

dr hab. Barbara Pękala, prof. UR
Instytut Informatyki
Uniwersytet Rzeszowski
ul. Pigoń 1, 35-310 Rzeszów

Rzeszów, 4 lutego 2025 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Marcina Szczepańskiego

Strategie działania inteligentnych systemów wspierających kształcenie operujące na danych nieprecyzyjnych

*Strategies of operation for intelligent tutoring systems operating
on imprecise data*

Rozprawa napisana na Uniwersytecie Adama Mickiewicza w Poznaniu z dziedziny nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie Informatyka pod kierunkiem:
dr hab. prof. UAM Jacka Marciniaka.

1 Ogólna charakterystyka pracy, obszar problemowy i uzyskane wyniki

Praca doktorska związana jest z analizą rozwiązań w obszarze strategii działania inteligentnych systemów wspierających kształcenie i kursów z adaptacyjną zawartością.

Prace nad inteligentnymi systemami wspierającymi proces edukacyjny rozpoczęły się już w latach 80. XX wieku i są kontynuowane do dziś. Skupiają się one na badaniu architektury tych systemów, stosowanych algorytmów oraz ich praktycznych zastosowań.

Głównym celem ww. systemów jest dostarczanie treści edukacyjnych dostosowanych do indywidualnych potrzeb użytkowników, często bez konieczności interwencji nauczyciela. Treści te są przekazywane na podstawie zdefiniowanych strategii dydaktycznych wdrożonych w systemie lub kursie e-learningowym, które określają sposób interakcji systemu ze studentem. Strategie te mogą być wybierane przez autora kursu lub automatycznie, na przykład w oparciu o styl uczenia się określony za pomocą kwestionariusza. Dzięki różnorodnym strategiom studenci mogą otrzymywać treści w formach najlepiej dopasowanych do ich preferencji, takich jak e-podręczniki, filmy, instruktaże czy ćwiczenia.

Zrozumienie zachowań studentów w trakcie korzystania z takich systemów jest jednak wyzwaniem, ponieważ dane generowane w trakcie e-learningu stają się coraz bardziej złożone. Różne sposoby pracy studentów z kursami prowadzą do odmiennych interpretacji tych danych. Zjawiska związane z aktywnością studentów, takie jak zaangażowanie, motywacja, poziom koncentracji czy efektywność, są trudne do jednoznacznego określenia, co utrudnia analizę i dostosowanie procesu nauczania. Niemniej jednak, analiza tych zjawisk jest istotna, gdyż pozwala na doskonalenie kursów e-learningowych i wprowadzanie adaptacyjnych strategii dydaktycznych, umożliwiających bardziej spersonalizowane podejście do nauczania. Badania w tej dziedzinie koncentrują się na efektywnym radzeniu sobie z nieprecyzyjnymi pojęciami opisującymi zachowania studentów w trakcie pracy z kursami.

Praca z kursami e-learningowymi ma wiele zalet, ale wiąże się również z pewnymi wyzwaniami. Nauczanie zdalne zwiększa ryzyko niesamodzielnej pracy studentów, co może prowadzić do trudności w rzetelnej ocenie ich wiedzy i umiejętności. Inteligentne systemy wspierające kształcenie umożliwiają jednak indywidualizację procesu edukacyjnego, co pozwala na identyfikację niepożądanych zachowań, takich jak niesamodzielna praca czy przystępowanie do testów bez odpowiedniego przygotowania. Coraz częściej rozwijane systemy wspierają tworzenie kursów z adaptacyjną zawartością, których celem jest optymalizacja procesu nauczania poprzez dostosowanie treści do potrzeb i zachowań studentów. W ramach badań nad tym zagadnieniem opracowano metodę adaptacji treści, która pozwala na zastosowanie różnych technik klasyfikacji studentów w kontekście zjawisk dydaktycznych, takich jak zaangażowanie, motywacja czy poziom koncentracji.

W rozprawie zaproponowany został algorytm adaptacji opierający się na bazie nieprecyzyjnych reguł, a następnie jego działanie zostało porównane z popularnymi metodami uczenia maszynowego. Zastosowanie teorii zbiorów rozmytych umożliwia modelowanie po-

jawiającej się w ww. zagadnieniu oceny pracy studentów nieprecyzyjności informacji i oferuje nowe perspektywy dla inteligentnych systemów wspierających kształcenie, opierając się na rachunku i metodach dostępnych w teorii zbiorów rozmytych użytych w sterownikach rozmytych.

W recenzowanej pracy zbadano możliwości wykorzystania metod teorii zbiorów rozmytych do modyfikacji i ulepszenia inteligentnych systemów wspierających proces kształcenia.

Podsumowując tę część recenzji stwierdzam, że Autor podjął ważny, aktualny a zarazem trudny problem naukowy. Przeprowadził analizę istniejących podejść, zaproponował autorskie rozwiązania, przedstawił ich zastosowania w inteligentnych systemach wspierających proces kształcenia oraz zweryfikował ich skuteczność, co pozwoliło ocenić opracowane rozwiązania.

