

WERYFIKACJA AGENTÓW SYSTEMU AGENTOWEGO DO OCENY TECHNOLOGII INFORMATYCZNYCH

Cezary ORŁOWSKI, Artur ZIÓŁKOWSKI

Streszczenie: Artykuł podejmuje próbę weryfikacji agentów systemu agentowego do oceny technologii informatycznych. W pierwszej części zaprezentowano rozwój i dojrzewanie samej koncepcji systemu po to aby w dalszej części dokonać weryfikacji zbudowanego prototypu. Artykuł poza samą weryfikacją pokazuje jednocześnie kierunki dalszego rozwoju przyjętej struktury systemu agentowego do oceny technologii IT

Słowa kluczowe: system agentowy, zarządzanie technologiami informatycznymi.

1. Wstęp

Prezentowana praca jest podsumowaniem serii artykułów obejmujących badania technologii informatycznych [por 5,6,7] i w swoich założeniach prezentuje rozwinięcie koncepcji zastosowania systemu wieloagentowego do oceny technologii informatycznych. Koncepcja powstała w Zakładzie Zarządzania Technologiami Informatycznymi na Politechnice Gdańskiej w 2007 roku i jest sukcesywnie rozwijana. Niniejszy artykuł stanowi zamknięcie etapu budowy modelu systemu, który może być użyty to zarządzania technologiami informatycznymi. Głównym przeznaczeniem tego modelu jest ocena technologii informatycznych wspomagających zarządzanie przedsięwzięciami informatycznymi. Istotą tej oceny jest ułatwienie menedżerom podejmowanie decyzji dotyczących doboru narzędzi informatycznych wspomagających zarządzanie projektem. Poniżej omówione zostały poszczególne etapy budowy i weryfikacji modelu z uwzględnieniem aktualnego stanu prac zespołu realizującego to przedsięwzięcie. Szczególny nacisk został położony na dobór środowiska weryfikacji prototypu systemu agentowego bazującego na modelu systemu.

Opracowany system do oceny technologii informatycznych bazuje na inteligentnych jednostkach pozyskujących i przetwarzających wiedzę [1]. Takimi właśnie jednostkami są agenty – podstawowe składniki systemów wieloagentowych, rozumiane jako niezależne byty podejmujące akcje i wykonujące zadania w imieniu użytkownika. Propozycja użycia agentów do oceny technologii informatycznych wynika wprost z ich immanentnych cech oraz szerokiego wachlarza możliwości (zwłaszcza umiejscawiając je w kontekście Semantic Web, gdzie rola inteligentnych agentów wydaje się być niezbędną) [4]. Agenty z definicji służą pozyskiwaniu i przetwarzaniu informacji[3] zatem ich rola w systemie oceniania jest dwojako. Pierwszym ich zadaniem jest pozyskiwanie informacji z otoczenia (zasilając tym samym system oceniający), drugim natomiast generowanie ocen i przekazywanie ich zlecającemu (użytkownikowi, klientowi). Jako, że ocenianie powinno być pozbawione subiektywizmu, uzasadnione jest przeniesienie tej oceny na poziom niezależnych[4] agentów generujących oceny. Oceny te są wyrażane w oparciu o załączoną do systemu bazę faktów, przy abstrahowaniu od jakichkolwiek subiektywnych przekonań (które może mieć użytkownik, ekspert lub inna osoba).

2. Model systemu wieloagentowy do oceny technologii informatycznych

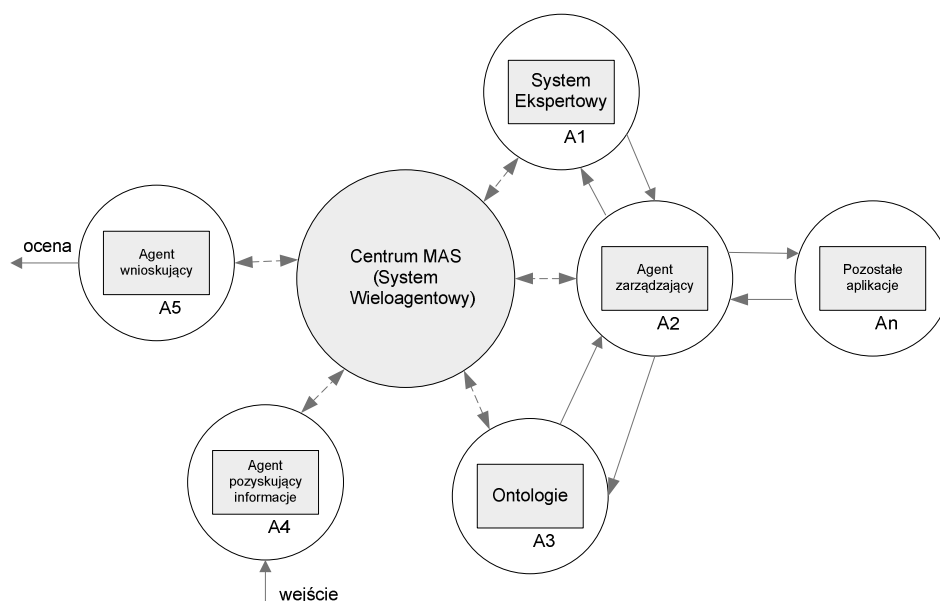
Tak jak wspomniano o tym uprzednio głównym założeniem koncepcji systemu agentowego było zapewnienie możliwości oceny technologii informatycznych w sposób możliwie niezależny i przede wszystkim obiektywny. To podejście doprowadziło do stanu, w którym konieczne stało się podjęcie poszukiwań znacznej liczby „komponentów”, które poprzez wzajemną współpracę zapewnią systemowi taką obiektywność. Dlatego też pierwsze przybliżenie koncepcji (zaprezentowane na rysunku nr 1) niosło ze sobą założenie, że agenty systemu agentowego będą zdolne do komunikowania się z innymi bytami wspierającymi proces generowania ocen.

