

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Szymona Bobka zatytułowanej „Methods for modeling self-adaptive mobile context-aware systems”

Niniejsza recenzja została przygotowana na prośbę Dziekana Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej Akademii Górniczo Hutniczej w Krakowie prof. Antoniego Cieśli.

1. Uwagi wstępne

Zakres tematyczny rozprawy:

Tematyka recenzowanej rozprawy doktorskiej dotyczy zaawansowanych systemów informatycznych wykorzystujących metody sztucznej inteligencji oraz obliczenia na urządzeniach mobilnych. Obejmuje ona problematykę modelowania inteligentnych, adaptowalnych systemów mobilnych uwzględniających w swoim działaniu informację kontekstową. Zgodnie z definicjami przedstawionymi w rozdziale drugim rozprawy (str. 10-11) przez kontekst rozumie się dostępną informację, która charakteryzuje aktualną sytuację urządzenia lub jego użytkownika. Tego typu informacje są pozyskiwane z sensorów dostępnym w urządzeniu mobilnym (zaawansowanym telefonie typu „smartphone”, tablecie, itp.), usług lokalizacyjnych, telekomunikacyjnych jak i dodatkowych charakterystyk preferencji i aktywności użytkownika (lista przedstawiona jest w Tabeli 2.1 na str. 11).

Niewątpliwie środowiska w których działają takie urządzenia i ich użytkownicy mogą charakteryzować się dużą zmiennością różnego rodzaju danych, np. wynikających z aktywności użytkownika, zmian jego zachowania jak i dynamiki procesów kształtujących tzw. otoczenie. Część pozyskiwanych danych może być niedokładna, niepewna lub niekompletna. W związku z tym adaptacja do takiego środowiska jest dużym wyzwaniem dla konstrukcji systemów mobilnych wspierających użytkownika i dostosowujących działanie systemu do jego potrzeb. Odniesienie się do metod wywodzących się ze sztucznej inteligencji jest jak najbardziej uzasadnione.

Doktorant sformułował wymagania wobec tak rozumianych adaptowalnych kontekstowych systemów mobilnych w czterech kategoriach: zrozumiałości (działania systemu dla użytkownika), odporności (którą rozumie raczej jako zdolność dostosowania się systemu do niepewności i niekompletności danych oraz zmian zachowania użytkownika lub środowiska w którym się porusza), prywatności oraz efektywności obliczeń i wykorzystania ograniczonych zasobów (np. energii). Dokonując przeglądu obecnych rozwiązań pan Szymon Bobek wskazał słusznie ich ograniczenia wobec wymagań. Poszukiwanie nowych rozwiązań jest jak najbardziej uzasadnione i może być przedmiotem badań w zakresie przygotowania ciekawej rozprawy doktorskiej.

Wybraną tematykę rozprawy oceniam jako nowoczesną i interesującą zarówno z badawczo-poznawczego punktu widzenia, jak i posiadającą duży potencjał zastosowań praktycznych.

Cele rozprawy:

Doktorant zdefiniował główny cel rozprawy jako zaproponowanie takich metod modelowania wiedzy niepewnej oraz mediacji z użytkownikiem w adaptowalnych systemach mobilnych, które poprawią zarządzanie niepewną i niekompletną wiedzą oraz zapewnią lepsze automatyczne dostosowywanie się takich systemów do zmieniających się potrzeb użytkownika i dynamicznego środowiska.

W celu modelowania wiedzy w tak rozumianych adaptowalnych mobilnych systemach kontekstowych pan Szymon Bobek zdecydował się wykorzystać metody z inżynierii wiedzy z zakresu systemów regułowych. W niektórych aspektach adaptacji korzysta także z inspiracji systemów uczących się i algorytmów eksploracji strumieni danych. Biorąc pod uwagę powyższy cel rozprawy oraz sformułowane wymagania wobec systemów decyzyjnych co do powyższych podstaw metodycznych jest sensowna.

