

METODY AKWIZYCJI WIEDZY NIEPEWNEJ I NIEPEŁNEJ W ŚRODOWISKU PRZETWARZANIA WIEDZY

Cezary ORŁOWSKI, Rafał RYBACKI, Tomasz SITEK

Streszczenie: Artykuł prezentuje koncepcję środowiska do pozyskiwania i przetwarzania wiedzy o technologiach informatycznych. Rozwiązanie to jest częścią projektu opracowania systemu do oceny narzędzi i metodologii IT. Autorzy skupili się na budowie środowiska do jej akwizycji, zwracając uwagę zarówno na sam algorytm pozyskiwania jak też na procesy współpracy pomiędzy ekspertami a inżynierami wiedzy. Praca jest jednocześnie dokumentacją eksperymentu przeprowadzonego w gronie specjalistów, którego celem były weryfikacja teoretycznych założeń algorytmu i identyfikacja potencjalnych problemów przy współpracy z ekspertami dziedzinowymi.

Słowa kluczowe: bazy wiedzy, wiedza niepewna, wnioskowanie, system ekspertowy, technologie informatyczne.

1. Wprowadzenie

Rozwój technologii informatycznych stwarza organizacjom i przedsiębiorstwom szanse doboru odpowiednich rozwiązań informatycznych do stanu procesów biznesowych oraz poziomu ich informatyzacji. Kończy się bowiem czas, kiedy działały one efektywnie wykorzystując niewspółdziałające ze sobą aplikacje. Obecnie struktury te oczekują, że wykorzystywane systemy informatyczne zapewnią bezpieczny i natychmiastowy przepływ niezbędnych zasobów informatycznych do wspomaganego zarządzania przedsiębiorstwem. Dobór takich systemów jest najczęściej poprzedzony wstępną analizą tych istniejących w przedsiębiorstwie i dostępnych na rynku, a następnie ich oceną [1].

Aby przeprowadzić taką ocenę konieczne jest zastosowanie modelu do doboru technologii informatycznych. Przyjęto w opracowanym modelu [2], że o doborze technologii informatycznych dla potrzeb zarządzania przedsięwzięciem decydują: środowiska wytwarzania i klienta oraz entropia projektu, budując w tym celu odpowiednie opisy tych środowisk w postaci algorytmów decyzyjnych dla potrzeb identyfikacji zmiennych. Stąd też prezentuje się wielowarstwowe algorytmy postępowania kierowników zespołów w przypadku doboru technologii informatycznych dla potrzeb zarządzania. Następnie, na podstawie tych algorytmów, dobierano odpowiednie schematy zmiennych i ich semantyczny opis. Na podstawie przyjętych schematów i prezentowanych opisów buduje się wielowarstwowy model doboru technologii informatycznych. Stosuje się semantyczny regułowy opis stanowiący podstawę do jego implementacji z zastosowaniem podejścia rozmytego. Opis uwzględnia zarówno strukturę proponowanego modelu oraz jego zmienne, jak też stanowi punkt wyjścia do opracowywania odpowiednich modeli rozmytych będących podstawą do dalszych prac. Dla potrzeb opracowanego modelu w realizowanych pracach konieczne staje się pozyskanie wiedzy o projekcie i jego środowisku. Wiedza ta jest zarówno rozproszona jak też niepewna i niepełna. Te cechy wiedzy wynikają z dużej entropii środowiska projektowego, dla którego przedsięwzięcie informatyczne stanowi ciąg nieporządkowanych zdarzeń trudnych do zarządzania [3].

Dlatego też treścią tej publikacji jest próba zaprezentowania mechanizmów pozyskiwania takiej wiedzy na potrzeby modelu i systemu do oceny technologii informatycznych. Należy zaznaczyć, że zarówno pozyskana wiedza jak też mechanizm jej pozyskania jest warunkiem koniecznym dla budowy kompletnego modelu oceny technologii informatycznych.

Autorzy pracy prezentując mechanizmy pozyskiwania wiedzy skupili się na budowie środowiska do jej pozyskania, zwracając uwagę zarówno na sam algorytm akwizycji, jak też na procesy współpracy pomiędzy ekspertami a inżynierami wiedzy. Trzeba też dodać, iż tylko kompleksowe patrzenie na pozyskanie wiedzy przez pryzmat budowy środowiska stwarza warunki do budowy dopasowanego do potrzeb tego środowiska algorytmu przetwarzania.