a. *Wstępna wersja modelu systemu agentowego*

Jako pierwsza zostanie zaprezentowana wersja wstępna modelu systemu agentowego. Założono że jej elementami są:

- system ekspertowy (oparty na bazie faktów i reguł zapewniających wnioskowanie w oparciu o reguły rozmyte),
- ontologia bądź ontologie, które będą odpowiedzialne za formalną poprawność przekazywanych informacji w systemie,
- inne inteligentne obiekty (np. sztuczna sieć neuronowa, algorytmy genetyczne), które wspierać będą proces wnioskowania w trakcie generowania ocen.

Takie podejście doprowadziło do sytuacji, w której duży ciężar badań został posadowiony na możliwości współpracy wszystkich składowych systemu. Jednocześnie w celu zapewnienia właściwego rozwoju koncepcji przeprowadzono prace rozpoznawcze zarówno w obszarze niezależnych bytów: systemu agentowego, ontologii jak i systemu ekspertowego. Stąd też należy zaznaczyć, że główny problem jaki wyłaniał się od początku realizowanych prac to zapewnienie możliwości współpracy wszystkich inteligentnych obiektów. Rozpoznanie takiej współpracy pozwoliło niewątpliwie na zamknięcie pewnego etapu przyjęcia priorytetowych zadań dla członków zespołu pracującego nad tą koncepcją. Jednocześnie na tym etapie badań rozpoczęto definiowanie funkcji systemu agentowego. Tak przygotowana koncepcja systemu agentowego do oceny technologii informatycznych identyfikowała dwie podstawowe jego funkcje. Pierwszą stanowiło pełnienie roli środowiska wnioskującego, które na podstawie posiadanej wiedzy pozwala ocenić technologię informatyczną (pod kątem zadanych kryteriów) i uznać ją za przydatną (bądź nie). Drugą główną funkcją systemu agentowego było zapewnienie optymalnego (z punktu widzenia posiadanych zasobów) działania systemu i kontrolowanie prawidłowego przebiegu procesu generowania ocen. Oznaczało to zatem konieczność wypracowania mechanizmów zarządzania samymi składnikami systemu oceniającego (agentami, ontologią, systemem ekspertowym, sztuczną siecią neuronową). Takie podejście oznaczało konieczność przyjęcia konkretnej struktury poszczególnych składników. Za najbardziej odpowiednie podejście uznano przeniesienie klasycznej struktury organizacji oceniającej na płaszczyznę agentów oraz przyjęcie struktury hierarchicznej dla agentów w zależności od stopnia ich ważności i rodzaju pełnionych zadań. Stąd też drugi etap realizowanych badań został poświęcony definiowaniu agentów oraz przypisaniu (zgodnie z zasadami zarządzania) zakresu odpowiedzialności każdego agenta – opracowania prototypu funkcjonalnego (określenia pełnej funkcjonalności agentów).



Rys. 5. Koncepcja systemu wspierającego ocenę technologii informatycznych

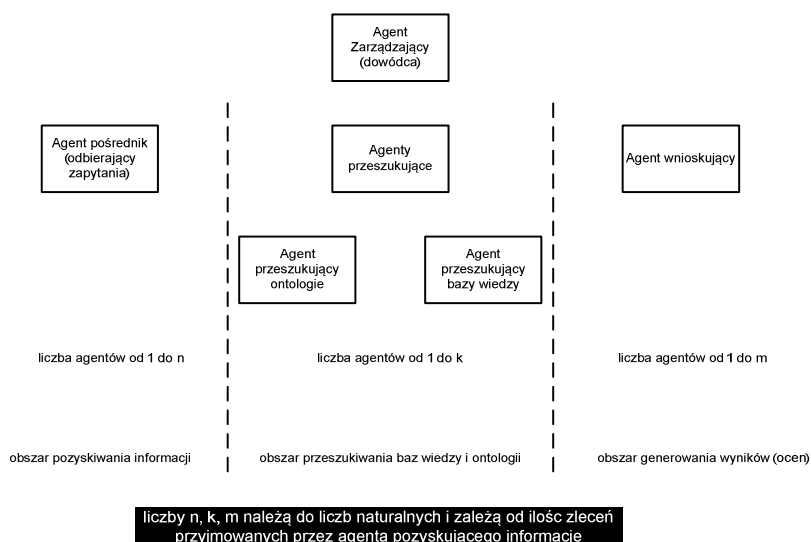
b. Wersja pośrednia modelu systemu agentowego