2 Zawartość pracy oraz opinia o rozprawie i oryginalność osiągnięć

W pracy dokonano przeglądu rozwiązań związanych z działaniem systemów klasy inteligentnych systemów wspierających proces kształcenia oraz kursów z adaptacyjną zawartością. Omówiono również narzędzia badawcze oraz zaprezentowano architekturę kursu e-learningowego umożliwiającą zastosowanie dowolnej metody klasyfikacji studentów. Opiszano metodę adaptacji kursów e-learningowych, która uwzględnia wybrane zjawiska opisujące strategie studentów w oparciu o teorię zbiorów rozmytych oraz sterowanie rozmyte.

Szczególną uwagę poświęcono budowie eksperckiego sterownika rozmytego wykorzystywanego w procesie adaptacji oraz implementacji kursu i gromadzeniu danych w środowisku e-learningowym. Przeanalizowano proces generowania sterowników rozmytych na podstawie zebranych danych i porównano różne metody klasyfikacji w ramach zastosowanej metody adaptacji treści. Wyniki tych analiz posłużyły do opracowania rozszerzonej metody adaptacji, zgodnej z opisaną w pracy architekturą kursu z adaptacyjną zawartością.

Rozprawa składa się z 6 rozdziałów, bibliografii oraz załączników.

Rozdział 2 zawiera przegląd dostępnych metod realizacji różnych strategii dydaktycznych w kursach e-learningowych oraz inteligentnych systemach wspierających proces

kształcenia, w tym w kursach z adaptacyjną zawartością. Omawia również zagadnienie gromadzenia danych dydaktycznych, które mogą być wykorzystane do opracowywania strategii edukacyjnych. Ponadto przedstawiona zostaje analiza zjawisk występujących w e-learningu oraz modeli opisujących zachowania studentów w inteligentnych systemach wspierających proces kształcenia i kursach z adaptacyjną zawartością. Wyjaśniono ideę zastosowania sterowania rozmytego w klasyfikacji.

Rozdział 3 koncentruje się na narzędziach wykorzystanych w badaniach oraz opisuje architekturę kursu e-learningowego z adaptacyjną zawartością. Przedstawia również strategię dydaktyczną opartą na zjawisku disengagement, wykorzystującą wspomnianą architekturę. W ramach tej strategii zastosowano ekspercki sterownik rozmyty. Zawiera szczegółowy opis implementacji kursu e-learningowego, uwzględniając założenia opracowanej strategii dydaktycznej.

Rozdział 4 przedstawia proces automatycznego tworzenia sterowników rozmytych modelujących zjawisko disengagement na podstawie danych zbieranych podczas interakcji studentów z kursem e-learningowym o adaptacyjnej zawartości. Opisuje także proces wdrożenia kursu, zbierania danych oraz ich późniejszego anotowania. Dodatkowo, w rozdziale dokonano porównania opracowanych sterowników rozmytych z innymi metodami klasyfikacyjnymi bazującymi na algorytmach uczenia maszynowego.

Natomiast rozdział 5 prezentuje przykład rozszerzonej strategii dydaktycznej, która opiera się na zjawisku disengagement i jest realizowana zgodnie z opisaną w pracy architekturą kursu e-learningowego z adaptacyjną zawartością. Rozszerzona strategia potwierdza zasadność modelowania bardziej złożonych zjawisk i podejść dydaktycznych.

Ostatni rozdział 6 zawiera podsumowanie rozprawy, wnioski wynikające z przeprowadzonych badań oraz wskazuje możliwe kierunki przyszłych analiz i badań naukowych.

Należy zaznaczyć, że problem badawczy poruszony w rozprawie jest istotny i wieloaspektowy. Praca podejmuje kluczowe zagadnienie dotyczące strategii adaptacji treści w kursach e-learningowych, wprowadzając istotne modyfikacje oparte na wykorzystaniu teorii zbiorów rozmytych. Rozwiązanie to uwzględnia zarówno nieprecyzyjność, jak i wielowymiarowy charakter danych, co jest szczególnie ważne w edukacji.

Najważniejszym osiągnięciem przedstawionym w pracy są dwie strategie adaptacji treści w kursach e-learningowych, w których kluczową rolę pełni sterownik rozmyty. Stanowi on podstawowy element algorytmu służącego do klasyfikacji studentów. Z uwagi na niejed-

noznaczność parametrów opisujących aktywność studentów, takich jak zaangażowanie czy poziom koncentracji, użycie teorii zbiorów rozmytych jest optymalnym rozwiązaniem. W przypadku klasyfikacji studentów pod kątem występowania zjawiska disengagement zastosowany sterownik rozmyty pozwala ominąć konieczność posiadania zbiorów danych do uczenia (których dydaktycy często nie mają). Zamiast tego, system opiera się na zbiorze reguł tworzonych przez eksperta, w tym przypadku dydaktyka.

