

## RECENZJA

### **rozprawy doktorskiej mgr inż. Rafała Marjasza pt. „Modele kolejkowe z mechanizmem zawieszenia obsługi typu *multiple vacation* – analiza z wykorzystaniem SD”**

Niniejsza recenzja została opracowana na zlecenie Rady Dyscypliny Informatyki Technicznej i Telekomunikacji Politechniki Śląskiej.  
Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Wojciech Kempa, prof. PŚ

#### **1. Opinia o tematyce i zakresie rozprawy**

Problematyka rozprawy doktorskiej mgr inż. Rafała Marjasza dotyczy aktualnej i eksplorowanej dziedziny modelowania systemów komputerowych z wykorzystaniem modeli kolejkowych. W ramach modeli kolejkowych rozważany był problem mechanizmu zawieszenia obsługi typu „multiple vacation”.

Teoria kolejek, będąca rdzeniem tej rozprawy, ma fundamentalne znaczenie dla szeroko pojętej branży informatycznej, wpływając bezpośrednio na efektywność i optymalizację procesów przetwarzania danych w systemach teleinformatycznych. Autor zauważa, iż zjawiska opisane w ramach teorii kolejek, takie jak akumulacja zgłoszeń czy opóźnienia związane z przetwarzaniem danych, mają szczególne znaczenie w kontekście rosnącego znaczenia inteligentnych urządzeń oraz sieci Internet of Things (IoT).

W pracy rozważane były modele z poissonowskim strumieniem wejściowym i skończonym rozmiarem bufora kolejki. Jest to spójne z obecnymi trendami badawczymi, w ramach których modeluje się i analizuje zjawiska zachodzące w urządzeniach sieciowych.

Co więcej, uwzględnienie w badaniach aspektów takich jak oszczędność energii i możliwości adaptacyjne systemów w kontekście różnych okoliczności operacyjnych, demonstruje zrozumienie przez autora wyzwań stojących przed nowoczesnymi systemami teleinformatycznymi. Ważnym aspektem jest również prowadzenie badań z wykorzystaniem analizy tranzytywnej, która pozwala na bardziej szczegółowe zrozumienie dynamiki systemów kolejkowych w różnych warunkach operacyjnych, co jest często niezbędne do poprawnego zamodelowania i zrozumienia realnych systemów.

Praca doktorska: „Modele kolejkowe z mechanizmem zawieszenia obsługi typu *multiple vacation* – analiza z wykorzystaniem SD” dotyczy aktualnej problematyki modelowania systemów komputerowych. Szerokie spektrum problemów, które pojawiły się w trakcie realizacji pracy, jak również aktualność tematyki oraz jej duża ważność praktyczna gwarantują, że zainicjowane w pracy badania mogą być kontynuowane w przyszłości.

## 2. Cel i teza rozprawy

Cel i teza rozprawy przedstawione zostały na stronie szesnastej dysertacji. Doktorant z dużą precyzją sformułował cel pracy, skoncentrowany na stochastycznej analizie modeli kolejkowych, szczególnie w odniesieniu do stanów nieustalonych. W ramach celów szczegółowych Doktorant zaplanował przeprowadzenie analizy ruchu sieciowego, uwzględniając mechanizm zawieszenia obsługi i ograniczenia bufora urządzenia. Zamierzał też zbadać cztery kluczowe charakterystyki modeli niestacjonarnych, wykorzystując do tego transformaty Laplace'a. Prace obejmowały także badanie systemu dla różnych strumieni wejściowych z uwzględnieniem zarówno pojedynczego jak i grupowego napływu pakietów, a także numeryczną analizę funkcjonowania modeli. Zaplanowane zostało również zastosowanie Dynamiki Systemowej oraz metody Powella w celu optymalizacji długości okresów przestoju w analizowanym mechanizmie zawieszenia obsługi.