Prototyp funkcjonalny[5], (wspomniany uprzednio), to kolejny etap w rozwoju koncepcji systemu agentowego. W ramach tego etapu skoncentrowano się na specyfikacji poszczególnych agentów. W tym celu podjęto badania pod kątem przystosowania agentów do realizacji procesu oceniania technologii informatycznych. Analizowano jednocześnie możliwości ich współpracy, tak aby przyjęte założenie z etapu poprzedniego (ustawienie agentów w strukturze hierarchicznej) mogło zostać zweryfikowane. Poddając weryfikacji koncepcję agentów przeprowadzono także dyskusję z przyszłymi członkami zespołu odpowiedzialnymi za jego implementację dla określenia możliwości wykorzystania procedur zarządzania w budowie środowiska wieloagentowego. Należy podkreślić, że działania podejmowane na tym etapie budowy modelu skoncentrowane były na zapewnieniu pełnej definicji agentów. Oznaczała ona - określenie wszystkich uczestników procesu oceny wraz z przyporządkowanymi zadaniami oraz określeniem zależności hierarchicznych pomiędzy nimi (zgodnie z zasadą KCR, czyli Kto Co Robi). Takie podejście pozwoliło na przyjęcie produktu etapu definiowania - prototypu funkcjonalnego systemu do oceny technologii informatycznej. Wszystkie możliwe typy agentów zostały zdefiniowane, agentom przydzielono zestawy zadań, które powinny być przez nie wykonywane a także podjęto pracę nad określeniem przepływu informacji między agentami. Ważnym wnioskiem z tego etapu było również określenie wszystkich funkcji systemu, które obejmują:

- pozyskiwanie informacji od użytkownika (klienta systemu),
- przeszukania zasobów,
- wnioskowanie w oparciu o udostępnione zasoby,
- zarządzanie agentami systemu.

Po zdefiniowaniu funkcjonalności, możliwe stało się przejście do pracy nad sposobem przepływu informacji w przyjętej strukturze, czyli nad komunikatami. Sposób

komunikowania się między agentami systemu jest bowiem najbardziej „wrażliwym” punktem i optymalizacja stanu komunikatów istotnie wpływa na działanie całego systemu. Wynika to z faktu, że komunikaty niosą ze sobą zlecenie podjęcia określonej akcji przez agenta. W pierwszym etapie pracy nad sposobem komunikowania się uczestników procesu oceny, podjęto próbę zdefiniowania typowych komunikatów jakie wysyłają agenty. Ponieważ przyjęto, że każdy agent ma przypisany zakres zadań, które może zrealizować oraz zakres uprawnień dzięki którym może zlecać wykonanie określonych zadań innemu agentowi, dokonano definicji podstawowych komunikatów-zleceń jakie mogą być wysyłane przez agenty (w zależności od umiejscowienia w układzie hierarchiczno-funkcjonalnym). Takie podejście wynika z faktu, że zlecenie przybiera charakter komunikatu, na który powinien zareagować stosowny agent. Jednocześnie zauważono, że odebrany komunikat wpływa na zachowanie i stan agenta, co pozwala na definiowanie jego stanów w zależności od odebranego komunikatu. Dalszym krokiem była budowa algorytmów działania agentów w środowisku oceny technologii informatycznych. Przygotowano odpowiednie zestawienia tabelaryczne komunikatów, stanów przyjmowanych przez agentów, akcji przez nie realizowanych oraz algorytmów działania, aby określić punkt wyjścia do implementacji agentów w środowisku wieloagentowym.

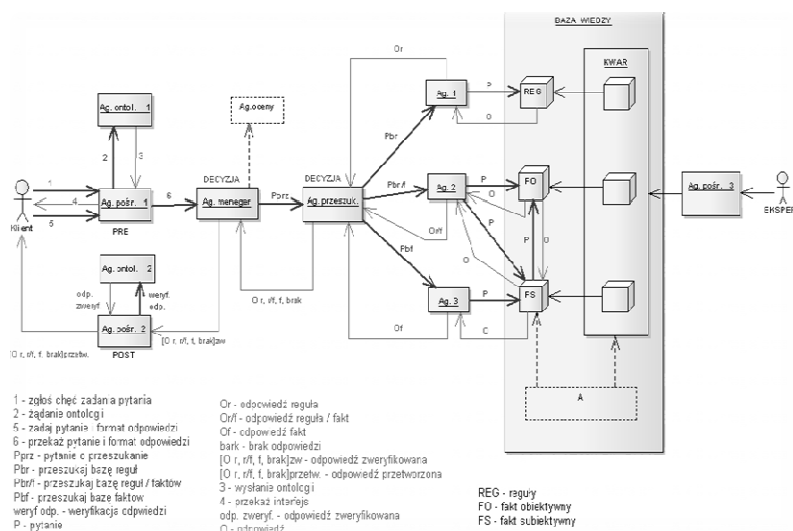


Rys. 6. Układ hierarchiczno-funkcjonalny agentów w systemie do oceny technologii informatycznych

