

Wrocław, dnia 30 maja 2018 r.

prof. dr hab. inż. Jerzy Świątek
Katedra Informatyki
Wydział Informatyki i Zarządzania
Politechnika Wrocławska

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
DLA RADY WYDZIAŁU INFORMATYKI
ZACHODNIOPOMORSKIEGO UNIWERSYTETU TECHNOLOGICZNEGO
W SZCZECINIE

(Recenzja opracowana na podstawie zlecenia Dziekana Wydziału Informatyki ZUT,
dra hab. inż. Jerzego Pejasia, pismem z dnia 18 kwietnia 2018 r., zgodnie z uchwałą Rady
Wydziału Informatyki ZUT, z dnia 17 kwietnia 2018 r.)

Temat: „Modelowanie Call Center z wykorzystaniem niejednorodnych łańcuchów Markowa
z czasem ciągłym”
„Application of inhomogeneous continuous time Markov chains for call center
modeling”

Autor: mgr inż. Maciej Rafał Burak

Promotor: prof. dr hab. inż. Andrzej Brykalski

1. Cel i zakres pracy.

Elektroniczny kontakt z centrami usługowymi, handlowymi, czy też produkcyjnymi stanowi obecnie wyzwanie związane z zarządzaniem centrum kontaktu z klientem (call center). Dotyczy to również zarządzania kontaktem obywatela z instytucjami publicznymi oraz dostępu do instytucji zapewniających bezpieczeństwo publiczne. W ostatnich latach w literaturze światowej obserwujemy znaczący wzrost zainteresowania zagadnieniami związanymi z zarządzaniem „call center”. Jest to spowodowane z jednej strony rosnącą skalą zagadnienia przekazywania i pozyskiwania informacji, jak również oczekiwaniem wysokiej jakości usługi informacyjnej. Istotnym problemem generującym nowe wyzwania badawcze jest dostarczanie usługi informacyjnej o określonej jakości, przy nieznanym, przypadkowym i zmiennym strumieniem zgłoszeń. Zapewnienie oczekiwanej jakości usługi w zadowalającym czasie

związane jest z zarządzaniem i organizacją „call center” zarówno na poziomie strategicznym jak i operacyjnym. Obecnie istniejące rozwiązania bazują na modelach stochastycznych procesów masowej obsługi. Jednak rozwiązania te często nie dają zadowalającej dokładności przybliżenia modelowanego procesu, albo proponowane algorytmy posiadają wysoką złożoność obliczeniową. Powstaje ważny i aktualny problem opracowania algorytmów wspomagania zarządzania „call center” ze zmiennym strumieniem zgłoszeń. Dodatkowo należy zwrócić uwagę na złożoność obliczeniową algorytmów, a co za tym idzie na czas wyznaczenia optymalnego rozwiązania przy ograniczonej pamięci. W tym obszarze należy ulokować cel rozprawy, który jest następujący cyt.:

„Celem pracy jest opracowanie i implementacja rozwiązania pozwalającego na modelowanie obsługi klienta w „call center” uwzględniającego zmienność modelowanego systemu w czasie, z wydajnością pozwalającą na jego praktyczne zastosowanie do planowania i optymalizacji obsady. W szczególności powinno ono pozwalać na odwzorowanie stanów nieustalonych wynikających ze zmian (natężenie ruchu, czas obsługi, obsada) realistycznego modelu uwzględniającego m.in. ograniczoną pojemność systemu, możliwość jego przeciążenia oraz możliwość rezygnacji klienta z obsługi.”

Powyżej określony cel przekłada się na następujące zadania badawcze i projektowe:

1. Opracowanie modelu symulacyjnego pozwalającego na wydajne badanie rzeczywistych „call cenert” z uwzględnieniem stanów nieustalonych.
2. Opracowanie modyfikacji algorytmu uniformizacji z wykrywaniem niestacjonarności o oczekiwanej wydajności obliczeniowej.
3. Przeprowadzenie badań symulacyjnych mających na celu zbadanie własności algorytmu z uwzględnieniem jego wydajności oraz błędu jakości przybliżenia rzeczywistego procesu, przy zmiennej intensywności procesu żądań obsługi oraz skokowej zmiany obsady, jak również rozmiaru modelowanego systemu.
4. Zbadanie własności algorytmu dla danych rzeczywistych.

W świetle wcześniej przedstawionych uwag mogę stwierdzić, że podjęty temat recenzowanej rozprawy jest ważny i aktualny, a opracowane zadania mają ważny aspekt praktyczny i wnoszą istotny wkład w rozwój informatyki, a w szczególności w obszarze zarządzania centrami obsługi klienta (call center).