W ramach tezy założone zostało, że opracowany model będzie w stanie nie tylko odwzorować dynamiczne właściwości systemów kolejkowych, ale także pomoże w doborze optymalnej długości okresów przestoju, co jest kluczowym aspektem zapewnienia efektywności energetycznej i zasobowej w takich systemach.

Cel i teza rozprawy są dobrze sformułowane, z naciskiem na głęboką analizę teoretyczną wspartą nowoczesnymi narzędziami i metodami. Doktorant jednoznacznie sprecyzował zagadnienia, jakie postanowił rozwiązać. Są to zagadnienia naukowe o randze odpowiadającej rozprawom doktorskim. Teza pracy została udowodniona w logicznym ciągu pracy.

## 3. Charakterystyka treści rozprawy

Praca podzielona została na wstęp oraz sześć rozdziałów.

We wstępie przedstawione zostały informacje podstawowe dotyczące zagadnień opisywanych w dysertacji oraz sformułowany został cel i teza pracy wraz ze skrótowym omówieniem zawartości rozprawy.

W rozdziale pierwszym opisano wstępne informacje na temat systemów kolejkowych, a także zastosowane oznaczenia oraz definicje i tezy wprowadzone dla celów pracy.

W rozdziale drugim autor zaprezentował analizę charakterystyk kolejkowania modelu  $M/G/1/N$  z dyscypliną zawieszenia obsługi. Rozpoczęto od rozpatrzenia rozkładu prawdopodobieństwa długości kolejki w ustalonym momencie czasu, w stanie niestacjonarnym systemu. Przedstawiono metodologię, która umożliwiła uzyskanie ogólnych wyników w zwartej postaci, zarówno dla prostego, jak i złożonego procesu Poissona. Następnie zastosowano algorytm odwracania transformaty Laplace'a, co zilustrowano obliczeniami numerycznymi i przedstawiono na wykresach. W końcowej części rozdziału omówiono otrzymane charakterystyki długości kolejki, zwracając uwagę na ich zależność od wybranych parametrów początkowych.

W trzecim rozdziale dokładnie przeanalizowano charakterystykę kolejkowania modelu, związaną z rozkładem prawdopodobieństwa czasu od momentu uruchomienia systemu do pierwszego przepelnienia bufora. Rozpoczęto od wyprowadzenia wzorów w zwartej formie, zarówno dla prostego, jak i złożonego procesu Poissona. W dalszej części rozdziału przeprowadzono analizę numeryczną oraz statystyczną, przedstawiając wyniki na wykresach.

W czwartym rozdziale autor podjął się analizy kolejnej charakterystyki modelu z dyscypliną zawieszenia obsługi. Skoncentrowano się na opóźnieniach spowodowanych kolejkowaniem. Metodologia przedstawiona w rozdziale umożliwia uzyskanie ogólnych wyników, prezentowanych w formie twierdzeń, dla prostego i złożonego procesu Poissona. Analiza wymagała zastosowania złożonego algorytmu do odwracania podwójnej transformaty Laplace'a. Wyniki analiz numerycznych przedstawiono na wykresach, uwzględniając wpływ różnych parametrów początkowych eksperymentu na średnie opóźnienie kolejkowania. Rozdział kończy się kompleksową dyskusją na temat uzyskanych wyników.

W piątym rozdziale analizowana była charakterystyka modelu kolejkowego dotycząca liczby zgłoszeń obsłużonych od początku działania systemu do określonego momentu. Wykorzystując wprowadzone twierdzenia, opracowano transformaty, które umożliwiły obliczanie wartości średnich w zależności od liczby zgłoszeń zgromadzonych pierwotnie w buforze. Dodatkowo w rozdziale znalazło się porównanie wyników obliczeń numerycznych, oraz zestawienie tych danych ze statystykami uzyskanymi podczas symulacji.