c. Pełna wersja modelu systemu agentowego

Zaprezentowane wcześniej etapy rozwoju koncepcji pozwoliły na opracowanie pełnego modelu systemu agentowego do oceny technologii informatycznych. Agenty zostały w pełni zdefiniowane, określono ich zadania i rolę w procesie oceny a także ustalono wszystkie niezbędne składowe systemu, czyli wspomniane wcześniej ontologie i system ekspertowy. Takie podejście pozwoliło na wykonanie kolejnego, istotnego kroku - połączenia agentów i stworzenie organizacji przepływu strumienia informacji. Na tym etapie jasne stało się, że rola ontologii i systemu ekspertowego jest nieodzowna. System bowiem musi być kompletny, tzn. zapewniający obieg zamkniętych (do obszaru modelu)

informacji (tę funkcjonalność zapewnia ontologia) oraz wiarygodny i dokładny (co zapewnia wnioskowanie w oparciu o reguły system ekspertowy). Dzięki tym założeniom agenci stali się podmiotami w systemie zarządzania zarówno strumieniem informacji, jak i całym systemem oceniającym. Poniższa ilustracja obrazuje przepływ zleceń pomiędzy agentami.



Rys. 7. Schemat działania systemu agentowego do oceny technologii informatycznych

W działaniu systemu można wyodrębnić: agenta pośredniczącego który zbiera informacje od klienta, przekazuje je agentowi menedżerowi, który decyduje o tym jakie podjąć działanie i zleca je odpowiedniemu agentowi – albo przeszukującemu albo oceniającemu. Po tej akcji następuje przekazanie wyniku klientowi zadającemu pytanie. Oznacza to, że system ma możliwość przeszukiwania danych (w obszarze danych historycznych) i przekazania klientowi odpowiedzi na postawione pytanie. Dodatkowym problemem wymagającym wyjaśnienia, na tym etapie badań było zasilanie systemu ekspertowego wiedzą ekspercką oraz dobór modelu ocenowego. Oba składniki systemu są ciągle rozwijane. Wydaje się że najbardziej prawdopodobne będzie użycie dodatkowego agenta (pozyskującego wiedzę), którego zadaniem będzie zasilenie systemu wiedzą ekspercką.

3. Środowisko weryfikacji systemu agentowego

Po opracowaniu kompletnej wersji modelu systemu agentowego zdecydowano się na rozpoczęcie procesów jego weryfikacji. Oznaczało to w praktyce potrzebę implementacji modelu z wykorzystaniem narzędzi do szybkiego wytwarzania aplikacji RAD (ang. *Rapid Application Development*). Jako że wszystkie składniki systemu były zdefiniowane (równocześnie prowadzono prace nad systemem agentowym, ontologiami i system ekspertowym) należało dobrać środowisko implementacji. Podstawowym środowiskiem dla systemów implementujących struktury agentowe jest JADE [B], ale na potrzeby testów systemu wybrano środowisko VBA (ang. *Microsoft Visual Basic for Application*) dostępne w aplikacji MS Excel. Zgodnie z podejściem RAD uznano, że pierwsza implementacja

powinna odbyć się z użyciem takich narzędzi i środowisk, które zapewnią możliwie szybką implementację systemu i są doskonale znane autorom koncepcji systemu.

Drugi problem jaki pojawił się przy analizie działania systemu to zasilenie go odpowiednimi danymi na potrzeby testów. W związku z tym, że zebranie danych na temat technologii do zarządzania przedsięwzięciami informatycznymi trwa stosunkowo długo a w dodatku mają one charakter jakościowy (oznacza to że dane trzeba konwertować na parametry mierzalne co jest procesem długotrwałym i wymagającym wiedzy ekspertów) postanowiono do testowania systemu wykorzystać inny typ łatwo dostępnych danych - dane systemu technicznego. Stąd też zasilono system danymi dotyczącymi stopnia zanieczyszczenia Trójmiasta (dzięki współpracy z Wydziałem Chemicznym Politechniki Gdańskiej). Wykorzystano dane dotyczące emisji kilku podstawowych substancji zanieczyszczających (takich jak: benzen, toluen, etylobenzen itp.). Dane te posłużyły do testowania mechanizmów działania systemu agentowego, zwłaszcza zachowania się każdego podmiotu (agenty, ontologie i bazy wiedzy) z osobna jak i zbadania zachowywania się całości. Zaletą wykorzystania danych z systemu technicznego nt. zanieczyszczeń jest niewątpliwie fakt, że można szybko ocenić jakość powtarzalnych wyników tj. sprawdzić czy otrzymane wyniki mieszczą się w dopuszczalnym obszarze - czy generowane wyniki są poprawne. Takie podejście daje dodatkowo możliwość tzw. „strojenia systemu” czyli weryfikacji wszystkich jego podmiotów oraz oceny dokładności otrzymanych wyników.

