Na przykład, jak skonfigurować komputer EAC aby symulował działanie jakiejś maszyny Turinga?

Nasuwa się także jeszcze jedno pytanie związane z rzeczywistymi konstrukcjami analogowych systemów liczących. Komputer EAC z pracy [43] nie jest jedyną taką konstrukcją. Istnieją inne, dość szeroko znane, np. komputery kwantowe, komputery DNA. Jak ich konstrukcje i zasady działania mają się do modeli obliczeń analogowych rozważanych w pracy?

Praca ma pewne usterki o charakterze niejasnych, niezgrabnych lub żargonowych sformułowań, lub błędów typograficznych. Kilka przykładów zauważonych przez recenzenta przedstawionych jest poniżej.

Str. 4 – jest: „... celem było badanie następujących związków ...”
Powinno być: „...było badanie związków ...”

Str. 34 – Z tekstu nie można się zorientować czy twierdzenie 2.4 jest prawdziwe czy nie.

Str. 34 – Dwa terminy „różniczkowalna algebraicznie” i „algebraicznie różniczkowalna” dla oznaczenia tego samego.

Str. 34 – Czy „alternatywna definicja” oznacza równoważną definicję?

Str. 48 – jest „nie koniecznie”
Powinno być – „niekoniecznie”.

Str. 35 – „Model zaproponowany przez Pour_El jest tylko pozornie inny niż model Shannona”. Nie wiadomo co to znaczy, że model jest pozornie inny. Jeśli jest to obserwacja autorki, to powinna być rozbudowana i uzasadniona. Jeśli pochodzi z literatury, to powinno się napisać z jakiej.

Str. 78. – „ Z pracy wynika, że wszystkie rzeczywiste liczby algebraiczne są obliczalne oraz niektóre liczby rzeczywiste przestępne.” - błąd gramatyczny.

Str. 54. – „ ... punkty wynikowe ... są stale mierzone” – żargonowe stwierdzenie, mierzone są napięcia i prądy.

Str. 53-56 – Na rysunku 2.7 opisano, że pochodzi z pracy [43]. Taki sam opis powinien być na rysunkach 2.8, 2.9 i 2.10.

4. Podsumowanie

Przedstawione powyżej uwagi krytyczne mają charakter bądź dyskusyjny, bądź marginesowy i w żadnym stopniu nie umniejszają pozytywnej oceny pracy. Biorąc pod uwagę wszystkie przedstawione powyżej elementy oceny rozprawy stwierdzam, że spełnia ona wymogi odpowiedniej ustawy i wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.