2. Obszar i cel badań

Podstawowym celem naukowo-badawczym (ale także utylitarnym) zespołu, którego autorzy są członkami jest budowa systemu do zarządzania technologiami informatycznymi. W szczególności zakłada się, iż rozwiązanie takie będzie dedykowane do doboru metod i narzędzi wspomagających zarządzanie projektem informatycznym. Jest to system oparty na wiedzy, toteż kluczowym jego elementem muszą być wbudowane mechanizmy do jej pozyskiwania i przetwarzania [4].

Jak wspomniano we wstępie wiedza z tej dziedziny zwykle charakteryzuje się pewnym rodzajem niedoskonałości. Możemy wobec tego mieć do czynienia z [5]:

- wiedzą niepełną (niekompletną)
- wiedzą niepewną
- wiedzą nieprecyzyjną.

Należy dodać, że często okazuje się, iż pozyskiwana wiedza jest zarówno niepełna, niepewna jak też nieprecyzyjna (przykładowo ekspert może nie mieć wiedzy pełnej, a jednocześnie swojej wiedzy może nie być zupełnie pewien). W związku z tym istotne jest, aby ten aspekt wiedzy wziąć pod uwagę już na etapie doboru lub projektowania odpowiedniego narzędzia do budowy tego rodzaju systemu. Warunkiem koniecznym jest, aby budowany algorytm wspierał zarówno czynności związane z akwizycją reguł i faktów, jak i wszelkie procedury realizujące wnioskowanie. W zakresie pozyskania wiedzy w budowanym algorytmie priorytetem jest zaprojektowanie takiej logiki dialogu z ekspertem, by przeprowadzane sesje były optymalne ze względu wydajność procesu pozyskiwania wiedzy. Wydajność definiuje się w tym przypadku jako ilość reguł faktów wprowadzonych w danej jednostce czasu. Okazuje się bowiem, iż braki w pozyskiwaniu wiedzy wynikają zarówno z jej niekompletności po stronie specjalistów, ale także małej skuteczności inżynierii wiedzy (np. zbyt długie sesje stają się dla ekspertów uciążliwe). Interakcja „system-osoba wprowadzająca wiedzę” musi w założeniu być bezobsługowa (ekspertów będzie wielu, wobec tego współpraca z nimi musi odbywać się bez osobistego pośrednictwa inżyniera wiedzy). Tak więc celem autorów jest budowa środowiska, które charakteryzować się będzie:

- odpowiednią logiką procesu pozyskiwania wiedzy (optymalną ze względu na kryterium czasu oraz wykorzystanie kryteriów trudno lub niemierzalnych np. łatwość procesu wprowadzania wiedzy oparta na doświadczeniach autorów),
- ergonomicznym i odpornym na błędy interfejsem użytkownika, w ramach którego ekspert jest podczas każdego kroku wspierany przez system.

Dla potrzeb badawczych związanych z pozyskiwaniem i przetwarzaniem wiedzy stworzono aplikację pozwalającą na realizację procesu przetwarzania wiedzy na każdym z etapów jej pozyskiwania. Aplikacja, którą opisano w kolejnym rozdziale, stanowiła podstawę do przeprowadzenia eksperymentu z udziałem inżynierów wiedzy, ekspertów dziedzinowych oraz specjalistów w zakresie metod wnioskowania.

3. Narzędzie do pozyskiwania i przetwarzania wiedzy

3.1. Struktura bazy wiedzy

Wytworzona aplikacja to system ekspercki, którego celem jest wspomaganie procesu podejmowania decyzji na podstawie zgromadzonej wiedzy, algorytmów przetwarzania tej wiedzy oraz procedur wnioskowania i decydowania o kształcie odpowiedzi.

Podstawową jednostką wiedzy jest przypadek (ang. *case*). Wszystkie przypadki są informacją dotyczącą rzeczywistej lub symulowanej przez użytkownika sytuacji. Każdy przypadek opisywany jest przez dwa zbiory faktów: fakty opisujące daną sytuację oraz fakty opisujące sugerowane rozwiązanie rozpatrywanego problemu.