Szczegółowe zamierzenia przedstawione w rozdz. 1.2 obejmują trzy pod-cele: (1) Zaproponowanie nowych technik modelowania i przetwarzania niepewności w reprezentacji regułowej. Ponadto uogólnienie metod zarządzania reprezentacją reguł, tak aby przetwarzać niekompletną informację dotyczącą tej klasy systemów mobilnych; (2) Zaproponowanie nowych metod wykorzystania algorytmów uczących się do działania w zmiennych środowiskach; (3) Wprowadzanie nowych metod do tzw. mediacji kontekstu w systemach pozwalających na bezpośredni lub pośredni udział użytkownika w procesie wnioskowania

Niezależnie od wprowadzanie nowych metod lub uogólnień istniejących rozwiązań w modelu regułowym XTT2 (poprzednio rozwijanym w zespole badawczym promotora) doktorant zadeklarował przygotowanie kompletnego środowiska oprogramowania oraz przedstawienie studiów weryfikujących jego zastosowanie.

W mojej opinii jest to oryginalne i nowatorskie spojrzenie na ten niewątpliwie bardzo trudny problem. Ponadto jest to zgodne z najnowszymi trendami w rozwoju bardziej inteligentnych klas systemów mobilnych dostosowujących się do kontekstu działania i oczekiwań użytkownika. W sensie wyboru podstaw metodologicznych i odniesienia się do istniejących narzędzi modelowania i wnioskowania w reprezentacji reguł tematyka rozprawy i cele są dobrze umiejscowione i zgodne z poprzednimi badaniami w zespole promotora i prof. Antoniego Ligęzy. Podsumowując - sformułowane cele są interesujące, a ich zakres przekracza typowe oczekiwania wobec przeciętnych rozpraw doktorskich.

2. Budowa rozprawy oraz uwagi na temat jej organizacji i redakcji

Dane ogólne: Recenzowana rozprawa składa się z 8 rozdziałów, spisu literatury (157 pozycji), jednego dodatku, streszczeń i spisu rysunków. Łączna objętość maszynopisu to 218 stron. Rozprawa jest napisana w języku angielskim, a jedno ze streszczeń w języku polskim.

Konstrukcja i organizacja rozprawy podąża za celami rozprawy i jest logicznie uzasadniona. Rozdział 2 dokonuje przeglądu aktualnego stanu wiedzy i rozwiązań w zakresie tej klasy systemów mobilnych, doprowadza także czytelnika do sformułowania postulowanych wymagań i uzasadnia konieczność opracowania nowych metod zarządzania i wnioskowania wiedzą lub uogólnienia istniejących metod. Kolejne rozdziały zawierają już własne propozycje doktoranta. Rozdział 3 zawiera dwie propozycje uwzględniania niepewności i niekompletności danych w regułowej reprezentacji modelu XTT2 – zarówno z wykorzystaniem tzw. współczynników pewności, jak i modeli probabilistycznych w szczególności powiązania z sieciami Bayesowskich. Rozdział 4 odnosi się do celów związanych z zapewnieniem adaptowalności systemu mobilnego do różnych podzadań i przedstawia 3 propozycje: modyfikację przyrostowego uczenia drzew klasyfikacyjnych dla danych niepewnych, rozszerzenie modelu XTT2 o operatory statystyczne i zależne od czasu, oraz potrzeby tzw. mediacji kontekstu. Ostatniemu aspektowi poświęcono rozdział 5, który przedstawia oryginalne propozycje autora jako podejścia do mediacji kontekstu przygotowane do bezpośredniego albo pośredniego udziału użytkownika w procesie wnioskowania. Rozdział 6 jest bardzo obszernym opisem środowiska programowego do tworzenia i uruchamiania systemu wykorzystującego zaproponowane metody. Autor przedstawia platformę realizującą zaproponowaną we wcześniejszych rozdziałach nową architekturę takich adaptacyjnych mobilnych systemów kontekstowych (nazwaną przez niego AMCCBC od nazwy angielskiej). Następnie opisuje środowisko AWARE realizujące te idei na platformie mobilnej, przedstawia zaproponowane rozszerzenie języka HMR+ do modelowania systemów, system wnioskowania HEARTDROID and symulator nazwany CONTEXTSIMULATOR. Ocena działania stworzonego systemu jest przeprowadzana na drodze symulacji eksperymentalnej dwóch studiów przypadków użycia (dotyczącej rekomendacji trasy zwiedzania w Narodowej Galerii Obrazów w Londynie i poruszania się wewnątrz budynku) – co jest opisane w rozdziale 7. Podsumowanie pracy i zarys kierunków dalszych badań zawarty jest w rozdziale 8.

