

Prof. dr hab. inż. Jerzy KLAMKA

Członek rzeczywisty PAN

Instytut Automatyki

Politechnika Śląska

ul. Akademicka 16

44-100 Gliwice

jerzy.klamka@polsl.pl

Gliwice.09.02.2017

**Recenzja rozprawy doktorskiej
Pani mgr inż. Anny Karoliny FUKSY**

pt. "Zastosowanie sztucznej inteligencji w optymalizacji niezawodnościowej systemów"

Niniejsza recenzja dotyczy pracy doktorskiej Pani mgr inż. Anny Karoliny Fuksy pt. "Zastosowanie sztucznej inteligencji w optymalizacji niezawodnościowej systemów", której Promotorem jest Pan Prof. dr hab. inż. Bogusław Filipowicz. Recenzję opracowano na zlecenie Pana Dziekana Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, Pana Dr hab. inż. Ryszarda Sroki, działającego na podstawie uchwały Rady Wydziału o powołaniu Recenzentów z dnia 26 stycznia 2017 roku.

Badania dotyczące niezawodności złożonych systemów prowadzone są od wielu lat. Istnieje bardzo bogata literatura z tego zakresu obejmująca szeroka klasę systemów oraz różnorodne zagadnienia niezawodnościowe. Tym niemniej, istnieje wiele zagadnień z tego zakresu do tej pory nie w pełni rozwiązanych. Dotyczy to szczególnie szeroko rozumianej problematyki optymalizacji niezawodnościowej w tym algorytmów optymalizacji stochastycznej.

Zasadniczym celem badawczym opiniowanej rozprawy doktorskiej jest opracowanie efektywnych numerycznych algorytmów optymalizacji niezawodnościowej w odniesieniu do złożonych systemów. Rozważania teoretyczne ilustrowane są licznymi przykładami numerycznymi. Tak sformułowaną tematykę rozprawy doktorskiej uważam za aktualną, interesującą, oraz dającą możliwość uzyskania oryginalnych rezultatów zarówno teoretycznych jak i aplikacyjnych.

Opiniowana rozprawa doktorska ma 130 stron i składa się z wprowadzenia, 6 zasadniczych rozdziałów, podsumowania, spisu oznaczeń oraz wykazu 80 cytowanych prac zawierającego wiele najnowszych pozycji literaturowych, opublikowanych w ciągu ostatnich kilku lat.

Wprowadzenie zawiera cel pracy, zasadniczą tezę rozprawy oraz uzasadnienie podjętej tematyki badawczej na tle rezultatów znanych w literaturze specjalistycznej z zakresu optymalizacji układów oraz podstaw sztucznej inteligencji.

Rozdział 2 obejmuje problematykę porównania struktury oraz efektywności heurystycznych stochastycznych algorytmów optymalizacji niezawodnościowej. Wskazano na podstawowe różnice w algorytmach oraz podano uwarunkowania dotyczące funkcji celu oraz przestrzeni dopuszczalnych rozwiązań wymagane do stosowania odpowiednich algorytmów.

Rozdział 3 poświęcony jest w całości problematyce porównania efektywności trzech algorytmów optymalizacyjnych, a mianowicie: CS (Cuckoo Search), MCS (Modified Cuckoo Search) oraz COA (Cuckoo Optimization Algorithm). Efektywność algorytmów porównano pod względem dokładności obliczeń. Przeprowadzono szereg eksperymentów w celu weryfikacji skuteczności proponowanych algorytmów. W eksperymentach wykorzystano 10 funkcji testowych o różnych wymiarach. Porównania dokonano na podstawie badania odległości euklidesowej od znanego globalnego minimum.

Obszerny 4 rozdział pracy zawiera propozycje zastosowania binarnego diagramu decyzyjnego (BDD) w analizie niezawodnościowej, która określa przewidywalną zdolność do realizacji zadań w określonych warunkach oraz zadaniem przedziale czasowym. Modelem matematycznym opisującym niezawodność jest ciągła nieujemna zmienna losowa zwana trwałością obiektu. Natomiast miarą niezawodności w zadanym przedziale czasowym jest odpowiednio zdefiniowane prawdopodobieństwo zwane niezawodnością. W przypadku złożonego obiektu technicznego jego strukturę przedstawia się zwykle w postaci schematu blokowego lub funkcji logicznej wielu zmiennych. Do wyznaczania niezawodności systemu wykorzystuje binarne diagramy decyzyjne będące acyklicznymi grafami skierowanymi. Rozpatrywane funkcje logiczne mogą być przedstawione w różnych postaciach znanych w teorii automatów kombinacyjnych. W dalszej części rozdziału podano efektywną metodę konstrukcji tak zwanej funkcji dwuterminalnej, dla której określa się prawdopodobieństwo połączenia połączenia węzłów grafu co najmniej jedną ścieżką utworzoną z krawędzi grafu. Następnie proponuje się algorytm rekurencyjnej procedury dekompozycji grafu prowadzący w efekcie do binarnego diagramu decyzyjnego i wyznaczenia niezawodności złożonego systemu. Rozwinięciem teorii funkcji dwuterminalnej jest konstrukcja funkcji k-terminalnej oraz zaproponowanie odpowiedniego algorytmu redukującego problem wyznaczania niezawodności do przypadku funkcji dwuterminalnej.

