

dr hab. inż. Ireneusz Czarnowski, prof. AMG
Katedra Systemów Informatycznych
Akademia Morska w Gdyni
ul. Morska 83, 81-225 Gdynia

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Szymona Bobka

pt.: „*Methods for modeling self-adaptive mobile context-aware systems*”.

1. Problematyka naukowa rozprawy

Tematyka rozprawy dotyczy problemów projektowania adaptowalnych interfejsów użytkowych w systemach mobilnych.

Autor rozprawy zaproponował nowe metody budowania modeli wiedzy oraz metody jej przetwarzania, dedykowane systemom działającym w środowisku o zmieniających się parametrach, tj. systemom zwanym mobilnymi. W szczególności przeznaczeniem zaproponowanych metod jest wspieranie adaptowalności systemów do zmieniających się w czasie preferencji i wymagań ich użytkowników. Systemy uwzględniające zmiany zachodzące w środowisku swojej pracy nazwane zostały systemami świadomymi kontekstu. Doktorant, poza zaproponowanymi metodami modelowania i przetwarzania wiedzy wspierającymi adaptowalność systemów mobilnych, zaproponował również zestaw narzędzi do budowania systemów opartych na wiedzy niepełnej oraz mechanizmach mediacji pomiędzy systemem a użytkownikiem.

Zakres merytoryczny pracy mieści się w obszarze sztucznej inteligencji.

Hipotezą rozprawy, wynikająca z przedstawionych celów pracy, jest przeświadczenie Doktoranta o możliwości konstruowania inteligentnych systemów mobilnych świadomych kontekstu, opartych na metodach przetwarzania wiedzy niepełnej i często niekompletnej oraz wspierających adaptowalność tych systemów do potrzeb i preferencji ich użytkowników.

Zakres merytoryczny rozprawy mieści się w obszarze aktywnym badawczo i wpisuje się w ten trend. Uzyskane nowe, zarówno teoretyczne jak i analityczne wyniki wnoszą dodatkowe istotne znaczenie poznawcze i praktyczne.

2. Treść rozprawy

Recenzowana rozprawa została przygotowana w języku angielskim. Obejmuje 227 stron i składa się z:

- 8 rozdziałów, w tym wstępu i zakończenia,
- wykazu bibliografii, w której zawarto 157 pozycji literaturowych,
- spisu treści i rysunków,

- załączników stanowiących integralną częśćią pracy, w których zawarto dodatkowe informacje implementacyjne dla modelowania i przetwarzania wiedzy w systemach mobilnych, oraz zapis mediacji systemu w symulowanym zmiennym w czasie środowisku pracy.

W rozdziale pierwszym rozprawy Doktorant uzasadnia podjętą problematykę badań. Następnie formułuje zakres pracy oraz cele badań, z których wynika hipoteza badawcza rozprawy, choć Doktorant nie formułuje jej wprost w rozprawie. W rozdziale pierwszym Autor odnosi się również do zawartości poszczególnych rozdziałów rozprawy i charakteryzuje je pokrótce.

Drugi rozdział pracy odwołuje się do stanu aktualnego badań dotyczących przetwarzania wiedzy w środowiskach dynamicznych, w tym przetwarzania kontekstowego oraz opartego na mechanizmach gwarantujących adaptowalność systemów świadomych kontekstu. Przegląd literatury dotyczący modelowania i przetwarzania wiedzy kontekstowej poprzedza dyskusja terminologiczna oraz omówienie wybranych ram tworzenia systemów świadomych kontekstu, w tym wybranych koncepcji i rozwiązań. Doktorant omawia te kwestie w oparciu o zaproponowane wskaźniki wymagań stawianych inteligentnym systemom mobilnym. W rozdziale tym Doktorant proponuje również ogólną architekturę dla implementacji tego rodzaju systemów. Następnie wskazuje wyzwania badawcze związane z modelowaniem adaptowalnych interfejsów oraz modelowaniem funkcjonalności użytkowej mobilnych systemów świadomych kontekstu, co stanowi punkt odniesienia do zawartości dalszych części pracy.