Powyższą organizację rozprawy oceniam jako właściwą, gdyż jest ona dobrze związana z celami rozprawy. Pewne wątpliwości mogą mieć do stylu autora (niewątpliwie jest erudyta i czasami nadmiernie prezentuje różne dygresje albo powtarza w innej formie myśli przedstawione już wcześniej). Przypuszczam, że jest także dość dobrym projektantem i wykonawcą oprogramowania – co przekłada się na pojawienie się w tekście wielu elementów wywodzących się z inżynierii oprogramowania. Nie czynię z

tego zarzutu, lecz osobiście wolałbym widzieć bardziej zwięzłą i syntetyczną część podstawowych rozdziałów opisujących propozycje nowych metod a niektóre informacje o samym projekcie lub rozwiązaniach na poziomie oprogramowania przeniósłbym raczej do dodatkowego załącznika. Choć może taka konstrukcja jest związana ze specyfiką tego typu modelowania reprezentacji reguł i budowy nietypowych inteligentnych systemów mobilnych – gdzie konieczne jest przedstawienie informacji projektowych. Mam też pewien problem z objętością załącznika A – dla mnie jest on zbyt obszerny, a nie jest tak intensywnie wykorzystywany w głównych rozdziałach rozprawy. Spis rysunków wydaje mi się niepotrzebny, w zamian wolałbym zobaczyć listę notacji matematycznej i stosowanych skrótów. Wydaje mi się, że streszczenie polskojęzyczne powinno być obszerniejsze.

Wybór języka angielskiego jest zawsze pewnym wyzwaniem. Lecz mogę stwierdzić, że tekst jest czytelny i napisany bardzo poprawnym językiem angielskim. Spostrzegłem niedużą liczbę błędów lub dyskusyjnych sformułowań językowych – odnoszę się do tego w punkcie 5tym. Nie powodowało to jednak trudności w czytaniu rozprawy.

Ocena strony redakcyjnej: Rozprawa jest bardzo dobrze zredagowana („sformatowana”) pod względem edytorskim, część propozycji jest dobrze zilustrowana schematami lub rysunkami. Doktorant znakomicie wykorzystywał kolory. Z punktu widzenia tzw. typografii, prezentacji informacji oraz graficznej (np. dobre pomysły na ilustracje spełnialności wartości kryteriów) oceniam rozprawę za jedną z lepszych, którą ostatnio czytałem.

3. Prezentacja wiedzy doktoranta

W mojej ocenie doktorant wykazał się bardzo dobrą wiedzą w zakresie sztucznej inteligencji, regułowych reprezentacji wiedzy oraz aktualnych mobilnych systemów wspierających użytkownika. Pomimo wzmiankowanej w poprzednim rozdziale trochę nadmiernej erudycji doktorant odnosił dobrze do różnych istniejących propozycji i prezentował je przekonująco. Odniesienia do obszernej listy literaturowej są właściwe. Spodobały mi się dość dydaktycznie sporządzone zestawienia głównych cech charakterystycznych różnych metod. W ogólności, dostrzegłem zdolności doktoranta do wykonania syntezy aktualnego stanu literatury oraz wyprowadzenia z niej przekonującej motywacji do dalszych badań. Widać wyraźnie, że tzw. inżynieria wiedzy jest dziedziną, w której autor czuje się pewnie. Lekki niedosyt odczuwam czytając niektóre poglądy na temat systemów uczących się oraz klasyfikacji strumieni danych (choć to nie jest najważniejszym przedmiotem badań w tej rozprawie). Ponadto analizując własne propozycje metodyczne autora widzę sprawność warsztatową w zakresie wykorzystania inspiracji ze studiów literaturowych oraz w prezentacji własnych propozycji.

Podsumowując stwierdzam, że Pan mgr inż. Szymon Bobek zaprezentował w rozprawie bardzo dobrą wiedzę o dziedzinie swoich badań i spełnił z nadmiarem typowe oczekiwania wobec doktoratów.