Każdy przypadek opisywany jest przez wektor wartości zmiennych wejściowych. Rozwiązanie przypadku określone jest przez wektor wartości zmiennych wyjściowych. Jednostka wiedzy – przypadek – jest więc przyporządkowaniem dwóch wektorów wartości. Dodatkowo zmienne wejściowe można opisać przy pomocy przyporządkowania wag, które opisują poziom istotności danej zmiennej przy podejmowaniu decyzji. Przykład przypadku został przedstawiony w postaci tabeli 1.

Tab. 1. Struktura przypadku – jednostki wiedzy - i przykładowa realizacja

Zmienne wejściowe			Zmienne wyjściowe	
A (1)	B (1)	C (2)	X	Y
a_1	b_1	c_1	x_1	y_1

gdzie: A (1) oznacza zmienną A o nadanej wadze o wartości 1.

Przypadek opisany w tabeli 1 można interpretować jako regułę w postaci implikacji logicznej, która oznacza:

$$IF (A = a_1) AND (B = b_1) AND (C = c_1) THEN (X = x_1) AND (Y = y_1) \quad (1)$$

Drugą jednostką strukturalną wiedzy w proponowanej koncepcji systemu eksperckiego są reguły adaptacyjne (ang. *adaptation rules*). Reguły te mogą wspomagać procesy wprowadzania wiedzy oraz zwiększać skuteczność wnioskowania dla wprowadzanych zapytań. Celem reguł adaptacyjnych jest dopasowywanie zapisanych w bazie wiedzy przypadków do zapytań, co pozwala na bardziej precyzyjną diagnozę wprowadzonego zapytania. Reguły te operują na dynamice zmian zmiennych wyjściowych przy określonych zmianach w zmiennych wejściowych. Przykład realizacji reguły adaptacyjnej został przedstawiony w tabeli 2.

Tab. 2. Przykład reguły adaptacyjnej

Zmienne wejściowe			Zmienne wyjściowe	
A	B	C	X	Y
$a_1 \rightarrow a_2$			$x_1 \rightarrow x_1$	

Interpretacja reguły adaptacyjnej przedstawionej w tabeli powyżej wyglądałaby następująco: *Jeżeli, przy niezmienności pozostałych wartości zmiennych, wartość zmiennej A zmienia się z a_1 na a_2 , to wartość zmiennej wyjściowej X zmieni się z x_1 na x_1 .*

3.2. Zawartość bazy wiedzy wytworzonej aplikacji

Aby system mógł wspomagać podejmowanie decyzji niezbędne jest wprowadzenie do bazy wiedzy treści, na bazie których wykonywane będą procedury wnioskowania. Zawartość bazy wiedzy może mieć w stosunku do kompletnej zawartości oraz realizacji wszystkich możliwych kombinacji przypadków charakter:

- wiedzy niepełnej,
- wiedzy niepewnej.

Realizacja koncepcji wiedzy niepełnej jest określona przez mniejszą niż maksymalna liczbą wprowadzonych do bazy wiedzy kombinacji przypadków wraz z sugerowanymi odpowiedziami.

Opracowany system pozwala na wprowadzanie wiedzy w postaci przypadków o ograniczonych stopniach przekonania dotyczących zarówno całej reguły jak i konkretnych faktów ją opisujących. Proponowana realizacja koncepcji wiedzy niepewnej polega na przypisaniu do przypadku oraz każdej ze zmiennych wejściowych i wyjściowych wartości poziomu pewności. Koncepcję tę przedstawia tabela 3.

Tab. 3. Struktura przypadku przy określaniu wiedzy niepewnej

Stopień pewności przypadku	Zmienne wejściowe						Zmienne wyjściowe			
	A	P(A)	B	P(B)	C	P(C)	X	P(X)	Y	P(Y)
90%	a_1	100 %	b_1	90%	c_1	75%	x_1	100 %	y_1	60%

gdzie: P(X) – funkcja określająca pewność realizacji zmiennej X w danym przypadku.

3.3. Procedury wnioskowania opracowanej aplikacji

Realizacja celu systemu – wspomaganie procesu podejmowania decyzji – polega na sugerowaniu przez system konkretnego rozwiązania dla problemu przedstawionego przez użytkownika. Przedstawiony problem stanowi zapytanie, którego zawartość określona jest przez wektor wartości zmiennych wejściowych.