Aby przeprowadzić proces strojenia systemu, konieczna staje się analiza zadań realizowanych przez agenty systemu. Po rozmowach z ekspertem (osoba reprezentująca wiedzę z dziedziny chemii i ochrony środowiska) ustalono dwa podstawowe zadania systemu: wyszukiwanie wyników z lat ubiegłych oraz prognozowanie stężeń substancji zanieczyszczających. Zarówno w pierwszym jak i drugim przypadku, agenty są bezpośrednio zaangażowane w realizację obu zadań. Należy w tym momencie przypomnieć że środowiskiem implementacji systemu jest język VBA. Takie podejście skutkowało tym, że w celu zasymulowania agentowości należało uznać za poszczególne agenty arkusze programu Excel. Pozostałe składniki czyli ontologie i system ekspertowy (z bazami reguł i faktów) zostały zawarte w osobnych skoroszytach do których odwołują się agenty z poziomu skoroszytu (zawierającego agenty). Każdy arkusz w MS Excel miał za zadanie odwzorowywać pojedynczy typ agenta (agent pośredniczący, agent menedżer, agent przeszukujący). Przy takim odwzorowaniu można było użyć formuł oraz makropoleczeń aby zasymulować poszczególne funkcjonalności agentów (zgodnie z prototypem funkcjonalnym prezentowanym wcześniej).

Tak zdefiniowane i zaimplementowane składniki systemu można było poddawać weryfikacji. W tym celu należy przedstawić mechanizm działania systemu. Zgodnie z ustaleniami z ekspertem - klientem (specjalista od zanieczyszczeń powietrza) przystąpiono do realizacji zakładając, że system powinien pełnić jedną z dwóch funkcji: przeszukanie zasobów i wskazanie wyników z przeszłości lub wygenerowanie prognozy stężeń środków zanieczyszczających przy podanych warunkach (temperatura, wilgotność, siła wiatru, ciśnienie). Aby odtworzyć oczekiwania klienta utworzony został w pierwszej kolejności Obszar Zapytań, w środowisku którego działa agent pośredniczący. Jego zadaniem jest określenie typu zadania od klienta (zapytanie czy prognozowanie) oraz pozyskanie informacji (do przeszukania lub prognozy).

W przypadku kiedy klient - ekspert zleca przeszukanie zasobów, agent pośredniczący zbiera informacje potrzebne do wyszukania konkretnych wartości. Klientowi - ekspertowi zostaje przedłożona lista parametrów (takich jak m.in. nr stacji meteorologicznej, miesiąc, rok, temperatura, ciśnienie). Po wprowadzeniu tych parametrów przez klienta do systemu,

agent pośredniczący pobiera te wartości i przekazuje agentowi menedżerowi (który decyduje o tym który agent ma być użyty). Agent menedżer odbiera komunikat o tym, że klient oczekuje na wyniki przeszukania (na podstawie zadanych parametrów). Komunikat, który zawiera takie informacje pozwala agentowi menedżerowi podjąć decyzję, któremu agentowi systemu należy zlecić to zadanie. W przypadku, gdy klient oczekuje na wyniki przeszukania, agent menedżer kieruje zlecenie do agenta przeszukującego, który umieszcza kryteria przeszukiwania w wyszukiwarce wbudowanej w bazie faktów systemu ekspertowego. Po przeszukaniu bazy faktów, agent przeszukujący pobiera wyniki i przekazuje agentowi pośredniczącemu odpowiedzialnemu za przekazywanie wyników. Warto zaznaczyć, że na każdym z etapów realizowanych zadań (zapytanie, przeszukiwanie, zwrócenie wyniku) wykorzystywana jest ontologia, której zadaniem jest sprawdzenie poprawność zapytań jak też wyników z przyjętymi normatywami. Jest ona także wykorzystywana do translacji zapytania użytkownika na język zrozumiały przez system oraz odpowiedzi na język zrozumiały przez użytkownika.

Nieco inaczej wygląda działanie systemu agentowego w przypadku, kiedy klient oczekuje na prognozę stężenia poszczególnych substancji. Początkowe działanie systemu jest podobne (jak uprzednio) gdyż agent pośredniczący zbiera dane do prognozy (wartość temperatury, ciśnienia, siły wiatru i wilgotności) i przekazuje je menedżerowi. Jednakże w momencie przekazania tych danych do menedżera, proces rozdzielania zadań ma nieco inny charakter. Agent menedżer zostaje poinformowany o konieczności przeprowadzenia prognoz. Stanowi to dla niego sygnał, dla wykorzystania dostępnych zasobów. Zasobami tymi dla potrzeb prognostycznych systemu agentowego są:

- system ekspertowy (regułowo-rozmyty) – który umożliwi generowanie prognoz na podstawie zaistniałych przesłanek,
- sztuczna sieć neuronowa – wykorzystywana jako inteligenta aplikacja obliczająca poziom stężeń przy podanych warunkach,
- model ekstrapolacyjny – zastosowany jako prosty model prognostyczny zawierający metody prognozowania na podstawie danych z przeszłości (metoda średniej ważonej, wygładzania wykładniczego itp.).