4. Główne osiągnięcia przedstawione w rozprawie i ich ocena

Recenzowana rozprawa zawiera oryginalne pomysły naukowe, które rozszerzają aktualny stan badań na adaptowalnymi mobilnymi systemami uwzględniającymi kontekst. Za najważniejsze osiągnięcia przedstawione w rozprawie uważam:

1. Rozszerzenie modelu reprezentacji reguł XTT2 w celu uwzględnienia niepewności z wykorzystaniem współczynników pewności oraz przedstawienie algorytmu wnioskowania w tym uogólnionym modelu (patrz rozdział 3.4)
2. Wprowadzenie probabilistycznej interpretacji modelu XTT2 w formie ułatwiającej potencjalną interpretację przez człowieka (związana także z pokazaniem transformacji do sieci Bayesowskiej) oraz przedstawienie schematu wnioskowania w takim probabilistycznym modelu (rozdział 3.5).
3. Uogólnienie algorytmu przyrostowej budowy drzew klasyfikacyjnych o modelowanie niepewności poprzez rozkłady prawdopodobieństwa. Najważniejsza jest modyfikacja kryterium wyboru podziału drzewa, które jest ogólniejsza niż omawiane w rozdziale 4.2 drzewa Hoeffdinga.

4. Zaproponowanie własnej koncepcji dwóch różnych podejść (mechanizmów, protokołów) do tzw. mediacji kontekstu dla bezpośredniego i pośredniego udziału użytkownika w procesie wnioskowania (rozdział 5); który jest ponadto rodzajem dialogu ulepszającym interpretowalność działania systemu oraz wspomagającym przetwarzanie niepewnych lub niekompletnych danych.
5. Przedstawienie autorskiej koncepcji środowiska programowego do budowy adaptowalnych mobilnych systemów kontekstowych.
6. Przedstawienie oryginalnej koncepcji weryfikacji propozycji systemów na drodze eksperymentalnej w dwóch ciekawych studiach przypadku działania implementacji systemu.

Większość z tych powyższych rozszerzeń dotyczy modelu reprezentacji wiedzy w postaci reguł, w których można uwzględniać kontekst, oraz które można uogólniać na wiele sposobów. Pan Szymon Bobek przekonał mnie przeprowadzoną w rozdziale 2 analizą różnych alternatywnych podejść do modelowania wiedzy oraz uzasadnieniem (początek rozdział trzeciego) do wyboru modelu formalizacji wiedzy za pomocą reguł XTT2.

Należy jednak zauważyć przy ocenie oryginalności dokonań doktoranta, że podstawowa wersja modelu XTT2 (skrót od angielskiej nazwy eXtended Tabular Trees) została dużo wcześniej zaproponowana przez promotora profesora Grzegorza Nalepę. Oczywiście zgadzam się z doktorantem, że ten model XTT2 posiada wiele cech różniących go od innych modeli, które są wygodne do wykorzystania w adaptowalnych systemach. Ponadto ma on silną formalizację w logice ALSV(FD), dobrą syntaktykę i semantykę, wsparcie do weryfikacji poprawności baz reguł oraz już w dużym stopniu opracowane efektywne mechanizmy wnioskowania. Większość z przedstawionych w rozprawie propozycji doktoranta nie jest kompletnie nowym modelem lecz zestawem różnych uogólnień i rozszerzeń, które spełniają oczekiwania postawione wobec tej klasy kontekstowych i adaptowalnych systemów mobilnych.

Decyzja o rozszerzeniu XTT2 do uwzględnienia niepewności danych i samych reguł przez wprowadzenie współczynników pewności CF jest uzasadniona i może być raczej oczekiwana – znając literaturę na temat modelowania niepewności w systemach regułowych. Podobnie nie zostałem zaskoczony pomysłem na probabilistyczną interpretację przedstawioną w rozdziale 3.4. – choć podrozdział nt. pozyskiwania i uczenia się rozkładów prawdopodobieństwa mógłby dostarczać więcej informacji. Pewne ciekawsze i oryginalniejsze elementy dostrzegałem przy dyskusji wnioskowania – zwłaszcza z wykorzystaniem tzw. silnika HEART - co w połączeniu z innymi uogólnieniami w kierunku adaptowalności i dialogu (tzw. mediacji kontekstu między maszyną a człowiekiem) doprowadzą autora rozprawy do sformułowania propozycji HMR+ (przedstawioną w rozdziale 6) – i to sprawia dla mnie wrażenie większej oryginalności propozycji metodycznej. Za dość nowatorskie w kontekście zastosowania do systemów mobilnych mogą uznać przedstawienie (także rozdział 6) systemu wnioskującego HEARTDROID. Tutaj znowu trzeba zauważyć, że pan Szymon Bobek sensownie wybrał inspirację z wcześniejszego systemu HEART (wg. mojego zrozumienia tekstu był on jednak przeznaczony dla stacjonarnych środowisk) i w oryginalny sposób zaproponował jego nową wersję, którą można zastosować w systemach dostosowujących się do zmiennych środowisk.