2. Przegląd treści pracy

Wyniki pracy Autor przedstawił w rozprawie doktorskiej napisanej w języku angielskim, która składa się z 6. rozdziałów oraz wykazu literatury, a treść pracy uzupełniona jest wykazem rysunków oraz tabel. Całość liczy 94 strony, nie licząc wspomnianego spisu treści, streszczeń oraz wykazów rysunków i tabel.

Rozdział pierwszy stanowi wstęp, w którym Autor wprowadza czytelnika w zakres rozprawy, lokuje jej treść na tle aktualnie stosowanych metod opisu podstawowych procesów operacyjnych obsługujących ruch przy wykorzystaniu modeli kolejkowych. Następnie omawia podstawowe miary jakości obsługi. Kolejno przedstawia problem planowania obsady, który jest kluczowy ze względu na ocenę efektywności systemu. Na tym tle sformułowany jest cel pracy. W rozdziale drugim przedstawiono na tle literatury zastosowanie modeli kolejkowych do opisu „call center”. W szczególności omówiono wykorzystanie dyskretnych i ciągłych łańcuchów Markowa do modelowania systemów kolejkowych z uwzględnieniem badania stanów ustalonych. Kolejno przedstawiono klasę Markowskich modeli narodzin i śmierci. Przedstawione modele są podstawą do analizy jakości odwzorowania rzeczywistych „call center”, a w szczególności do optymalnego zarządzania centrum obsługi klienta. Istotne wyniki pracy zaczynają się w rozdziale trzecim, w którym Autor przedstawia modyfikację algorytmu uniformizacji z wykrywaniem stacjonarności, zastosowanym dla jednorodnych w czasie łańcuchów Markowa. Istota modyfikacji związana jest z poprawą efektywności algorytmu zaproponowanego przez Muppala i Trivedi, przy jednoczesnym uniknięciu przedwczesnego wykrycia stacjonarności oraz zapewnienia zadowalającego błędu rozwiązania. Dodatkowo bazując na własnościach opisu Markowskich kolejkowych modeli narodzin i śmierci, zmniejszono złożoność obliczeniową proponowanego algorytmu. W rozdziale czwartym przedstawiono wyniki badań symulacyjnych opracowanego algorytmu dla dwóch modeli rzeczywistych „call center”. W szczególności, na podstawie eksperymentów numerycznych zbadano własności algorytmu (zbieżność oraz złożoność obliczeniową) dla skokowych zmian obsady oraz zmieniającej się intensywności przychodzących żądań obsługi. Efektywność zaproponowanego algorytmu została potwierdzona testami opisanymi w rozdziale piątym. W badaniach wykorzystano dane rzeczywistego *call center* średniej wielkości banku. Przedstawione modyfikacje poprawiające efektywność MVM pozwoliły na ok. 60-krotne zmniejszenie czasu obliczeń w porównaniu z oryginalnym algorytmem uniformizacji. Zastosowanie modyfikacji algorytmu Muppali i Trivediego pozwoliło na dodatkowe, 2-krotne

zwiększenie efektywności obliczeniowej. W zakończeniu - rozdział szósty, Autor zawarł podsumowanie wyników pracy oraz propozycję kierunków dalszych badań.

Bibliografia zawiera zestaw trafnie dobranych pozycji literaturowych. Cytowane są głównie artykuły w czasopismach oraz opracowania monograficzne. Większość pozycji literaturowych stanowią pozycje aktualne z ostatnich 10. lat. Informacje literaturowe ściśle dotyczą tematyki rozprawy, a proponowany zbiór jest ściśle ukierunkowany na wyznaczony cel pracy.

3. Uwagi redakcyjne

Na podstawie lektury pracy mogę stwierdzić, że podział treści jest logiczny i uporządkowany, styl oraz poziom językowy jest wysoki, a szata graficzna jest staranna i dopracowana. Sposób przekazywania treści jest bardzo dobry. Treść pracy jest wzbogacona dobrze dobranymi rysunkami, wykresami oraz tabelami zawierającymi wyniki badań symulacyjnych, ocen i porównań. Pracę czyta się z przyjemnością. Informacja jest dobrze wyważona. Czytając lekturę pracy odnosi się wrażenie o wysokiej kompetencji merytorycznej Autora, który potrafi przedstawić swoje wyniki w sposób przyjazny dla czytelnika.

