

Warszawa, 14.01.2014

prof. SGGW dr hab. Arkadiusz Orłowski  
Katedra Informatyki  
Wydział Zastosowań Informatyki i Matematyki SGGW  
ul. Nowoursynowska 159  
02-787 Warszawa

## **RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ**

**Tytuł rozprawy:**            *Integracja metod oceny jakości serwisów internetowych z wykorzystaniem ontologii*

**Autor rozprawy:**            **mgr inż. Paweł Ziemba**

**Promotor:**                    **prof. dr hab. inż. Ryszard Budziński**

Recenzowana praca jest obszerna - liczy ponad 232 strony. Składa się z trzystronicowego Wstępu, pięciu rozdziałów, trzystronicowego Zakończenia, obszernej Bibliografii (21 stron), Spisu Rysunków, Spisu Tabel i trzech Załączników, w których kolejno przedstawiono: kryteria i charakterystyki jakości stosowane w wybranych metodach oceny jakości serwisów internetowych; taksonomie konceptów ontologii i wywnioskowane taksonomie konceptów najpierw dla poszczególnych wybranych metod, a następnie dla kolejnych kroków integracji ontologii, które przedstawione w formie graficznej; oraz przedstawiono pytania ankietowe w postaci nazw kryteriów zawartych w ontologii. Załączniki są obszerne (w sumie 34 strony) i numerowane w sposób niekonwencjonalny (1, 3, 4) – numer załącznika jest numerem rozdziału do którego ten załącznik się odnosi (stąd brak np. załącznika numer 2).

Rozprawa ma charakter teoretyczny, z elementami opisowymi, oraz z elementami przykładowego zastosowania opracowanego systemu. Rozdziały 1 i 2 zawierają materiał wprowadzający, szczegółowo omawiający zagadnienie oceny jakości serwisów internetowych oraz pojęcie ontologii w informatyce, w tym sposoby jej reprezentacji i możliwości zastosowania. Zasadnicze wyniki rozprawy zawarte są w Rozdziałach 3, 4 i 5 oraz załącznikach 3.1-3.9, będących zasadniczo integralną częścią Rozdziału 3.

Wstęp uzasadnia potrzebę badania jakości serwisów internetowych w kontekście ilości dostępnych serwisów. Autor wskazuje, że działania marketingowe mają ograniczone znaczenie a jakość jest często czynnikiem decydującym o popularności serwisu. Tezy te stanowią uzasadnienie podjęcia takiej tematyki badawczej. Następnie Autor sformułował definicję jakości serwisu internetowego jako „jego atrybut określający, jak dobrze spełnia on potrzeby użytkowników”. Zdając sobie sprawę z ogólności takiej definicji, Autor precyzuje, że jakość można ocenić na podstawie jej charakterystyk i cech opisujących jej różne elementy składowe. Autor podkreślił też, że stosowanych jest wiele metod oceny jakości serwisów internetowych, opartych na jej różnorodnych modelach i obejmujących różne cechy jakości. Zdaniem Autora istnieje jednak wystarczająco dużo elementów wspólnych, aby podjąć próbę ich integracji za pomocą ontologii. Następnie Autor sformułował podstawowy cel pracy: „opracowanie modelu systemu ekspertowego na potrzeby oceny jakości serwisów internetowych, wykorzystującego: integrację ontologii, algorytmy uczenia maszynowego oraz metody wielokryterialnego wspomaganie decyzji”. Wstęp zawiera także krótki, syntetyczny opis struktury i zawartość pracy. Tworzy on logicznie uporządkowaną całość i dobrze spełnia rolę uzasadnienia tematyki rozprawy.

Rozdział 1 ma charakter przeglądowy i opisowy. Autor najpierw rozwija zagadnienia poruszone we Wstępie, ilustruje dynamikę rozwoju Internetu i serwisów internetowych oraz potrzebę zapewnienia ich jakości, powołując się na dane statystyczne i piśmiennictwo poświęcone temu zagadnieniu. Wydaje się, że Autor zbyt słabo podkreślił, że serwisy są bardzo zróżnicowane, wobec czego porównanie ich jest często bardzo nietrywialne i trudne, np. serwisu instytucji rządowej (gdzie użytkownik zasadniczo ma tylko wybór: korzystać lub nie) i serwisu komercyjnego (gdzie jego wybór ma znacznie bardziej wymierne konsekwencje). Także serwisy komercyjne istotnie różnią się między sobą, np. sklepy internetowe istotnie różnią się od serwisów informacyjnych. Autor postanowił skupić się na serwisach komercyjnych bazujących na wpływach z reklam stwierdzając i uzasadniając, że „poza silnym związkiem między jakością serwisu internetowego i liczbą jego użytkowników, wyłania się również