Pomimo, że większość propozycji doktoranta dotyczy systemów regułowych i modelowania wiedzy oraz wnioskowania w takich systemach, za element pozytywny uznaje także przedstawione próby wykorzystania algorytmów wywodzących się z uczenia maszynowego. Pierwsze propozycje są motywowane dostosowaniem zużycia energii w urządzeniu mobilnym w zależności od informacji kontekstowej i uczenia się funkcji określającej prawdopodobieństwo aktywności w określonej porze dnia na podstawie zbioru danych historycznych. Skuteczność tegoż podejścia jest wsparta wynikiem eksperymentalnym pokazującym możliwość sterowania oszczędnością zużycia baterii do 30% (patrz rysunek 4.2 i opis na stronach 64-65). Ciekawszym naukowo wątkiem jest propozycja uogólnienia algorytmu przyrostowego uczenia drzew klasyfikacyjnych, w którym dla uwzględnienia niepewności opisu przykładów wartości atrybutu są modelowane rozkładem prawdopodobieństwa. Zmodyfikowano obliczenia warunków podziału w węzłach drzewa z wykorzystaniem średnich z rozkładu prawdopodobieństwa i zdefiniowano miarę entropii informacji. Takie propozycje są dość rozsądne i zgodne z wcześniejszymi pomysłami na modelowanie rozkładów prawdopodobieństwa w uczeniu się drzew i reguł klasyfikacyjnych, choć na plus autora - nie

jestem świadomy wykorzystania ich akurat do drzewa Hoeffdinga. Przetworzenie takich uogólnionych drzew do reprezentacji tabelarycznej reguł w modelu XTT2 jest raczej zabiegiem technicznym.

Połączenie tych metod w jednym, działającym środowisku programowym jest ważnym osiągnięciem recenzowanej rozprawy. Autor podszedł do tego w sposób systemowy i systematyczny. Opis z rozdziału 6 jest dobrze przygotowany poprzez treści poprzednich rozdziałów, w szczególności propozycji architektury systemu nazwanej AMVCBC. Nie wiem na ile doktorant współpracował z innymi osobami w tych działaniach, lecz lista oprogramowania stworzonego na potrzeby rozprawy i przedstawiona w rozdziale 6 robi imponujące wrażenie. Wystarczy spojrzeć na podsumowanie przedstawione na stronie 139, aby docenić wysiłek włożony w przygotowanie tak wielu nietypowych implementacji programistycznych.

Ponadto doceniam pomysły doktoranta i być może rady promotora w zaprojektowaniu studium eksperymentalnej analizy skuteczności działania propozycji metod i samego systemu. Sądzę, że testowanie tak nietypowego systemu i wielu jego elementów jest dość trudnym zadaniem. Dlatego pierwszy pomysł symulacji dostosowania się do zainteresowań użytkownika zwiedzającego galerię obrazów z określonymi motywami zwierzęcymi i rekomendowanie mu dalszej trasy w muzeum jest bardzo pomysłowe i przekonujące. Drugie studium przypadku analizy lokalizacji użytkownika wewnątrz budynku jest mniej zaskakujące co do pomysłu, lecz pozwala na weryfikację radzenia sobie z niejednoznacznościami ustalenia pozycji oraz potrzeby dialogu z użytkownikiem. Studium efektywności obliczeniowej użycia różnych mechanizmów wnioskowania oraz ich implementacji na urządzeniach mobilnych jest ważne, gdyż weryfikuje pozytywnie i wspiera poprzednie decyzje autora rozprawy.