Zastosowanie teorii zbiorów rozmytych umożliwia uwzględnienie niepewności i subiektywnych ocen, co jest niezwykle istotne w edukacji, gdzie parametry takie jak zaangażowanie czy postępy w nauce są trudne do dokładnego zdefiniowania. Przedstawione w rozprawie wykorzystanie sterowników rozmytych pokazuje kolejne praktyczne zastosowanie tej metody i podkreśla konieczność prowadzenia dalszych badań nad jej użyciem w rzeczywistych problemach. Teoria zbiorów rozmytych oraz sterowanie rozmyte mają potencjał do zastosowania nie tylko w adaptacji treści edukacyjnych, ale również w innych obszarach, takich jak diagnostyka edukacyjna czy ocena postępów studentów.

Sterowniki rozmyte znajdują swoje uzasadnienie w dydaktyce, ponieważ dostarczają łatwo interpretowalne wyniki. Jak wykazano w pracy, ich skuteczność jest porównywalna z metodami uczenia maszynowego, przy czym sterowniki rozmyte oferują większą przejrzystość. Ekspert w danej dziedzinie ma pełny wgląd w bazę reguł sterownika i może ją modyfikować zgodnie z konkretnymi potrzebami.

Oznacza to, że dalsze badania nad wykorzystaniem sterowania rozmytego w edukacji mogą przyczynić się do opracowania bardziej zaawansowanych i efektywnych systemów e-learningowych, które lepiej odpowiadają na różnorodne potrzeby uczących się.

Podsumowując tę część recenzji uważam, iż praca jest obszerna i pokazuje dużą wiedzę Doktoranta. Widoczne jest naukowe podejście do realizowanego zadania. Rozprawa przedstawia dużą zawartość merytoryczną, w tym naukową oraz implementacyjną związaną z przedstawionymi zastosowaniami. Uważam, że wykonana w ramach doktoratu praca stanowi istotny wkład w rozwój metod dotyczących adaptacji treści edukacyjnych. Rozprawa prezentuje wysoki poziom naukowy i w pełni zasługuje na ocenę pozytywną.

3 Uwagi i problemy do dyskusji

W rozprawie brakuje spisu oznaczeń/skrótów, którego istnienie ułatwiłoby nawigację po treści pracy (np. skrót LMS występuje przed jego wyjaśnieniem).

Brak szerszego wyjaśnienia metody wyboru wartości parametrów w procesie fuzyfikacji oraz ewaluacji systemów klasyfikacji pod kątem ww. parametrów. W metodzie opartej na sterownikach rozmytych brak także analizy doboru metod agregacji przesłanek czy konkluzji w poszczególnych regułach. Rozważenie tych aspektów w przyszłych badaniach może znacząco zwiększyć efektywność klasyfikacji.

Czy Autor widzi możliwość stworzenia i wykorzystania modeli hybrydowych łączących różne metody tworzenia zbioru reguł (eksperckie i techniki uczenia maszynowego).

Ponadto, edytorsko praca ma kilka niedociągnięć, np. braki interpunkcyjne na stronach, np. 27-29.

Zatem, ponad te wymienione w niniejszej rozprawie, warte dalszego badania, jest np. zbadanie wpływu na klasyfikacje różnych metod fuzyfikacji, agregacji czy wyostrzenia w tworzonych sterownikach rozmytych.

Niemniej jednak, powyższe uwagi i wskazówki nie wpływają na wysoką wartość merytoryczną pracy.

Na uwagę zasługuje fakt, że Autor wykazał się dużą wiedzą w zakresie tematyki rozprawy, umiejętnością pracy naukowej oraz znajomością metod badawczych. Ponadto, Autor wskazuje dalsze kierunki rozwoju rozpoczętych badań.

4 Konkluzja

Reasumując rozprawa jest cennym wkładem w zagadnieniu modelowania inteligentnych systemów wspierających proces kształcenia. W ramach prowadzonych badań został opracowany algorytm adaptacji treści opierający się na sterowaniu rozmytym. Opracowano różne sterowniki rozmyte. Pierwszym z nich był ekspercki sterownik Mamdaniego. Przygotowanie takiego sterownika wymagało zbudowania bazy reguł oraz zdefiniowania odpowiednich zmiennych lingwistycznych. W kolejnym kroku wygenerowano sterowniki rozmyte Mamdaniego i Takagi-Sugeno w oparciu o pozyskane dane dydaktyczne. Co za tym idzie temat pracy oceniam jako aktualny, istotny poznawczo i mający duże implikacje praktyczne. Opracowane metody/systemy zostały zastosowane i zweryfikowane dla

rzeczywistych problemów. Mgr Marcin Szczepański wykazał się dużą wiedzą w zakresie tematyki rozprawy. Osiągnięte wyniki świadczą o bardzo dobrym przygotowaniu Autora do pracy naukowej.

Rozprawa doktorska mgr Marcina Szczepańskiego spełnia wymagania i warunki określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2022 r. poz. 574 z późn. zm.), zatem wnoszę o dopuszczenie mgr Marcina Szczepańskiego do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora.

A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'P. Kala'.