silna zależność pomiędzy liczbą użytkowników serwisu a generowanymi przez serwis przychodami”. Jednocześnie Autor wyraźnie zdawał sobie sprawę z dużego zróżnicowania serwisów, wobec czego do badań wybrał najpopularniejsze polskie serwisy informacyjne o charakterze ogólnym: Onet, Wirtualną Polskę, Interię, oraz Gazetę. Dalej podjęto dyskusję na temat zależności użyteczności i jakości, przede wszystkim na bazie norm ISO dotyczących oprogramowania. Opierając się na tych normach oraz publikacjach naukowych, Autor konkluduje, że „najogólniej model jakości serwisów internetowych można przedstawić jako wielowymiarową strukturę charakterystyk (nazywanych też kategoriami) i cech (określanych również jako kryteria) jakości”. Kolejny podrozdział zawiera omówienie metod badania serwisów internetowych i pozyskiwania o nich opinii, uwzględniając podejścia oparte na opinii ekspertów, odpytywaniu użytkowników jak i testowaniu przez użytkowników. Rozdział kończy się obszernym opisem metodyk oceny jakości serwisów internetowych, z których później wybierze się do dalszych badań: eQual, Ahn, SiteQual, Website Evaluation Questionnaire i Web Portal Site Quality. Moim zdaniem te rozważania są nieco za długie, a Autorowi nie udało się satysfakcjonująco uporządkować i syntetycznie przedstawić omawianych treści.

Rozdział 2 ma charakter teoretyczny i w dużym stopniu opisowy. Został opracowany na podstawie dostępnych źródeł dotyczących pojęcia ontologii w informatyce. Przedstawiono w nim kolejno: definicje i zastosowania ontologii w informatyce, języki reprezentacji ontologii, edytory ontologii oraz metodyki projektowania i budowy ontologii. W części pierwszej podana jest ogólna definicja ontologii jako „specyfikacji konceptualizacji” a następnie dyskutowane są różne rozszerzenia tej definicji. Dziwne, że Autor nie cytuje bezpośrednio znanej pracy Grubera a powołuje się na pozycję [167] z podanej bibliografii, która właśnie tę definicję zawiera jako podstawową. W następnej części omówione są bardzo szczegółowo języki reprezentacji ontologii, także w ujęciu historycznym. W kolejnej, trzeciej części, omawiane są edytory ontologii. Jako podsumowanie tej części stworzono tabelę, w której dokonano porównania edytorów. Podrozdział czwarty jest zatytułowany „Metodologie projektowania i budowy ontologii” - moim zdaniem w języku polskim powinno być użyte słowo „metodyki”. Podrozdział ten ma również charakter przeglądowy - zasadniczo Autor powtarza przegląd z pracy Gomez-Perez, dodając informacje z kilku innych prac. Jako podsumowanie tej części, stworzono tabelę w której dokonano porównania metodyk. Szkoda, że Autor nie dokonał porównania etapów (kroków), jakie są elementami metodyk, również w postaci tabeli. Rozdział kończy się rozważaniami na temat doboru języka, edytora i metodyki budowy ontologii metod oceny jakości. Część tych rozważań bazuje na nieco starszych badaniach (rysunki 2.8 i 2.9), ale generalnie można zgodzić się z tezą Autora, że wybór języka OWL2 oraz edytora Protege jest sensowny. Podobnie, decyzja o przygotowaniu autorskiej

metodyki tworzenia jest uzasadniona, bowiem w tej stosunkowo młodej dziedzinie metodyki nie są jeszcze standaryzowane.