Rozdział 5 przedstawia wyniki testów obrazujących skuteczność opracowanych algorytmów wyznaczania niezawodności. W rozdziale wykorzystano modele złożonych układów analizowanych w specjalistycznej literaturze. Analizowano średnią wartość niezawodności oraz wrażliwość systemu obliczaną jako różnica pomiędzy wyznaczoną wartością niezawodności systemu a średnią wartością niezawodności systemu. W zakończeniu rozdziału przedstawiono w tabelach wyniki przeprowadzonych testów niezawodnościowych.

W rozdziale 6 zamieszczono wyniki analizy niezawodnościowej zarówno w wersji dwuterminalnej jak i k-terminalnej w odniesieniu do modeli złożonych systemów krajowego systemu elektroenergetycznego. Dane do analizy niezawodnościowej uzyskano na podstawie dokumentów udostępnionych przez Polskie Sieci Elektroenergetyczne.

Rozdział 7 dotyczy zagadnień optymalizacji niezawodnościowej złożonych systemów w oparciu o zaproponowaną funkcję celu. Zasadniczym celem optymalizacji niezawodnościowej jest maksymalizacja całkowitej niezawodności systemu złożonego. Przedstawiono także problem optymalizacji niezawodnościowej z uwzględnieniem redundancji, który sprowadza się do maksymalizacji nieliniowej funkcji celu nieliniowych przy ograniczeniach nierównościowych. Celem optymalizacji niezawodnościowej jest wyznaczenie liczby redundantnych komponentów systemu oraz ich niezawodności a następnie maksymalizacja niezawodności całego systemu złożonego. Wyniki optymalizacji niezawodnościowej zamieszczono w tabelach.

W zakończeniu pracy przedstawiono w skrócie zasadnicze rezultaty merytoryczne rozprawy oraz proponowane kierunki dalszych badań.

Zasadniczymi rezultatami rozprawy doktorskiej są:

- opracowanie efektywnego, numerycznego stochastycznego algorytmu optymalizacji niezawodnościowej,
- wyznaczenie na podstawie obliczeń numerycznych średniej niezawodności złożonego systemu oraz jego wrażliwości,
- opracowanie strategii optymalizacji niezawodnościowej złożonych systemów technicznych,
- przedstawienie struktury algorytmów optymalizacji stochastycznej wraz z wynikami eksperymentów numerycznych,
- zaproponowanie rozwiązania problemu optymalnej alokacji redundancji systemu złożonego dla przypadku dwuterminalnego oraz ogólnie k-terminalnego,
- opracowanie modelu matematycznego sieci elektroenergetycznej celem analizy jej niezawodności.

Opiniowana praca doktorska ma charakter zarówno teoretyczny z zakresu teorii niezawodności systemów jak i aplikacyjny reprezentowany przykładami realnych systemów. Sformułowane przez Autorkę we wprowadzeniu zasadnicze cele rozprawy doktorskiej zostały osiągnięte, a przedstawiona na wstępie teza rozprawy dotycząca możliwości zastosowania metod optymalizacji stochastycznej do analizy niezawodności systemów złożonych w pełni dowiedziona i potwierdzona przykładami numerycznymi.

Rozważania przedstawione w podrozdziale 4.3 dotyczącym binarnych diagramów decyzyjnych (BDD) mają charakter głównie teoretyczny a ich praktyczne znaczenie powinno być udokumentowane przykładami funkcji logicznych wielu zmiennych.

Mankamentem pracy jest fakt, że Autorka nie ma w swoim dorobku publikacji konferencyjnej lub artykułu w czasopiśmie naukowym.

Autorka recenzowanej pracy wykazała się bardzo dobrą znajomością zagadnień niezawodnościowych systemów złożonych. Zasadnicze rezultaty teoretyczne rozprawy są ilustrowane dobrze dobranymi przykładami numerycznymi mającymi swoje odniesienia w realnych procesach technicznych.

Struktura wewnętrzna pracy, stosowana terminologia i oznaczenia, kolejność poszczególnych rozdziałów oraz podrozdziałów są właściwe. Pod względem redakcyjnym praca doktorska napisana jest starannie z nielicznymi błędami literowymi.

Podsumowując uważam, że recenzowana rozprawa doktorska spełnia wymagania odnośnej Ustawy Sejmowej i wnioskuję o dopuszczenie Pani mgr inż. Anny Karoliny Fuksy do publicznej obrony rozprawy doktorskiej przed Komisją Doktorską Rady Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Jerzy Klamka