Rozdział trzeci pracy dotyczy modelowania bazy wiedzy dla inteligentnego systemu mobilnego. Autor odnosi się do kwestii identyfikacji źródeł danych kontekstowych oraz ich typów. W szczególności w rozdziale trzecim została omówiona kwestia przetwarzania wiedzy niepełnej i nieprecyzyjnej oraz został zaproponowany regułowy system opisu wiedzy niepełnej - XTT2. Przedstawiono opis prototypowego systemu oraz algorytmiczny sposób rozumienia modeli XTT2 opartych na algebrze współczynników niepewności oraz interpretacji probabilistycznej. Własności obu podejść omówiono w oparciu o wybrane studium przypadku systemu rekomendującego dla profili użytkowników urządzeń mobilnych. Zaproponowany system opisu wiedzy stanowi istotny wkład merytoryczny Doktoranta.

Rozdział czwarty pracy dotyczy w szczególności aspektów adaptowalności mobilnych systemów kontekstowych. Doktorant słusznie rozpoczął od wprowadzenia definicji oraz dyskusji nad różnymi typami adaptowalności systemów. Następnie Doktorant odniósł się do modelowania systemów kontekstowych w oparciu o mechanizmy adaptacji oparte na modelu *data-driven* (model oparty na danych historycznych) oraz na wykorzystaniu narzędzi uczenia maszynowego. Doktorant omówił także wyniki eksperymentów obliczeniowych związanych z modelowaniem systemu kontekstowego przy wykorzystaniu inkrementacyjnego drzewa decyzyjnego. Podrozdział 4.2 uważam za bardzo interesujący z punktu widzenia implementacyjnego, gdyż porusza on kwestie modelowania mechanizmów adaptowalności systemów oparte na modelu *data-driven* oraz potwierdza formułowane wnioski otrzymanymi wynikami eksperymentów.

W rozdziale czwartym Doktorant przedstawił także rozszerzenie dla zaproponowanego w rozdziale trzecim pracy opisu reprezentacji wiedzy XTT2, pozwalające na modelowanie mechanizmów adaptacji opartych na podejściu eksperckim oraz ujęciu czasowym (tj. dla tzw. podejścia *model-driven*).

Następnie Doktorant odniósł się do aspektów mediacji pomiędzy użytkownikiem a systemem, tj. modelu adaptowalności systemów opartego na podejściu typu *user-driven*. Podejście to w szczególności jest istotne dla implementacji inteligentnych systemów mobilnych świadomych kontekstu. W podrozdziale 4.4 Doktorant przedstawił klasyfikację podejść do modelowania adaptowalności na platformach kooperatywnych. Podrozdział ten stanowi wprowadzenie do technik mediacyjnych omówionych w rozdziale piątym rozprawy.

W rozdziale piątym omówiono ogólne podejście do problemu mediacji w kontekstowych systemach informacyjnych. Doktorant omówienie problemu mediacji rozpoczyna od przedstawienia przesłanek dla mediacji w systemach mobilnych oraz charakteryzuje wybrane typy mediacji. Istotnym elementem mechanizmów wspierających adaptowalność systemów opartą na mediacji jest przetwarzanie informacji zwrotnej od użytkownika systemu. Wówczas istotny jest sposób rozumienia tej informacji. Ten właśnie aspekt został uwypuklony przez Doktoranta wraz z zaproponowaniem semantycznego systemu mediacji oraz omówieniem technik i metod formułowania oraz oceny informacji zwrotnej od użytkownika. Należy przy tym zaznaczyć, że aspekt ten został przedstawiony w dwóch kontekstach: niejawnym i jednoznacznych opinii użytkownika. Zawartość tego rozdziału stanowi istotny wkład w rozwój narzędzi sztucznej inteligencji dedykowanych inteligentnym interfejsom użytkownika.