Wnioskowanie w prezentowanym systemie eksperckim to proces dwuetapowy. W pierwszej części opiera się ono o poszukiwanie wśród przypadków wprowadzonych do bazy wiedzy przypadku najbardziej podobnego do zapytania. Porównywanie kolejnych reguł typu *case* z zapytaniem polega na poszukiwaniu odległości euklidesowej dla znormalizowanych wartości wektorów zmiennych wejściowych. Najlepsze dopasowanie będzie w takim przypadku określone przez najmniejszą z wyznaczonych odległości. Jest to realizacja algorytmu najbliższego sąsiada (ang. *nearest-neighbour*).

Drugi etap procedury wnioskowania to dopasowywanie przypadku oznaczonego jako najlepiej dopasowany poprzez zastosowanie reguł adaptacyjnych. W tym celu wykonywany jest przegląd reguł zapisanych w systemie w celu ekstrakcji i zastosowania tych z nich, które zmniejszą niezerową odległość euklidesową pomiędzy przypadkiem a zapytaniem. Jeżeli odległość euklidesowa pomiędzy wybranym przypadkiem a zapytaniem wynosi zero,

oznacza to, że system odnalazł przypadek identyczny z zapytaniem i rozwiązanie tego przypadku będzie sugerowanym rozwiązaniem dla zapytania. Gdy znajdzie taka zależność reguły adaptacyjne nie będą zastosowane.

3.4. Realizacja systemu

Przedstawiona w rozdziale koncepcja została zrealizowana w postaci aplikacji EXPERT2 zawierającej opisywany zestaw funkcjonalności. Aplikacja została zaimplementowana w technologii *Software-as-a-Service*, co umożliwi korzystanie z niej wielu użytkownikom jednocześnie przy zachowaniu spójności bazy wiedzy. Funkcjonalność aplikacji jest reprezentowana przez takie możliwości obsługi danych, jak:

- modyfikowanie struktury bazy wiedzy,
- dodawanie przypadków wraz ze stopniem pewności,
- dodawanie reguł adaptacyjnych wraz ze stopniem pewności,
- automatyczne budowanie reguł adaptacyjnych na podstawie wprowadzonych przypadków,
- wykonywanie zapytań w celu uzyskania informacji o sugerowanej odpowiedzi.

Dodatkowe funkcjonalności, umożliwiają prawidłową obsługę reguł adaptacyjnych. Na żądanie użytkownika z systemu usunięte zostaną reguły powtarzające się (duplikaty) i reguły będące w konflikcie. Dodatkowo można wyłączyć budowanie zestawu reguł adaptacyjnych na podstawie zbioru wprowadzonych przypadków. Kontrola nad tymi funkcjami została udostępniona w oknie podglądu bazy wiedzy. Ekran umożliwiający podgląd stanu bazy wiedzy w aplikacji został przedstawiony na rysunku 1.

Cases:						
id	Source	Confidence	Organizacja	Projekt	Klient	Metoda zarządzania
12	user	abs	początkowy [abs]	organiczne [abs]	odp, dop [abs]	PRINCE [abs]
13	user	abs	powtarzalny [abs]	osadzone [abs]	nie-odp, nie-dop [abs]	PRINCE [abs]
14	user	abs	powtarzalny [abs]	osadzone [abs]	nie-odp, dop [abs]	Scrum [abs]
15	user	abs	powtarzalny [abs]	osadzone [abs]	odp, nie-dop [abs]	PRINCE [abs]
16	user	abs	powtarzalny [abs]	osadzone [abs]	odp, dop [abs]	Scrum [abs]

Adaptation rules:						
id	Source	Confidence	Organizacja	Projekt	Klient	Metoda zarządzania
36	built	abs			odp, dop -> odp, nie-dop	Scrum -> PRINCE
37	built	abs		organiczne -> podewiane		Scrum -> Scrum
38	built	abs	definiowania -> powtarzalny			RUP -> PRINCE
39	built	abs	definiowania -> powtarzalny			Agile -> Scrum
40	built	abs	definiowania -> zarządzania			PRINCE -> RUP

remove adaptation rule remove all adaptation rules use adaptation rules build rules remove duplicate rules remove conflict rules

Statistics:
 Database completion: 60 / 60 (100%)
 Rules count: 66 (user rules: 0, adaptation rules: 66)
 Duplicate rules (removed): 406
 Conflict rules (removed): 68