Zadaniem agenta menedżera jest podjęcie decyzji w stosunku do podmiotu wykorzystywanego do generowaniu prognoz. Na potrzeby szybkiego testowania systemu przyjęto rozwiązanie, że agent menedżer losowo wybiera jeden z zasobów (wersja ostateczna zakłada podejmowanie decyzji autonomicznie w oparciu o zaistniałe przesłanki). W sytuacji gdy wybrany zostanie model prognostyczny, agent menedżer kieruje zlecenie do agenta przeszukującego, aby pozyskał wyniki z modelu ekstrapolacyjnego. W sytuacji w której jest wybrany system ekspertowy, agent menedżer uruchamia agenta przeszukującego, który wprowadza zapytanie do bazy reguł. Wnioskowanie systemu ekspertowego jest realizowane na poziomie bazy reguł. Dokonywane są tam także obliczenia w oparciu o wprowadzone parametry wynikające z zapytania klienta. Zadaniem systemu ekspertowego jest także generowanie reguł a następnie przeprowadzane jest

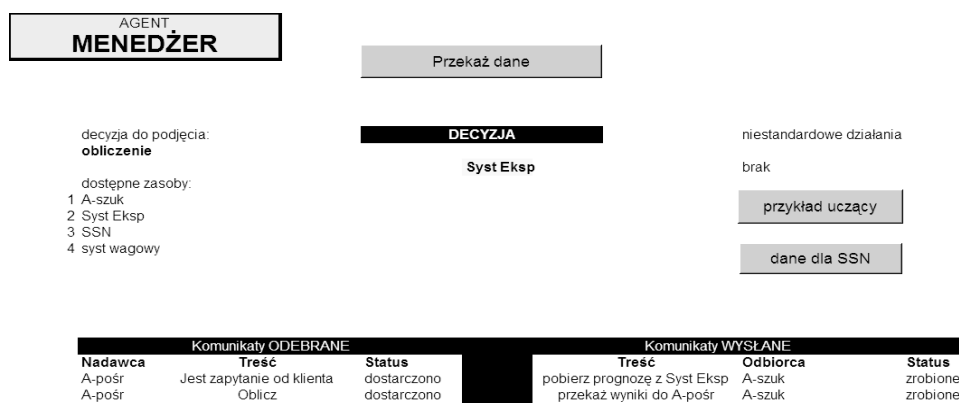
podaj parametry wejściowe

parametr	operator	wartość
nr stacji	równa się	am 1
miesiąc	brak	
średnia temperatura	brak	
średnia wilgotność	mniejsze niż	60
średnia siła wiatru	brak	
średnie ciśnienie	brak	
rok	brak	

Sprawdź poprawność

Rys. 8. Obszar zbierania zapytań przez agenta pośredniczącego

wnioskowanie, którego efektem są prognozy stężeń poszczególnych substancji. Otrzymane wartości gromadzone są przez agenta przeszukującego (przy równoczesnej weryfikacji wyniku w oparciu o mechanizmy ontologii) i przekazywane są do agenta pośredniczącego, który z kolei przekazuje wyniki klientowi – ekspertowi dla ich oceny.



Rys. 9. Obszar działania roboczego dla Agenta Menedżera

Równocześnie agent menedżer zostaje poinformowany o wykonaniu zadania. Oznacza to zamknięcie proces prognozowania.

Trzecia z decyzji agenta menedżera to prognoza z wykorzystaniem sztucznej sieci neuronowej. Jeżeli agent menedżer decyduje się na jej użycie,

powinien zapewnić zgodność danych kierowanych dla potrzeb sieci. Formą pośrednią jest wytworzenie pliku tekstowego (stąd też agent menedżer zleca agentowi pośredniczącemu przygotowanie wersji w formacie TXT), który zostanie skierowany na potrzeby przetwarzania z wykorzystaniem sztucznej sieci neuronowej. Wersja pliku tekstowego zawiera dane do prognozy. Dodatkowo agent

AGENT POŚREDNICZĄCY (out)	
benzen	5,347998619
toluen	19,21847343
etyloben.	13,46879387
o-ksylen	15,18480778
p,m-ksylen	27,90795708

Rys. 10. Wynik zwracany przez Agenta Pośredniczącego

menedżer zleca przygotowanie danych (w postaci pliku tekstowego) na potrzeby uczenia się sieci neuronowej. Kompletne pliki tekstowe zapewniają wtedy poprawną współpracę między systemem agentowym a sztuczną siecią neuronową i stwarzają warunki do prognozowanie stężeń zanieczyszczeń. Obliczone przez sztuczną sieć neuronową wartości pobierane są przez agenta przeszukującego i przekazywane agentowi pośredniczącemu, który to (wzorem poprzednich procesów) prezentuje wyniki klientowi - ekspertowi. Tak przeprowadzone zadanie można uznać za zakończone. Wszystkie zadania (podobnie jak w poprzednich przypadkach) zamykane są komunikatem do agenta menedżera o wykonaniu zadań. Po ich wykonaniu agenty przechodzą w stan oczekiwania.

4. Podsumowanie i wnioski

Opisana powyżej procedura przeszukiwania zasobów i generowania prognoz na podstawie zebranych danych stała się podstawą do weryfikacji funkcjonowania zbudowanego modelu. Posiadane dane pozyskane z systemu technicznego okazały się odpowiednie do testowania przepływu informacji pomiędzy podmiotami systemu wieloagentowego. Wnioski z przeprowadzonych testów działania systemu można przedstawić następująco:

- agenty systemu zachowują się poprawnie, reagują na bodźce zgodnie z oczekiwaniami a sekwencyjny przepływ komunikatów realizowany jest zgodnie z założeniami,
- każdy kolejny komunikat implikuje działanie właściwego dla danego typu komunikatu agenta,
- agenty podejmują akcję wyłącznie wtedy, gdy pojawi się sygnał od klienta - eksperta (zapytanie),
- w procesach testowania zostały zastosowane wszystkie przewidywane funkcjonalności agentów.