W rozdziale szóstym pracy zaproponowano narzędzia przeznaczone do pozyskiwania wiedzy kontekstowej, jej przetwarzania, modelowania i analizy. Zaproponowano również ramy systemu opartego na przetwarzaniu wiedzy kontekstowej oraz mechanizmy modelowania adaptowalności mobilnych i kooperatywnych systemów kontekstowych. W szczególności w rozdziale omówione zostały:

- narzędzia pozyskiwania informacji kontekstowych,
- narzędzie modelowania reguł dla systemu mobilnego świadomego kontekstu oraz zaproponowane jego rozszerzenie, co uczyniono w kontekście omawianej architektury systemu kontekstowego,
- narzędzie wizualizacji wiedzy dla modelu kontekstowego,
- narzędzie modelowania języka mediacji HMR+ (stanowiącego rozszerzenie języka HMR), oparte na zaproponowanym podejściu opisu reprezentacji wiedzy XTT2,
- prototypowe narzędzie przetwarzania wiedzy opartej na reprezentacji XTT2,
- narzędzie przetwarzania informacji kontekstowej w urządzeniach mobilnych – HEARTDROID,
- narzędzie symulacji środowiska mobilnego umożliwiające testowanie modeli przetwarzania danych kontekstowych,
- narzędzie pozwalające na integrację technik mediacji oraz różnych wyników mediacji.

W rozdziale szóstym przedstawiono również zaproponowane przez Doktoranta podejście dedykowane modelowaniu systemu kontekstowego, umożliwiające łączenie różnych technik oraz symulację środowisk pracy systemów mobilnych świadomych kontekstu.

Zaproponowane modele i metody zostały poddane ocenie na drodze symulacji komputerowej. Oceny modeli i metod przeprowadzono w dwóch aspektach: aspekcie jakościowym, dotyczącym możliwości projektowania inteligentnych systemów mobilnych, oraz w aspekcie ilościowym. Ilościowa ocena została przeprowadzona w oparciu o wybrane parametry, w tym związane z wykorzystaniem pamięci, procesora, zużycia energii i innych. Wyniki tych symulacji zostały omówione w rozdziale 7 rozprawy.

Rozdział 8 pracy stanowi podsumowanie. W rozdziale Doktorant podsumował najważniejsze uzyskane wyniki oraz wskazał kierunki dalszych badań.

3. Najważniejsze wyniki uzyskane w pracy

Do oryginalnych i najważniejszych osiągnięć rozprawy zaliczam:

- zdefiniowanie wymagań dla potrzeb budowania adaptowalnych systemów mobilnych świadomych kontekstu,
- zaproponowanie rozszerzonego regułowego modelu opisu wiedzy niepełnej - XTT2,
- zaproponowanie metody ekstrakcji reguł i rozumienia modeli XTT2 opartych na algebrze współczynników niepewności oraz interpretacji probabilistycznej,

- zaproponowanie metod mediacji, opartych na opisie semantycznym środowiska, i pozwalających na przetwarzanie niejawnych, jednoznacznych, ale również niepełnych opinii użytkownika systemu kontekstowego oraz opartych na przetwarzaniu rozszerzonego języka mediacji HMR+,
- zaproponowanie narzędzi do modelowania prototypowych adaptowalnych systemów mobilnych świadomych kontekstu.

Za wartościowe należy również uznać przedstawienie wyników oceny zaproponowanych metod i narzędzi, co pozwala na refleksję o zasadności przeprowadzonych badań. Istotnym wkładem Doktoranta jest również zaproponowanie architektury dla projektowania mobilnych systemów świadomych kontekstu.

Badania, których wyniki zostały zawarte w rozprawie, były prowadzone w ramach grantu NCN pt. „Modelowanie wiedzy niepewnej i niekompletnej na potrzeby mediacji w systemach mobilnych świadomych kontekstu (KnowMe)”.