W rozdziale szóstym przedstawiono wykorzystanie Dynamiki Systemowej do symulacji działania systemu  $M^X/D/1/N$  z funkcją zawieszenia obsługi, przy użyciu oprogramowania Vensim. Zaprojektowany model symulacyjny pozwolił na ustalenie optymalnej długości okresów przestoju charakteryzujących rozpatrywany mechanizm zawieszenia obsługi.

Wreszcie, w rozdziale siódmym Doktorant podsumował pracę. Rozprawę uzupełnia obszerny spis literatury przedmiotu, obejmujący 176 pozycji oraz dodatek z kodem zastosowanym w wykorzystywanych narzędziach symulacyjnych i obliczeniowych.

#### 4. Ocena dorobku publikacyjnego

Dorobek publikacyjny Doktoranta liczy 23 publikacje, w tym 21 publikacji jest współautorska. W przypadku 5 publikacji pierwszym autorem jest Doktorant. Siedem publikacji jest wysoko punktowanych (liczba punktów  $\geq 70$ ). W mojej opinii dorobek publikacyjny Doktoranta przewyższa wymagania stawiane przy doktoracie.

#### 5. Ocena poziomu rozprawy

Przedstawiona do oceny rozprawa została napisana w języku polskim i liczy 268 stron. Język rozprawy jest poprawny, szata graficzna staranna. Rysunki i tabele zrobione są starannie, w tekście występują jedynie drobne usterki edycyjne. Układ rozprawy jest poprawny.

W rozprawie Doktorant bardzo precyzyjnie definiował wszystkie kolejno wprowadzane pojęcia i w logiczny i konsekwentny sposób prowadził obliczenia, symulacje i badania.

W mojej ocenie rozprawa jest za długa i część materiału mogłaby zostać przeniesiona do załączników.

W trakcie obrony prosiłbym Doktoranta o określenie możliwości opracowania modeli analitycznych podobnych do tych, które zostały przedstawione w dysertacji w przypadku zastosowania innych niż poissonowskich strumieniem wejściowych.

## 6. Wniosek końcowy

Praca należy do obszaru informatyki stosowanej. Doktorant wykazał, że ma niezbędne kwalifikacje do prowadzenia badań w dyscyplinie, której dotyczy praca oraz rozwiązał zagadnienie naukowe będące tematem rozprawy. Wykazał się szeroką i pogłębioną wiedzą w dyscyplinie informatyki technicznej. Merytoryczny zakres pracy oceniam jako kompletny. Praca zawiera elementy nowości w sensie naukowym, stanowiące udokumentowany dorobek własny Doktoranta. Doktorant opracował modele systemów kolejkowych z dyscypliną zawieszania obsługi typu „multiple vacation” w stanie niestacjonarnym. Poprawność przedstawionych rozważań została zweryfikowana metodami symulacyjnymi.

Stwierdzam, że Doktorant osiągnął cel wskazany w rozprawie i potwierdził tezę rozprawy.

W pracy występują drobne usterki, ale nie mają one wpływu na wartość merytoryczną pracy.

Stwierdzam, że rozprawa pt. „Modele kolejkowe z mechanizmem zawieszania obsługi typu multiple vacation – analiza z wykorzystaniem SD” autorstwa Pana mgr inż. Rafała Marjasza spełnia wszystkie wymagania stawiane pracom doktorskim przez Ustawę o Tytule Naukowym i Stopniach Naukowych oraz o Stopniach i Tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (Dz. U. Nr. 65, poz. 595) oraz Rozporządzenia MNiSW z dnia 19 stycznia 2018 roku. W związku z powyższym stawiam wniosek o przyjęcie przedstawionej pracy, jako rozprawy doktorskiej w dziedzinie nauk technicznych, dyscyplinie Informatyka techniczna i telekomunikacja i dopuszczenie jej Autora Pana mgr inż. Rafała Marjasza do publicznej obrony pracy.

Zgłaszam również wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Rafała Marjasza.

*K. Getmanidi*