5. Uwagi krytyczne i polemiczne

Pomimo mojej dobrej oceny przedstawionych algorytmów, dostrzegłem w maszynopisie pewne niejasności, które komentuję poniżej. Ponadto zadaję kilka pytań o charakterze dyskusji polemicznej z autorem (mogą one wynikać zarówno z mojego niezrozumienia opisu pewnych rozwiązań, jak i tego, że reprezentuję przede wszystkim środowisko systemów uczących się, co powoduje, że niektóre założenia lub rozwiązania widzę inaczej niż specjaliści z inżynierii wiedzy):

1. Wykorzystanie praktyczne zaproponowanego rozwiązania wymaga przygotowania bazy reguł dla danego problemu, np. zwiedzania muzeum, oraz późniejszej weryfikacji poprawności tej bazy. Dla mnie jest to jedno z możliwych ograniczeń, zwłaszcza jeśli w przedstawionej propozycji dodatkowo trzeba modelować niepewność (np. ustalić wartości współczynników pewności). W rozprawie zabrakło mi dyskusji tych zagadnień i przedstawienia poglądów doktoranta na ten temat lub jego sugestii metodologicznych wspierających inżynierów wiedzy. Patrząc na zawartość załącznika A.1 dotyczącego prostszego modelowania aktywności mogę się zastanawiać jak złożona reprezentacja wiedzy powinna być budowana dla innych aktywności. Przykładowo rozdział 7.1 zawiera fragmenty listingów notacji HMR+ dla rekomendacji zwiedzania galerii obrazów, lecz nie udało mi się odnaleźć informacji o wielkości stworzonej bazy wiedzy oraz ew. trudności i złożoności modelowania elementów reprezentacji odnoszących się do niepewności danych i samych reguł.
2. Zadałbym też pytanie, w jakim stopniu założenie przedstawione na str. 144 (że pomiar przebywania zwiedzającego przed obrazem przez okres 2 minut jest dokładny / stosowne reguły mają wartość współczynnika $CF = 1$) można byłoby osłabić i ocenić możliwość większej niedokładności takiego pomiaru w celu przetestowania odporności systemu na nieprecyzyjności pomiarów lokalizacji i czasu pozostawania w miejscu.
3. W opisie scenariuszy wykonywanych kolejnych eksperymentów brakowało mi czasami dyskusji otrzymanych rezultatów, np. w drugim studium przypadku w tabeli 7.3 na stronie 152 podano liczbę mediacji systemu z użytkownikiem. Nie jest to dla mnie jasne, czy to jest bezpośrednia współpraca z użytkownikiem i liczba 56 interakcji wydaje mi się być intuicyjnie dość duża niezależnie od lepszej dokładności lokalizacji. Mając pewne doświadczenia z innej dziedziny aktywnego uczenia się mam skojarzenie, że tam dąży się do minimalizacji zapytań do użytkownika lub zakłada pewien koszt interakcji (nawet z ograniczeniem), który powinien być minimalizowany.