Wyniki badań przedstawione w rozprawie były publikowane w artykułach naukowych, między innymi takich czasopism, jak: *Future Generation Computer Systems*, *International Journal of Approximate Reasoning*, *Multimedia Tools and Applications*, *Computer Science and Information Systems*. Były one także prezentowane przez Doktoranta na międzynarodowych konferencjach oraz zostały opublikowane w materiałach konferencyjnych wydanych w serii *Lecture Notes in Computer Science* wydawnictwa Springer-Verlag oraz *IEEE Conference Publications* i innych. Dorobek publikacyjny Doktoranta należy uznać za znaczący.

4. Uwagi i pytania do recenzowanej pracy

Recenzowana rozprawa doktorska nasuwa między innymi następujące pytania:

- Jakie inne mierniki i wskaźniki mogłyby dać pełną ocenę stopnia przystosowania systemu mobilnego do potrzeb i oczekiwań jego użytkownika? Jakie czynniki ograniczają ich ewentualne wykorzystanie?
- W pracy zaproponowano rozwiązania oparte na metodach uczenia nadzorowanego. Jaka jest ich przewaga w stosunku do metod uczenia nienadzorowanego, mając na uwadze charakter problemu związanego z modelowaniem adaptowalności systemów kontekstowych? Czy uczenie nienadzorowane mogłoby być tu równie skuteczne?
- Czy wielkość zbioru danych uczących może mieć wpływ na proces dostosowywania się systemu świadomego kontekstu do zmiennych parametrów środowiska i w jakim kontekście? Pytanie pojawia się szczególnie przy okazji interpretowania wyników związanych oceną podejścia modelowania mechanizmów adaptowalności systemów kontekstowych klasy *data-driven*. Ponadto analizując wyniki zawarte w pracy nasuwa się pytanie o technikę przyjętej walidacji.
- Czy problem adaptowalności systemów mobilnych świadomych kontekstu można by rozpatrywać w kategorii problemu optymalizacyjnego? Jak wówczas problem ten powinien być sformułowany?
- Wartościowym dla pracy byłaby dyskusja złożoności obliczeniowej proponowanych algorytmów.

5. Ocena redakcji rozprawy

Organizacja pracy jest przejrzysta i logiczna.

Wątpliwości nie budzi również strona językowa. W pracy występują pojedyncze błędy językowe i gramatyczne. Niewątpliwie zauważalny jest mechaniczny błąd w anglojęzycznym tytule pracy.

Sposób przygotowania graficznego oraz edytorskiego rozprawy nie budzi żadnych uwag (na stronie 121 zastosowano nie spójny z całością pracy sposób formatowania).

Ponadto, Autor rozprawy wprowadza liczne akronimy. Jednakże zdarza się, że bez ich wyjaśnienia lub wyjaśnienia w kolejnych częściach pracy, co może wprowadzać pewną trudność podczas czytania pracy. Być może korzystnym mogło być wprowadzenie spisu użytych oznaczeń i akronimów.

W ogólności, redakcję rozprawy oceniam wysoko.

6. Konkluzja

Przedstawione powyżej uwagi mają raczej charakter dyskusyjny. W rozprawie można doszukiwać się zdecydowanie wartościowych wyników badań. Zawartość przedstawionej rozprawy stanowi wyraźny wkład merytoryczny do dziedziny wiedzy sztucznej inteligencji, w szczególności dla istoty budowania inteligentnych interfejsów maszynowych, w tym interfejsów inteligentnych systemów mobilnych.

Doktorant wykazał się umiejętnością właściwego przedstawiania i rozwiązywania problemów naukowych.

Podsumowując, uważam, że rozprawa doktorska pt. „*Methods for modeling self-adaptive mobile context-aware systems*” autorstwa mgra inż. Szymona Bobka spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim w myśl ustawy o tytule naukowymi stopniach naukowych. W konsekwencji wnioskuję o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.

Ponadto, uwzględniając zakres i ważność podjętej problematyki badań, sposób rozwiązania przez Doktoranta postawionego problemu badawczego, należy stwierdzić, że rozprawa jest ponad przeciętną. Wnioskuję zatem, w przypadku pozytywnej publicznej obrony rozprawy, o wyróżnienie pracy.

Juveniusz Cebrowski