W Rozdziale 3 przedstawiono pierwszą grupę rezultatów uzyskanych przez Autora. Pierwszy podrozdział opisuje autorską metodykę budowy ontologii opracowaną na bazie metodyk NeOn oraz Methontology. Dziwi trochę terminologia użyta na stronie 67: na ogół metody Top-Down oznaczają przejście od ogółu do szczegółu, a w pracy jest odwrotnie. Moim zdaniem ten akapit jest dość niejasno sformułowany i przypuszczalnie Autor po prostu się przejęzyczył. W następnym podrozdziale autorską metodykę zastosowano do budowy ontologii odzwierciedlających metody oceny jakości: eQual, Ahn, SiteQual, Website Evaluation Questionnaire i Web Portal Site Quality. Cały proces jest realizowany przy pomocy edytora Protege a językiem jest OWL2. Szczegółowo opisano ten proces dla metody eQual. Autor kolejno opisuje konceptualizację polegającą na wyborze terminów i budowie taksonomii konceptów, a także diagramu *ad hoc* relacji binarnych dla ontologii. Opisuje proces budowy słownika konceptów i szczegółowego zdefiniowania *ad hoc* relacji binarnych oraz szczegółowe zdefiniowanie atrybutów instancji, a potem szczegółowe zdefiniowanie atrybutów klas. Wreszcie dokonuje szczegółowego zdefiniowania stałych. Korzystając z mechanizmów wnioskujących edytora Protege dokonano doprecyzowania relacji binarnych. Ocena ontologii polegała głównie na klasyfikacji konceptów i zbadaniu odpowiedzi na zapytania kompetencyjne. To ostatnie wymagało wprowadzenia do ontologii przykładowych wag wybranych kryteriów oceny oraz przykładowych instancji ocen względem wybranych kryteriów. Na zakończenie tej części Autor stwierdza, że dla pozostałych metod proces przebiega podobnie. Graficzne reprezentacje otrzymanych ontologii zamieszczono w załączniku 3. Trzeci podrozdział podejmuje zagadnienie integracji ontologii. Zaczyna się on częścią przeglądową, w której autor opisuje i dyskutuje pojęcia związane z tym zagadnieniem. Wydaje się, że zbyt szczegółowo stara się przybliżyć metody możliwe do wykorzystania. W podrozdziale czwartym przechodzi do opracowanej przez siebie metody integracji ontologii. Istotnym faktem leżącym u podstaw metody autorskiej jest podobieństwo integrowanych ontologii. Autor skupił się na badaniu podobieństw napisów i podobieństw semantycznych. W tym drugim przypadku musiał jednak wykorzystywać angielskojęzyczne wersje nazw konceptów. Dyskusja ta zajęła aż 8 stron. Autor w końcu stwierdza, że „żadna z rozważanych miar nie ustaliła podobieństw konceptów w sposób pozwalający przyjąć jakikolwiek próg dla wartości podobieństwa, rozgraniczający pary konceptów równoważnych i różnych od siebie” i wysnuwa wniosek, że można to zrobić manualnie. Powstaje pytanie czy od razu nie należałoby uzasadnić w kilku słowach, że będzie to robione w sposób ekspercki, gdyż konceptów jest stosunkowo niewiele (konkretnie dwadzieścia) i jeden człowiek (ekspert) jest w stanie je sensownie porównać. Gdyby ilość konceptów przekraczała możliwości

analityczne człowieka, zastosowanie omawianych miar miałyby uzasadnienie. Na zakończenie tego podrozdziału Autor opisuje sposób w jaki dokona integracji. W ostatnim podrozdziale opisany jest sam proces integracji. Algorytm polega na kolejnym integrowaniu ontologii do ontologii już zintegrowanej. Po kroku wstępnym - utworzeniu pustej ontologii docelowej - następuje wyrównywanie konceptów reprezentujących kryteria. Autor zaznacza, że badanie relacji między konceptami było wykonywane z wykorzystaniem anglojęzycznego brzmienia konceptów. Następnie następuje połączenie ontologii w edytorze Protege. W drugim etapie następuje wyrównywanie konceptów reprezentujących charakterystyki, a na zakończenie sprawdzenie spójności i braku nadmiarowości w zintegrowanej ontologii. W przypadku niespójności rozwiązywano je na korzyść ontologii docelowej. Omówiono proces integrację eQual i Anh. Kolejne iteracje procesu integracji poszczególnych ontologii źródłowych z ontologią docelową przebiegały analogicznie (kolejno dodawano SiteQual, WEQ, WPSQ). Wyniki kolejnych integracji są graficznie przedstawione w załączniku 3 (użyto narzędzia wizualizacji OWLViz). Ostateczny wynik zaprezentowany jest na str. 117. Rozdział zakończony został podsumowaniem stwierdzającym, że integracja ontologii jest możliwa, a w jej efekcie uzyskano jednolitą strukturę kryteriów oceny, zawierającą kryteria stosowane w pięciu różnych metodach oceny jakości. Struktura ta, nie powstała *ad hoc*, lecz została zbudowana w sposób sformalizowany. Należy zauważyć, że Autor jawnie nie dyskutuje wpływu kolejności integrowanych ontologii na końcowy rezultat. Jest to zagadnienie o tyle istotne, że przy przyjętej procedurze postępowania, wynik może zależeć (i zależy) od tej kolejności. Dlatego zagadnieniu temu warto byłoby poświęcić trochę uwagi, choćby z czystej ciekawości badawczej.

