

Autor rozprawy doktorskiej: mgr inż. Monika Piekarz

Tytuł rozprawy doktorskiej w języku polskim:

Reprezentacja dyskretnych procesów obliczeniowych w wybranych modelach obliczeń analogowych

Tytuł rozprawy doktorskiej w języku angielskim:

Some representations of discrete computational processes in selected analog computational model

Promotor rozprawy doktorskiej: dr hab. Przemysław Stpicznyński

Jednostka prowadząca przewód doktorski:

Politechnika Śląska, Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki

Słowa kluczowe:

komputer analogowy, obliczenia analogowe, komputer cyfrowy, funkcje rekurencyjne, maszyna Turinga, Extended Analog Computer

Streszczenie rozprawy doktorskiej w języku polskim:

Rozprawa doktorska została poświęcona zagadnieniu obliczeń analogowych, które zajmuje coraz więcej miejsca w obecnych badaniach naukowych. Są dwie główne przyczyny tego faktu. Po pierwsze praktyczne zastosowania obliczeń analogowych, głównie ze względu na czas ich trwania. Analogowe rozwiązania niektórych trudnych (z punktu widzenia klasycznej obliczalności) problemów posiadają bardzo dobry czas obliczeń w wersji analogowej, praca Millsa z 2008 roku. Obliczenia tego rodzaju również znajdują zastosowanie z powodu łatwości analogowych rozwiązań niektórych problemów o skomplikowanych algorytmach dyskretnych jak np.: NP-zupełny problem cyklu Hamiltona czy militarny problem rozpoznawania obiektów latających (prace Mills 2008, Brockett 1994, 1996). Kolejny powód zainteresowania obliczeniami analogowymi wynika z obecnych we współczesnych badaniach poszukiwań nowych technik obliczeniowych (sieci neuronowe, komputery kwantowe, różnego typu urządzenia hybrydowe).

W pracy podana została formalna, wyrażona w matematycznych terminach, definicja modelu Extended Analog Computer prezentowanego po raz pierwszy przez Rubla. Sformalizowanie definicji daje możliwość prowadzenia badań modelu EAC na gruncie matematycznym. Kolejny wynik to rekurencyjne funkcje rzeczywiste generujące kolejne kroki obliczeń maszyny Turinga, pozwalające na przeniesienie rozważań dotyczących maszyn Turinga, w szczególności problemów nierozstrzygalnych dla maszyn Turinga, na pole rekurencyjnych funkcji rzeczywistych. Następnie rozszerzone zostały wyniki pracy Koirana, Moore'a z przypadku deterministycznej maszyny Turinga na przypadek niedeterministycznej maszyny Turinga. Wynik ten dotyczy symulacji niedeterministycznej maszyny Turinga za pomocą funkcji analitycznej zmiennej rzeczywistej. Biorąc pod uwagę, iż większość fizycznych systemów dynamicznych jest analityczna, wynik ten daje nam możliwość znalezienia urządzenia, bazującego na pewnym fizycznym systemie, zdolnego do takiej symulacji. Zaprezentowany został

również wynik porównujący możliwości obliczeniowe maszyny Turinga i modelu EAC. Dzięki przeprowadzonej symulacji mogliśmy się przekonać, że odpowiedź na pytanie postawione przez Rubla, dotyczące kwestii zdolności EACa do generowania wyników dowolnej maszyny Turinga, jest twierdząca. Ostatni zaprezentowany w tej pracy wynik dotyczy analogicznego zagadnienia co poprzedni, z tym że teraz porównane zostały ze sobą funkcje rekurencyjne zdefiniowane na liczbach naturalnych i EAC. Dokładniej przedstawiamy wyniki pokazujące, iż EAC zdolny jest do generowania zbiorów rekurencyjnie przeliczalnych, jak również do generowania wyniku dowolnej funkcji rekurencyjnej w zadanym punkcie. Dodatkowo wyniki te prowadzą do ważnego wniosku, że klasyczny problem stopu możemy sprowadzić do zagadnienia pustości zbioru dla EACa. Wniosek ten pokazuje nam nową drogę próby pozytywnego rozwiązania problemu stopu dla funkcji częściowo rekurencyjnych.

Streszczenie rozprawy doktorskiej w języku angielskim:

This doctoral dissertation is devoted to the problem of analog computation (which is given much attention in current research. It is caused by two main factors. First of all there are practical applications of analog computation, mainly due to its performing time. Analog Solutions of some difficult (from classical computation point of view) problems have great performing time in analog version, paper of Mills from 2008. This kind of computation finds application for easy analog solution of some problems with complicated digital algorithms like NP-complete problem of Hamilton cycle or military problem of recognizing flying objects (paper of Mills 2008, Brockett 1994, 1996). Second reason for interest in analog computation flows from current contemporary research exploring new technics of computation (neural network, quantum Computer, hybrid devices various kind).

The dissertation gives a formal, mathematical definition of Extended Analog Computer which has been presented for the first time by Rubel. The formal definition gives us possibility of performing research of EAC in the field of mathematics. Other findings show that real recursive functions are able to generate successive steps Turing machine computation and are able to shift the research on Turing machine, in particular some undecidable for Turing machine, to real recursive functions field. What is more Koiran and Moore's result for deterministic Turing machine into case of nondeterministic Turing machine is extended. This result concerns simulation of nondeterministic Turing machine by analytic function on real domain. Taking into consideration that most dynamical physical systems are analytical, this result gives us a possibility to find devices based upon some dynamical system capable of doing such simulation. A comparative result concerning computational capabilities of Turing machine and EAC has also been presented. Thanks to the simulation carried out, we can infer that the answer for Rubels' question concerning the capability of EAC to generate results of Turing machine computation is a positive one. The last result presented in this dissertation regards the analog problem but this time recursive functions defined on natural number and EAC has been compared. Strictly speaking, we have presented results which show that EAC is capable of generating recursive numerate sets and value of any recursive function in given point. Furthermore, these results lead to an important corollary that we can reduce the classical stop problem to the problem of set emptiness for EAC. This corollary shows us a new way to a positive stop problem solution for partial recursive function.