4. Oryginalne wyniki

Wykonanie założonego celu wiąże się z wykonaniem następujących zadań szczegółowych, które uważam za oryginalne wyniki pracy:

- Opracowanie oryginalnej modyfikacji algorytmu uniformizacji z wykrywaniem odcinkowej stacjonarności. Opracowany algorytm daje szczególnie korzystne rezultaty dla niejednorodnych łańcuchów Markowa z czasem ciągłym, których stan jest w przybliżeniu stały w pewnym odcinku czasu.
- Dokonanie analizy złożoności obliczeniowej opracowanego algorytmu i wykazanie znaczącej poprawy wydajności algorytmu, przy założonej dokładności rozwiązania oraz unikaniu przedwczesnego wykrycia stacjonarności.
- Po uwzględnieniu specyfiki modelowanego procesu, opracowano optymalny numeryczny algorytm, który pozawala na istotne obniżenie złożoności obliczeniowej.
- Zaplanowanie i przeprowadzenie eksperymentów numerycznych mających na celu symulacyjne zbadanie własności algorytmu.
- Wykorzystanie uzyskanych wyników i wskazanie ich użyteczności do analizy konkretnego „call cenetr”.

5. Uwagi merytoryczne – pytania dyskusyjne

W trakcie analizy treści pracy nasuwa się pytanie, na które poproszę o zajęcie stanowiska na publicznej dyskusji nad przedłożoną pracą:

Czy na podstawie analizy strumieni danych (tj.: strumieni przychodzących zgłoszeń oraz modelu obsługi) istnieje możliwość opracowania rekomendacji do zarządzania call center w oparciu o proponowane rozwiązanie?

6. Ocena wiedzy doktoranta w zakresie dyscyplin naukowych związanych z tematyką rozprawy

1. Problematyka rozprawy obejmuje wiedzę z dziedziny nauk technicznych w zakresie dyscypliny informatyka, a w szczególności zastosowanie modeli masowej obsługi do analizy centrów obsługi.
2. Doktorant swobodnie posługuje się aparatem matematycznym, właściwie formułuje hipotezy badawcze i wykazuje umiejętność dokonywania trafnych wyborów i właściwego wnioskowania. Formułowane przez doktoranta wnioski są przemyślane, logiczne i spójne.
3. W stopniu biegłym opanował tematykę rozprawy w warstwie nie tylko teoretycznej, ale także praktycznej, w oparciu o dobre rozeznanie problemów związanych z modelowaniem „call center”.
4. Lektura rozprawy upoważnia mnie do stwierdzenia, że doktorant swobodnie porusza się po literaturze przedmiotu, dysponuje wymaganym do prowadzenia badań naukowych zasobem wiedzy z zakresu informatyki, czyli tego obszaru nauki i techniki, którego dotyczy temat rozprawy.

7. Podsumowanie.

Na podstawie lektury recenzowanej rozprawy mogę stwierdzić, że doktorant:

- podjął ważny i aktualny problem w obszarze informatyki,
- uzyskał oryginalne wyniki w zakresie zastosowania łańcuchów Markowa do modelowania, analizy i zarządzania „call enter”,
- przedstawił interesujące możliwości zastosowań prezentowanych wyników,

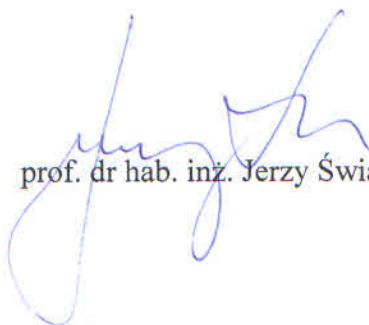
a tym samym wniósł istotny wkład w rozwój dyscypliny: informatyka.

W podsumowaniu mojej oceny stwierdzam, że opiniowana praca mgr inż. Macieja R. Buraka pt.: „Modelowanie Call Center z wykorzystaniem niejednorodnych łańcuchów

Markowa z czasem ciągłym” jest kompletna i nie wymaga żadnych zmian ani uzupełnień. Spełnia ona zwyczajowe i ustawowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w „Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki” z dnia 14 marca 2003 roku.

Wnioskuje o przyjęcie niniejszej pracy, jako rozprawy doktorskiej i wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Macieja R. Buraka do publicznej dyskusji nad przedłożoną pracą.

Biorąc pod uwagę bardzo aktualną problematykę i praktyczną wagę uzyskanych wyników oraz fakt, że przedstawione wyniki były publikowane w materiałach renomowanych konferencji oraz czasopismach o zasięgu międzynarodowym wnioskuję o wyróżnienie pracy.



prof. dr hab. inż. Jerzy Świątek