Rys. 1. EXPERT2 – podgląd zawartości bazy wiedzy

Poniżej zostały zaprezentowane widoki aplikacji umożliwiające definiowanie i dodawanie przypadków oraz wykonywanie zapytań.

start structure knowledge base add case **add adaptation rule** resolve info

Add new case:

General case confidence: absolute ▼

Inputs:

Organizacja	Projekt	Klient
* początkowy powtarzalny definiowania zarządzania optymalizacji	* osadzone poderwane organiczne	* nie-odp, nie-dop nie-odp, dop odp, nie-dop odp, dop
low moderate high absolute	low moderate high absolute	low moderate high absolute

Outputs:

Metoda zarządzania

PRINCE RUP Scrum Agile	low moderate high absolute
---------------------------------	--

Current solution:

add/modify case test case

Rys. 2. EXPERT2 – dodawanie przypadków

start structure knowledge base add case **add adaptation rule** resolve info

Resolve case:

Organizacja	Projekt	Klient
* początkowy powtarzalny definiowania zarządzania optymalizacji	* osadzone poderwane organiczne	* nie-odp, nie-dop nie-odp, dop odp, nie-dop odp, dop
low moderate high absolute	low moderate high absolute	low moderate high absolute

query case

Solutions:

General solution confidence: absolute (100%)
 Metoda zarządzania: RUP - absolute (100%)
 Base case: 45
 Adaptation rules applied:

Rys. 3. EXPERT2 – wykonywanie zapytań

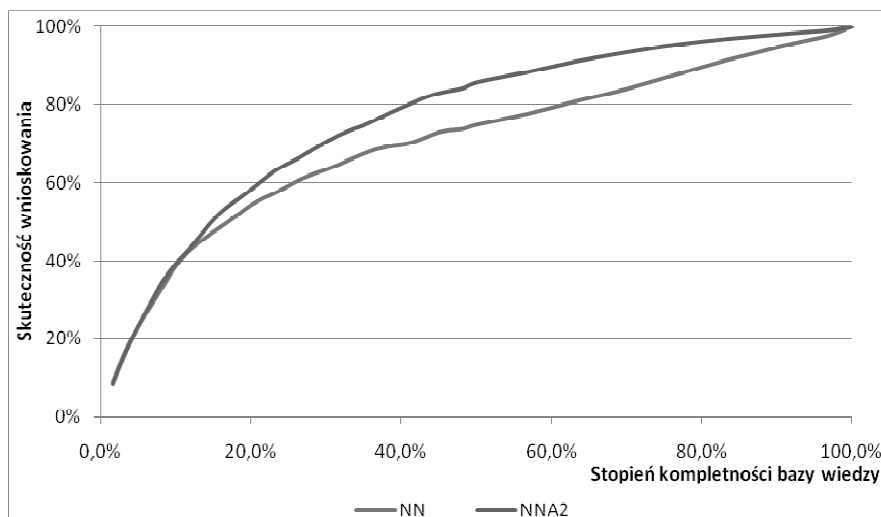
3.5. Testy opracowanej aplikacji i weryfikacja jej działania

W celu weryfikacji poprawności opisywanego podejścia do wnioskowania wykonano badania skuteczności wnioskowania dla zidentyfikowanego i rozwiązanego wcześniej problemu. Badanie zostało wykonane na próbie 100.000 zapytań, przy różnych stopniach kompletności bazy wiedzy, dla dwóch koncepcji wnioskowania:

- NN – wnioskowanie tylko na podstawie wprowadzonych przypadków,
- NNA – wnioskowanie na podstawie wprowadzonych przypadków z zastosowaniem reguł adaptacyjnych w celu dopasowania sugerowanego

rozwiązania.

Wyniki przeprowadzonego badania w dwóch wariantach prezentuje rysunek 4.



Rys. 4. Wynik badania skuteczności metod wnioskowania

Skuteczność wnioskowania mierzona była ilością poprawnych odpowiedzi w stosunku do liczby zapytań. Z powyższego wykresu wnioskować można, że stosowanie reguł adaptacyjnych przy opisywanej koncepcji systemu eksperckiego jest uzasadnione.