Rozdział 4 dotyczy reorganizacji i rozbudowy bazy wiedzy systemu ekspertowego na potrzeby oceny jakości serwisów internetowych. Pierwszy podrozdział ma charakter przeglądowy i dotyczy metod selekcji cech. W następnym podrozdziale przedstawiona jest autorska metoda selekcji kryteriów oceny jakości serwisów i nadawania im wag. Przedstawiono wyniki ankiet użytkowników dotyczących oceny jakości czterech największych polskich portali informacyjnych, tj. Wirtualna Polska, Onet, Gazeta oraz Interia. Użytkownicy udzielali odpowiedzi na pytania dotyczące tego, jak oceniają każdy z 4 serwisów pod względem 67 kryteriów oceny. Kolejnym krokiem procedury była analiza uzyskanych danych za pomocą procedur selekcji cech w wyniku której uzyskano rankingi i podzbiory cech, po czym wykonano testowanie otrzymanych podzbiorów z wykorzystaniem metod klasyfikacji. Ostatnim etapem badania było poszukiwanie optymalnego podzbioru kryteriów. Wybrany podzbiorem był 21 elementowy zbiór kryteriów, utworzony z wykorzystaniem indywidualnych wskaźników pojemności informacyjnej Hellwiga. Trzeci podrozdział ma charakter przeglądowy i dotyczy teorii decyzji. W wyniku dłuższej dyskusji, w opracowywanym modelu systemu ekspertowego

zdecydowano się zastosować metodę Promethee GDSS. Kolejny podrozdział to opis reorganizacji i modyfikacji ontologii. W efekcie zastosowania analizy czynnikowej uzyskano zbiór 16 składowych głównych, z których każda wyjaśnia co najmniej 1% ogółu wariancji, a łącznie wyjaśniają one ponad 72% zmienności. Wyodrębniono 14 grup kryteriów, z czego pierwsze 5 grup wydaje się dotyczyć użyteczności serwisu, kolejne 3 zespoły kryteriów obejmują jakość informacji i nawigację informacyjną, a następne 5 grup dotyczy usług dostarczanych przez serwisy. Ostatnia, czternasta grupa, okazała się, co zresztą Autor zauważa, trudna do właściwej interpretacji. Ponadto, aby uogólnić ontologię usunięto atrybuty klas „maWartoscWagi” zawarte w konceptach odzwierciedlających kryteria oceny jakości dodając jednocześnie koncept „Typ\_serwisu”. Dodatkowo zintegrowaną ontologię zaadaptowano w taki sposób, aby umożliwiała ona współpracę z metodą Promethee GDSS. Powstaje tutaj pytanie, czy zastosowanie powyżej opisanych działań do wyjściowych ontologii nie byłoby właściwsze? Innymi słowy, nie jest jasne, czy zaobserwowane problemy są efektem samej integracji, czy też istniały od początku, jako immanentna część metod badania jakości serwisów. Myślę, że problem ten może być podstawą do dalszych badań w tym zakresie. Rozdział zakończony jest prezentacją zmian w ontologii w formie tabel.