4. Patrząc na podsumowanie aspektów oceny systemu w tabeli 7.6 na stronie 160 odniosłem wrażenie, że tylko część z nich jest ilościowo sprawdzona w studium przypadku. Wiele innych wynika z pewnej arbitralnej dyskusji autora rozprawy lub decyzji projektanckiej. Przykładowo dotyczy to aspektów prywatności – doktorant postuluje, że jego rozwiązania lub wybrane architektury systemów je spełniają lecz nie przeprowadził analizy odporności na ew. niepożądane sytuacje. Uwzględniając następane dwie uwagi, obawiam się że można było rozszerzyć symulacje eksperymentalne na dodatkowe scenariusze intensywniej sprawdzające odporność propozycji doktoranta na różnego rodzaju niepewności oraz niekompletności danych pozyskiwanych z sensorów urządzenia mobilnego.
5. Doktorant stwierdził w tabeli 7.6 (str. 160), że jego podejście i „operators allow to handle concept drift and rapid changes in streaming data. Evaluation of these were given in this Chapter, Sec. 7.1.” – Być może nie potrafię tego odnaleźć w tym rozdziale, lecz niestety nie dostrzegłem opisu sytuacji zmian (odpowiadającej angielskiemu pojęciu concept drift). Postępując się inspiracjami z mojej dziedziny badawczej nagła zmiana mogłaby oznaczać zmianę zainteresowań użytkownika podczas zwiedzania, np. osoba stwierdza że wolałaby zacząć oglądać obrazy zawierający inny motyw niż wymienione psy. Pytanie do doktoranta - jaka jest zdolności adaptacji proponowanego systemu do takich sytuacji?
6. Wiąże się to trochę z moją ogólną wątpliwością, co do fragmentów tekstu rozprawy poświęconych właśnie tej tematyce i stosowalności metod uczenia maszynowego do radzenia sobie z dryftem pojęć w strumieniach danych. Przykładowo w rozdziale 4.1 stwierdzono, że metody uczenia się nie są stosowalne do szybkiej adaptacji; na stronie 24 przedstawiono dość ostrożną frazę nt. ciągłego rozwoju i ograniczeń metod odkrywania wiedzy ze strumieni danych. Akurat podejścia przedstawione w cytowanych przez doktoranta pracach, np. książce J.Gama, są skuteczniejsze dla wykrywania tzw. nagłych zmian definicji pojęć – patrz np. metoda DDM (cytowania przez doktoranta jako pozycja [62]), lub popularne ostatnio testy PH. Wykrycie powolnych, przyrostowych zmian na podstawie obserwacji strumienia danych jest raczej trudniejsze, choć wiele nowych metod zaproponowano w ostatnich latach - na przyszłe badania polecam, np. artykuł J. Gama, Indre Zliobaite, Albert Bifet, M. Pechenizkiy, A. Bouchachia. A survey on concept drift adaptation. ACM Computing Surveys, 46(4), 2014. Podobna dyskusja z odniesieniami do zastosowań praktycznych jest także zawarta w pozycji [157] – którą pan Szymon Bobek niestety błędnie opisał bibliograficznie. Ponadto, w większości aktualnych badań nad zjawiskiem takich zmian, zakłada się że kontekst / przyczyny zmian są nieznane i niedostępne dla algorytmu uczącego klasyfikator – on musi sam wykryć symptomy w danych dostępnych w strumieniu. W tym wątku chciałbym poznać szerzej zamierzenia doktoranta wyrażone w pkt. 2 (Discovery of causes of concept drift) na stronie 164 rozprawy.
7. Prowadząc dalej powyższą dyskusję adaptowalności do nagłych zmian, formułuję pytanie do doktoranta. Jaka jest możliwość wykrywania zmian (właśnie w rozumieniu terminu ang. „concept drift”) i reagowania na nie w jego propozycji rozszerzeń modelu reguły? Nie odnalazłem tego w treści rozprawy. Doktorant jednak zadeklarował zainteresowania tą tematyką w kierunkach dalszych badań i pisze o tym w rozdziałach wstępnych.
8. Drobne wątpliwości lub niejasności, które zrodziły się podczas czytania: str. 40 – akapit $cf(rule)$ nie zrozumiałem jak można obliczyć współczynniki pewności CF na podstawie reguł asocjacyjnych (dla mnie def. CF jest różna od wiarygodności/ dokładności reguły); str. 53 brakuje mi wyjaśnienia jak uczyć się rozkładów prawdopodobieństwa w podejściu przedstawionym w rozdziale 3.5.2. Jak dokładnie wykorzystuje się algorytm EM (str. 53). Jak dobrać szerokość okna czasowego w probabilistycznej wersji modelu XTT2 – akapit na str. 53 jest zbyt ogólnikowy. Lansowanie podejść opartych na modelach regułowych i krytykowanie pewnych metod uczenia maszynowego (początek rozdziału 4.3 str. 77) jest chyba specyficzne, gdyż metodologicznie systemy uczące powinno się stosować w takich sytuacjach, gdy nie można użyć modelu (patrz np. prace T.Mitchell lub dawne artykuły prof. Ryszarda Michalskiego).