4. Eksperyment weryfikujący opracowane podejście do wnioskowania i akwizycji wiedzy

4.1. Założenia

Stworzenie aplikacji zaprezentowanej w poprzednim rozdziale zostało zdeterminowane potrzebą weryfikacji opracowywanej dotychczas koncepcji autorów odniesionej do pozyskiwania i przetwarzania wiedzy. Wobec tego postanowiono przeprowadzić testy z udziałem ekspertów, które miały wykazać zasadność opracowanego podejścia oraz wytyczyć kierunki dalszych działań.

Ustalono, iż podstawą dla tej weryfikacji jest wiedza współpracujących ekspertów dziedzinowych. Planowany eksperyment postanowiono przeprowadzić w realiach projektu naukowo-badawczego realizowanego z działem IT (tzw. organizacją wsparcia) dużej międzynarodowej organizacji finansowej. Celem projektu jest budowa narzędzia prognostycznego pozwalającego na określenie czynników decydujących o ewolucji organizacji wsparcia. Uzyskanie zamierzonego efektu zależne jest w dużej mierze od ilości i jakości dostępnej wiedzy o zaszytych i prawdopodobnych zmianach w jej strukturach. W szczególności pozyskiwane są reguły mówiące o wpływie jaki ma stan początkowy organizacji oraz możliwe procesy przejścia na jej poziom końcowy (mierzony w skali poziomów dojrzałości, podobnie jak w metodyce CMMI).

Opracowana aplikacja przedstawiona uprzednio stwarzała warunki, aby w obecności ekspertów przetestować jej działanie. Dodatkowo na bazie uzyskiwanych wyników określano końcową postać specyfikacji wymagań w stosunku do tej aplikacji.

Mimo dużej złożoności projektu bazowego (liczonej np. liczbą analizowanych parametrów) uznano za celowe zawęzić zakres wiedzy podczas eksperymentu. Skupiono się na analizie (preprocessingu) jednej zmiennej - poziomie dojrzałości organizacji. Przyjęto ogólną postać reguł baz wiedzy:

$$IF \langle \text{stan początkowy} \rangle \text{ AND } \langle \text{procesy przejścia} \rangle \text{ THEN } \langle \text{stan końcowy} \rangle \quad (2)$$

gdzie wszystkie zmienne wyrażone są w założeniu w skali 1-5, co odpowiada poziomowi dojrzałości organizacji.

4.2. Przebieg eksperymentu

Eksperyment został przeprowadzony w Laboratorium Badania Technologii Informatycznych na Politechnice Gdańskiej. Wzięli w nim aktywny udział przedstawiciele trzech stron:

- Inżynierowie wiedzy z Zakładu Zarządzania Technologiami Informatycznymi (w tym autorzy),
- Eksperti dziedzinowi w zakresie algorytmów przetwarzania wiedzy niedoskonałej,
- Eksperti merytoryczni z organizacji wsparcia, w zakresie wiedzy o procesach determinujących zmiany poziomów dojrzałości w tego typu podmiotach.

W harmonogramie spotkania wyróżniono trzy główne jego części:

- wprowadzenie uczestników w tematykę badań i prezentacja obranych założeń,
- dostrojenie systemu, korekta bazowej struktury bazy wiedzy, dobranie zbiorów dopuszczalnych wartości
- cztery konsultacje z ekspertami, gdzie podczas każdej kolejnej wprowadza się dodatkowe funkcjonalności/udogodnienia dostępne dla eksperta; celem autorów jest weryfikacja zasadności każdego z czterech podejść do akwizycji wiedzy.

Sesja #1 przeprowadzona została w celu pozyskania od specjalistów z organizacji wsparcia wyłączenie wiedzy pewnej. Ustalono jedynie mechanizmy wprowadzania reguł typu *case* (por. poprzedni rozdział). Ustalono, iż wprowadzana zostaje na tym etapie wiedza, co do której nie występują wątpliwości. Wszelkie niejasne przypadki zostają odrzucone. Założono także, iż eksperci otrzymują w tym celu do dyspozycji pustą bazę i rozpoczynają jej wypełnianie we własnym trybie i tempie (zaleta: nie ma konieczności analizy żadnego stanu początkowego wiedzy). Podczas dodawania kolejnych reguł przeprowadzano także wnioskowanie w celu weryfikacji spodziewanych rozwiązań oraz badania możliwości wnioskowania systemu w obszarze z wiedzy niepełnej. Ważnym wnioskiem było zakończenie tego etapu przy bardzo niskim nasyceniu bazy wiedzy regułami (w odniesieniu do stanu kompletnego, gdzie potencjalnie reguły powinny obejmować wszystkie dostępne kombinacje zmiennych wejściowych). Eksperti uznali, iż bardzo niewielka część wiedzy jest pewna i możliwa do natychmiastowej implementacji.