W Rozdziale 5 Autor opisuje model systemu ekspertowego na potrzeby oceny jakości serwisów internetowych, składającego się z bazy wiedzy i systemu wnioskującego. Jak pisze Autor model ten został zaimplementowany w praktyce, co pozwoliło zweryfikować poprawność jego budowy i działania oraz poprawić ewentualne błędy i nieścisłości w nim występujące. W podrozdziale drugim zbadano jego stosowalność w procesie oceny internetowych serwisów informacyjnych. Polegało to na ocenie czterech serwisów informacyjnych przez trzech ekspertów względem kryteriów zawartych w ontologii. Otrzymany rezultat nie był oczywisty, w związku z tym, za pomocą metody Promethee GDSS poprawiono uzyskane na wstępie niedoskonałe rozwiązanie. Na tej podstawie Autor pisze, że można stwierdzić, iż ocena serwisów wykonywana przez niewielkie grono eksperckie może być poprawna. Eliminuje potrzebę przeprowadzania oceny serwisów za pomocą czasochłonnego badania ankietowego i umożliwia prowadzenie oceny permanentnej z wykorzystaniem grona ekspertów. Rozdział kończy się wnioskami i uwagami na temat wiedzy i danych, jakie można uzyskać z bazy wiedzy systemu, co Autor ilustruje poprzez przykładowe zapytania w języku SPARQL.

Pracę zamyka Zakończenie, w którym Autor streszcza uzyskane rezultaty oraz uzasadnia, dlaczego jego zdaniem postawiony cel pracy został osiągnięty, a tezy dowiedzione. W ostatnich zdaniach Zakończenia przedstawiona jest wizja dalszego rozwoju systemu ekspertowego, w tym jego rozszerzenie na inne typy serwisów internetowych.

Bibliografia jest bardzo obszerna i zasadniczo kompletna - w rozprawie wykorzystano 336 pozycji literatury przedmiotu. Są wśród nich monografie, artykuły naukowe, prace przeglądowe, standardy oraz materiały zamieszczane na stronach internetowych, w tym ponad dwadzieścia pozycji których Autor rozprawy jest autorem lub współautorem. Cytowane prace są w ogromnej większości istotne dla omawianej problematyki.

Oceniam, że uzyskane przez autora wyniki zostały zaprezentowane właściwie. Cele postawione na początku zostały osiągnięte. Autor opracował ontologie dla wybranych metod oceny serwisów internetowych, opracował algorytm integracji tych ontologii, w wyniku której uzyskał jednolitą strukturę kryteriów jakości. Pokazano także, jak metody znane z uczenia maszynowego pozwalają wybrać kryteria istotne i wyznaczyć ich wagi. Wreszcie, opracowano model systemu ekspertowego na potrzeby oceny jakości serwisów internetowych. Jednakże czytając opisową część pracy odnosi się wrażenie, że Autor chciał w niej umieścić zbyt wiele informacji. Dotyczy to na przykład rozbudowanego rozdziału drugiego. Pewnym mankamentem jest rysunek 3.19 oraz rysunki zamieszczone w Załączniku 3 - taka wizualizacja ontologii jest niestety mało czytelna. Bezpośrednią przyczyną jest oczywiście wielkość ontologii, ale można by pomyśleć nad nieco inną formą ilustracji, np. kody wyjaśnione w tabeli lub wydruk w postaci odpowiednio złożonej wkładki w formacie A0.

Rozprawa jest napisana starannie, poprawną polszczyzną, bez zauważalnych błędów ortograficznych, gramatycznych czy stylistycznych. Generalnie redakcja jest staranna z pewnymi zastrzeżeniami wymienionymi wcześniej. Autor tłumaczy angielskie *methodology* jako „metodologia”. Moim zdaniem, właściwym słowem w tym kontekście byłaby „metodyka”. Na stronie 159 Autor dwukrotnie pisze o „klauzurze” zamiast o „klauzuli”.

Podsumowując, uważam, że rozprawa doktorska magistra inżyniera Pawła Ziemby stanowi interesujący i istotny wkład w rozwój metod integrowania ontologii i problematyki systemów ekspertowych dotyczących jakości portali internetowych. Tematyka podjęta w rozprawie jest ważna i interesująca. Zarówno **poziom naukowy jak i edytorski rozprawy** doktorskiej mgr inż. Pawła Ziemby **ocenię wysoko** i wnoszę o dopuszczenie jej autora do kolejnych etapów przewodu doktorskiego.