Należy zaznaczyć, że w trakcie procesów testowania pojawiły się pewne wątpliwości związane z niezależnością agentów. Okazało się bowiem, że nie wszystkie komunikaty są odpowiednie do symulacji agentowości (niezależnego działania). W związku z tym ograniczeniem, niektóre funkcjonalności były realizowane ręcznie przez operatora systemu. Przyjęcie takiej potrzeby (sterowania ręcznego) w pewnych krytycznych obszarach (jak np. generowanie plików tekstowych do sieci neuronowej) miało również swoją pozytywną stronę - pozwoliło na lepszą kontrolę systemu w fazie testów. Dzięki takiemu podejściu autorzy modelu i systemu wieloagentowego mogli obserwować przebieg procesu generowania prognoz jak też zachowania się (w ramach poszczególnych etapów) agentów, ontologii i regułowej bazy wiedzy.

Należy zaszyfrować także wysoką skuteczność prognoz i wydajność systemu. Okazało się bowiem, że generowanie wyników odbywa się stosunkowo szybko (klient – ekspert otrzymuje odpowiedź w ciągu 5 sekund). Uruchomienie systemu nie wymaga też maszyn o dużej mocy obliczeniowej. Pozwala to zatem domniemywać, że przyjęte rozwiązanie może funkcjonować na większości standardowych komputerów typu PC. Co do skuteczności systemu to generowane prognozy okazały się (zdaniem eksperta) nieco przeszacowane. Wynikało to najprawdopodobniej z dwóch przyczyn: dane wejściowe nie zawsze były kompletne a także pochodziły ze stacji badawczych o różnej czułości rejestrowania danych. Przez to komponenty systemu nie były w stanie wygenerować wartości wyjściowych na odpowiednim poziomie dokładności. Takie podejście wymusiło kolejny etap badań mających na celu wykorzystanie wyłącznie „pewnych” i wiarygodnych danych oraz ponowne strojenie systemu (na poziomie systemu ekspertowego i sieci neuronowej). Nie zmieniło to jednak faktu, że zachowanie agentów zostało uznane za poprawne i zgodne z oczekiwaniami. Agent pośredniczący pozyskuje dane w sposób właściwy i przekazuje te dane zgodnie z założeniami. Agent menedżer podejmuje co prawda decyzje w sposób losowy, ale mechanizm kierowania zadaniami został zachowany. Agenty przeszukujące wprowadzają dane i pobierają wyniki dokładnie tak, jak przyjęto w prototypie funkcjonalnym. Zebranie wyników i przekazanie klientowi realizowane jest przez agenta pośredniczącego (agent pośredniczący wyjścia) zgodnie z założeniami.

Reasumując, przeprowadzone badania nad modelem systemu agentowego zaimplementowanym z wykorzystaniem VBA w środowisku MS Excel, pozwalają na wyciągnięcie wniosków, co do poprawności przyjętej koncepcji systemu oceniającego.

Szybkie wytworzenie systemu pozwoliło na weryfikację tej koncepcji i obserwację zachowania elementów architektury systemu w trakcie generowania wyników (prognoz). Pojawiły się także problemy dotyczące głównie współpracy z zewnętrznymi aplikacjami (współpraca z siecią neuronową), co oznacza potrzebę badań przy rozwoju systemu. Należy pamiętać także, że uznanie tak przyjętej architektury systemu rzutuje na dalsze badania nad systemem oceniającym. Docelową bowiem funkcjonalnością jest ocena technologii informatycznych, a użyte w trakcie weryfikacji dane chemiczne miały charakter testowy pozwalający na weryfikację działania systemu.

5. Kierunki dalszych badań

Po weryfikacji modelu systemu należy zastanowić się nad dalszym rozwojem systemu agentowego. Procesy weryfikacji systemu wykazały poprawność przyjętego rozwiązania (elementy systemu mogą ze sobą współpracować zgodnie z przyjętymi procedurami zarządzania). Uzyskano twierdzącą odpowiedź na pytanie czy hierarchiczno-funkcjonalne ułożenie agentów zapewni właściwą kontrolę przepływu informacji wewnątrz systemu oraz czy zarządzanie samym systemem może być przełożone na płaszczyznę agentową. Prace rozwojowe powinny zatem pójść w dwóch kierunkach: dziedzinowym (zarządzanie technologiami informatycznymi) oraz technicznym. W pierwszym przypadku należy pamiętać o przyjętej koncepcji, i dostarczyć wiedzę o technologiach informatycznych. Działania które należy podjąć (kontakty z ekspertami, portal technologii informatycznych itp.) powinny być ukierunkowane na zdobycie informacji zasilających system taką wiedzą. Należy ją pozyskać ze środowisk związanych z branżą IT aby rozpoznać wszystkie kwestie związane z zarządzaniem i oceną technologii wykorzystywanych w zarządzaniu projektami informatycznymi. Takie informacje pozwolą na opracowanie modelu ocenowego i algorytmów generowania ocen dla zadanych technologii w określonych warunkach. W stosunku do prezentowanego prototypu w miejsce prognozowania stężeń pojawi się generowanie ocen technologii IT przy pewnych zaistniałych warunkach (np. typ projektu, poziom dojrzałości organizacji itp.). Drugi kierunek rozwoju jaki należy obrać to zmiana środowiska implementacji systemu. Efekt ten powinien zostać osiągnięty przez zmianę platformy wytworzenia systemu. Dlatego docelowo planowana jest implementacja z użyciem środowiska JADE (ang. *Java Agent Development*), które to umożliwi zaprezentowanie pełnej funkcjonalności agentów. Dzięki takiemu podejściu wszystkie agenty staną się niezależne i w pełni autonomiczne (zlikwidowane zostanie sterowanie manualne, które konieczne było podczas implementacji z użyciem VBA). Ponadto udoskonalone zostaną niektóre cechy agentów np. agent menedżer nie będzie podejmował decyzji losowych dotyczących wykorzystania zasobów, ale będzie miał przypisany zakres decyzji które powinien podjąć przy zaistnieniu określonych przesłanek.