9. W uogólnieniu probabilistycznych drzew Hoeffdinga zaproponowano użycie średniej arytmetycznej dla oszacowania prawdopodobieństwa wystąpienia wartości atrybutu (formuła 4.8 na str. 72). Ciekawi mi uzasadnienie wyboru tego akurat operatora. W przypadku modelowania niepewności w opisie przykładów uczących rozkładami prawdopodobieństwa, albo także wartościami rozmytymi, można w ogólności użyć także mediany, lub iloczynu wartości prawdopodobieństw.
10. Poznałbym też szersze uzasadnienie wyboru algorytmu VFDT do rozważanego systemu. Pan Szymon Bobek i tak później wykorzystuje je jak zbiór reguł (patrz str. 68). Pewne poglądy wyrażone na str. 66 są sensowne wobec algorytmów jak FLORA, AQ11 lub FACIL lecz algorytm Very Fast Decision Rules (VFDR) jest bardzo podobny do rozwiązań z VFDT.
11. Autor nie ustrzegł się błędów językowych, literówek oraz czasami dyskusyjnej terminologii podczas redagowania rozprawy. Przykładowo: str. 8 brak spacji między imieniem a nazwiskiem promotora, str. 66 brak spacji między zdaniami „... bounds [71,101].Let assume”, str. 82 „knowledge afrom”, str. 150 „deffnition”, str. 150 kolejny akapit – niepodane cytowanie [], itd. Występują także niespójności w opisach pozycji na liście literatury. Lecz liczba takich niedoskonałości jest bardzo mała jak na objętość rozprawy. Nie jestem tzw. native speaker języka angielskiego, lecz wydaje mi się, że językowo jest to bardzo dobrze napisana rozprawa.

6. Podsumowanie

Pomimo powyższych kilku uwag krytycznych i polemicznych stwierdzam, że przedstawiona rozprawa charakteryzuje się bardzo dobrym poziomem merytorycznym i zawiera interesujące rezultaty, które mogą być przydatne do dalszych badań nad problematyką wykorzystania modeli regułowej reprezentacji wiedzy w systemach kontekstowych, które muszą się dostosowywać do zmieniającego się środowiska i gdzie konieczne jest modelowanie niepewności i niekompletności danych oraz wiedzy.

Wszystkie ostawione cele rozprawy zostały osiągnięte. W mojej opinii doktorant wykazał się umiejętnościami prowadzenia badań naukowych, pracowitością i przedstawił oryginalne propozycje rozwiązania trudnego i bardzo ambitnego problemu. Sama rozprawa jest bardzo dobrze zredagowana.

Bardzo wysoko oceniam też wysiłek doktoranta w implementacji swoich pomysłów oraz przygotowanie działającej platformy, którą można instalować na swoim „telefonie”. Z technologicznego i programistycznego punktu widzenia trzeba było wykonać wiele prac, które robią dobre wrażenie. Ponadto zaprojektowanie obu bardzo nietrywialnych studiów przypadku, gdzie badano eksperymentalnie zaproponowany system jest także bardzo pomysłowe. Sprawdzając stronę WWW p. Szymona Bobka zauważyłem, że aplikacja AWARE jest dostępna dla „ochotników”, którzy chcą uczestniczyć w dalszych badaniach nad wykorzystaniem tego systemu, co świadczy pozytywnie o aktywności i otwartości doktoranta. Ja jestem zwolennikiem takiej postawy i tzw. otwartego dostępu do swoich wyników.

Należy także zauważyć, że częściowe wyniki badań zostały opublikowane wspólnie z promotorem na wielu konferencjach oraz w dwóch czasopismach (indeksowanych na liście JCR) / dwa dalsze artykuły są w procesie recenzyjnym. Zestawienie tych 13 publikacji zamieszczone w rozdziale pierwszym rozprawy przekracza typowe oczekiwania wobec doktoratów. Kolejna pozytywna obserwacja dotyczy zaangażowanie doktoranta w realizacji projektów badawczych, w tym własnego projektu PRELUDIUM finansowanego przez NCN.

Podsumowując, uważam, że opiniowana rozprawa mgra inż. Szymona Bobka spełnia wymagania stawiane przez ustawę o tytule naukowym i stopniach naukowych w odniesieniu do rozpraw doktorskich i może być dopuszczona do publicznej obrony.

Ponadto chciałbym stwierdzić, że w moim przekonaniu zawartość rozprawy, przedstawione wyniki, oryginalność podejścia do tematu, bardzo dobra redakcja maszynopisu oraz udokumentowane publikacje doktoranta przewyższają poziom typowych wymagań stawianych badaniom doktorskim i dlatego recenzowana rozprawa może być rozważana do **wyróżnienia przez Radę Wydziału** – o co niniejszym wnioskuję.



dr hab. inż. Jerzy Stefanowski, prof. nadzw. PP