Sesja#2 dotyczyła możliwości wprowadzenia reguł adaptacyjnych. Jej celem była odpowiedź na pytanie: czy łatwiej ekspertowi wprowadzić wiele przypadków (reguł *case*), czy skupić się na alternatywnym rozwiązaniu, czyli kilku regułach określających generalne zasady przejść stanów. Możliwość ustalenia tego typu reguł zdeterminowała potrzeba korekty w dotychczas wprowadzonej wiedzy. Pewne reguły-przypadki zastąpiono odpowiednimi regułami adaptacyjnymi. Modyfikacje wprowadzano w kilku iteracjach analizując jednocześnie odpowiedzi generowane przez system (np. porównując odpowiedzi na te same pytania przy różnej postaci bazy wiedzy). Należy podkreślić, że podobnie jak podczas sesji #1 brano pod uwagę tylko wiedzę pewną. Efektem tej części spotkania był dość zaskakujący wniosek, iż dla eksperta wiedza adaptacyjna jest zbyt trudna w

wyrażeniu. Powoduje to, iż generalnie proces akwizycji wiedzy staje się dla niego uciążliwy. Znacznie łatwiej jest wygenerować na bazie doświadczeń wiele poszczególnych przypadków, niż kilka reguł natury bardziej ogólnej.

Sesja #3 zakładała zastosowanie dla wprowadzanych reguł stopni niepewności (ang. *uncertainty factors*). Funkcjonalności systemu stwarzają warunki do przydzielenia dla każdej reguły bądź składowej reguły jednego z czterech poziomów pewności: *low, moderate, high, absolute*. Każdej z wartości lingwistycznych przydzielono pewną wartość procentową (np. *absolute* = 100% pewności o prawdziwości danego stwierdzenia). Mając do dyspozycji tę funkcjonalność eksperci przeanalizowali wprowadzoną dotychczas wiedzę pod kątem jej pewności. Jako, że możliwość wyrażania stopnia ufności potraktowano jako odmienne podejście wyrażania własnej wiedzy, na prośbę ekspertów zastosowano podejście alternatywne. Usunięto reguły z bazy reguł i ponownie zapełniono ją regułami z uwzględnieniem stopni pewności. Efektem tej fazy eksperymentu była niewątpliwie wyższa ocena systemu przez ekspertów. Wskazali oni na znacznie większą elastyczność narzędzia po wprowadzeniu koncepcji niepewności.

Sesja #4 stanowiła próbę uzyskania kompletnej bazy wiedzy. Oczywiście jest, że większy stopień kompletności bazy wiedzy (ilości reguł) ma przełożenie na dokładność generowanych przez tę aplikację hipotez. Ustalono więc jako cel osiągnięcie możliwie dużego stopnia wypełnienia bazy regułami. Dla sesji 1-3 założono, iż ekspert dodawał reguły rozpoczynając zapełnianie bazy wiedzy od bazy pustej. W przypadku tej sesji przedstawiono specjalistom kompletną bazę wiedzy (wygenerowaną automatycznie z kompletną liczbą reguł) bez przyporządkowanych tym regułom hipotez. Postawiono ekspertów w sytuacji potrzeby przeanalizowania takiej postaci bazy wiedzy i dopisania hipotez dla każdego wprowadzonego do bazy przypadku. Jednocześnie system sygnalizował (na podstawie statystyk wypełnienia bazy) jej stan – procentowy udział ustalonych hipotez. Jakkolwiek z punktu widzenia inżynierii wiedzy cel wydawał się zasadny, eksperci odrzucili go traktując ten sposób wypełniania bazy jako znaczne utrudnienie. Takie podejście okazało się zbyt trudne w realizacji szczególnie w przypadku, gdy kompletna baza składa się ze zbyt dużej (według subiektywnej oceny każdego z ekspertów) liczby reguł do oceny i wprowadzenia hipotez.