Powyższy artykuł stanowi prezentację stanu badań nad systemem agentowym do oceny technologii informatycznych. Autorzy koncepcji dokonali implementacji systemu z użyciem narzędzi do szybkiego wytwarzania oprogramowania i weryfikacji danymi z systemu technicznego dotyczących zanieczyszczenia powietrza w aglomeracji trójmiejskiej. Takie podejście wynikało z potrzeby weryfikacji systemu powtarzalnymi i ilościowymi danymi. Pozwoliło także na badanie zachowania się agentów w przypadku pojawiania się zapytań od klienta - eksperta. Sprawdzono także funkcjonalność agentów weryfikując tym samym prototyp funkcjonalny i model systemu opracowany w trakcie wcześniejszych badań. Zweryfikowano także procedury zarządcze, mechanizmy decyzyjne a także możliwości łączenia i wykorzystania komponentów zewnętrznych (takich jak sztuczna sieć neuronowa). Pojawiały się jednak problemy z przygotowaniem plików tekstowych pod potrzeby tych sieci.

Reasumując zarówno koncepcja modelu jak też jej model funkcjonalny oraz system wieloagentowy (implementacja modelu z wykorzystaniem środowiska VBA) potwierdziły przydatność modelu do oceny systemów technicznych. Z uwagi jednak na to że zarządzanie technologiami informatycznymi jest systemem społeczno – technicznym należy pamiętać o konieczności doboru właściwych danych o technologiach informatycznym i zasilić nimi system oraz zmienić środowisko wytwarzania na typowo agentowe. Należy jednak zaznaczyć że wykorzystanie danych systemu społeczno technicznego może zweryfikować opracowaną koncepcję. Autorzy pracy biorą taki scenariusz również pod uwagę przygotowując następny etap badań.

Praca powstała w ramach realizowanego na projekcie badawczego finansowanego przez MNiSW pt. Badanie technologii Informatycznych z wykorzystaniem systemów inteligentnych.

Literatura

1. Altmann J., Gruber F., Klug L., Stockner W., Weippl E.: Using Mobile Agents in real World: A Survey and Evaluation of Agent Platforms. Proceedings of the Second International Workshop on "Infrastructure for MAS and Scalable MAS". Montreal, Canada, May 28-June 01 2001.
2. Angryk R., Galant I V., Paprzycki M.: Travel Support System – an Agent-Based Framework. Proceeding of the International Conference on Internet Computing, CSREA Press, Las Vegas, 2002.
3. Galant I V., Tubyrcy J.: Inteligentny Agent Programowy. Prace Naukowe AE. Wrocław, 2001.
4. Jennings N.R.: An agent-based approach for building complex software systems. Communications of the ACM, 2001.
5. Orłowski C., Ziółkowski A.: Ocena technologii informatycznych z wykorzystaniem prototypu funkcjonalnego systemu agentowego [w:] Zarządzanie Wiedzą i Technologiami Informatycznymi. Red. nauk. C. Orłowski, Z. Kowalczyk, E. Szczerbicki. Pomorskie Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Gdańsk 2008, s. 423-434, 3 rys., bibliogr. 6 poz.
6. Orłowski C., Ziółkowski A.: Evolution of concept of agent system for the information technology evaluation, [w:] Information Systems Architecture and Technology. Information Systems and Computer Communication Networks. Red. nauk. A. Grzech, L. Borzemski, J. Świątek, Z. Wilmowska. Wrocław University of Technology, Wrocław 2008, s. 25-36, 3 rys., 5 tab., bibliogr. 4 poz.
7. Czarnecki A., Orłowski C., Sitek T., Ziółkowski A.: Information technology assessment using functional prototype of an agent based system, [w:] Foundations of Control and Management Sciences, No. 09/2008, p. 7-28, ISSN 1731-2000. Publishing House of Poznan University of Technology, Poznań, 2008.

Dr hab inż. Cezary ORŁOWSKI, prof. nadzw. PG
Mgr inż. Artur ZIÓLKOWSKI
Zakład Zarządzania Technologiami Informatycznymi
Wydział Zarządzania i Ekonomii
Politechnika Gdańska
ul. Narutowicza 11/12 80-952 Gdańsk
tel./fax (0-58) 347 24 55 / (0-58) 348 60 24
e-mail: Cezary.Orlowski@zie.pg.gda.pl
Artur.Ziolkowski@zie.pg.gda.pl