5. Podsumowanie

Opisany w niniejszej pracy eksperyment zorganizowany przez autorów stanowi niewątpliwie wartość dodaną do dotychczasowych prowadzonych przez nich badań w zakresie pozyskiwania i przetwarzania wiedzy. Jego użyteczność została potwierdzona przez wszystkie strony zaangażowane w to spotkanie. Autorzy pracy przygotowali warunki do gromadzenia wiedzy obciążonej niedoskonałościami, ale także poczynili wiele obserwacji zachowań ekspertów w kluczowych dla procesu momentach (np. decyzje w momencie niezgodności zdań kilku ekspertów itp.).

Najciekawszym, a jednocześnie zupełnie nieprzewidzianym wcześniej aspektem tego eksperymentu okazała się rozbieżność pomiędzy podstawowym celem zespołu projektującego algorytm a celami wyrażonymi przez ekspertów. Autorzy pracy oceniając problematykę niepełności i niepewności wiedzy uznali za cel główny eliminację tych niedoskonałości. Wprowadzane podczas poszczególnych sesji dodatkowe funkcjonalności systemu miały pomóc ekspertom w wyrażeniu swojej wiedzy w sposób jak najbardziej kompletny. Eksperci zaś uznali, iż wiedza niepełna nie stanowi przeszkody dla wykorzystania opracowanej aplikacji. Zgodnie z ich założeniami nie ma potrzeby generowania przypadków (reguł *case*) dla sytuacji hipotetycznych, które według ich oceny nie istnieją. Obie strony zgodziły się przy tym, że gwarancją sukcesu w wytwarzaniu i

wykorzystaniu opracowanej aplikacji jest stały nadzór nad wiedzą ekspertów poprzez odpowiednio dużą ilość konsultacji z nimi podczas procesów wypełnienia wiedzy bazy wiedzy.

Zaprezentowane przedsięwzięcie było pierwszą tego rodzaju sesją z ekspertami. Zgodzono się, iż stanowi ono ważny krok w budowie aplikacji do pozyskiwania i przetwarzania wiedzy. Ustalono, iż w ramach wykorzystanej aplikacji planuje się uszczegóławiać partykularne cele ekspertów i sukcesywnie eliminować słabe strony opracowywanej koncepcji pozyskiwania i przetwarzania wiedzy niepewnej dla potrzeb oceny technologii informatycznych.

Tekst powstał w ramach projektu Zastosowanie metod inteligentnych do oceny technologii informatycznych finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Literatura

1. Orłowski C.: Wprowadzenie. W: Zarządzanie technologiami informatycznymi. Stan i perspektywy rozwoju, monografia pod red. nauk. Cezarego Orłowskiego. Pomorskie Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Gdańsk, 2006, s. 5.
2. Sitek T., Orłowski C.: Model zarządzania zasobami wiedzy w środowisku oceny technologii Informatycznych, Zarządzanie Wiedzą i Technologiami Informatycznymi, C. Orłowski, Z. Kowalczyk, E. Szczerbicki (ed.), Pomorskie Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Gdańsk, 2008, ss. 403-412.
3. Orłowski C.: Semantyczna specyfikacja procesów ADM dla potrzeb doboru metod zarządzania przedsięwzięciami (w opracowaniu).
4. Orłowski C., Sitek T.: Ocena technologii informatycznych - koncepcja wykorzystania systemów inteligentnych. W: Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie. Red. Ryszard Knosala, Tom II. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 2007, s. 153.
5. Bolc L., Borodziewicz W., Wójcik M.: Podstawy przetwarzania informacji niepewnej i niepełnej, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 1991.

Dr hab. inż. Cezary ORŁOWSKI prof. Politechniki Gdańskiej

Mgr inż. Tomasz SITEK

Zakład Zarządzania Technologiami Informatycznymi

Wydział Zarządzania i Ekonomii

Politechnika Gdańska

80-233 Gdańsk, ul. Narutowicza 11/12

tel.: (58) 347 24 55, fax: (58) 348 60 24

e-mail: cor@zie.pg.gda.pl

tsitek@zie.pg.gda.pl

Rafał RYBACKI

Student Wydziału Zarządzania i Ekonomii

Politechnika Gdańska

80-233 Gdańsk, ul. Narutowicza 11/12

e-mail: rafal.rybacki@gmail.com