

# Marcin Hernes, Andrzej Bytniewski

---

## Integracja wiedzy w wieloagentowym systemie wspomagania decyzji z zakresu e-finansów

---

Ekonomiczne Problemy Usług nr 123, 69-78

---

2016

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

*MARCIN HERNES, ANDRZEJ BYTNIEWSKI*

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu<sup>1</sup>

### INTEGRACJA WIEDZY W WIELOAGENTOWYM SYSTEMIE WSPOMAGANIA DECYZJI Z ZAKRESU E-FINANSÓW

#### Streszczenie

Wiedza agentów w wieloagentowym systemie wspomaganie decyzji cechuje się pewnym poziomem heterogeniczności ze względu na różnorodność źródeł danych i metod wspomaganie decyzji wykorzystywanych przez te agenty. Konieczna staje się więc integracja tej wiedzy. Celem niniejszego artykułu jest opracowanie metody integracji wiedzy w wieloagentowym systemie wspomaganie decyzji z zakresu e-finansów. W pierwszej części artykułu scharakteryzowana została struktura reprezentacji wiedzy w systemie. Następnie przedstawiono opracowaną metodę integracji wiedzy. W ostatniej części przedstawiono wyniki eksperymentu badawczego mającego na celu ocenę efektywności systemu i opracowanej metody integracji wiedzy.

**Słowa kluczowe:** e-finance, systemy wieloagentowe, integracja wiedzy.

#### Wprowadzenie

Turbulentność otoczenia gospodarczego wymusza coraz częściej podejmowanie decyzji w czasie zbliżonym do rzeczywistego, również tych, które odnoszą się do e-finansów. Decyzja podejmowana w tak krótkim czasie wiąże się zawsze z pewnym ryzykiem. Współcześnie funkcjonuje wiele systemów informatycznych, w tym systemów wieloagentowych, wspomagających podejmowanie tego rodzaju decyzji, jednakże przeważnie odnoszą się one do jednego z obszarów e-finansów (np. tylko do inwestycji lub tylko do bankowości). Dodatkowo w systemach tych agenty wykorzystują różne źródła danych i różne metody wspomaganie decyzji. W konsekwencji warianty decyzji przedstawiane przez poszczególne agenty mogą

---

<sup>1</sup> Katedra Informatyki Ekonomicznej.

się różnić. Wiedza agentów cechuje się więc pewnym poziomem heterogeniczności. Ponieważ jednak w procesie decyzyjnym wymagana jest jedna, ostateczna decyzja, to wiedza ta powinna być automatycznie integrowana. Integracja powinna być realizowana w odniesieniu do danego obszaru, ale również w odniesieniu do wszystkich obszarów e-finansów. Przykładowo, jeżeli na podstawie posiadanej wiedzy agenty funkcjonujące w odniesieniu do obszaru inwestycji wygenerują decyzję sprzedaży papierów wartościowych, to automatycznie agenty funkcjonujące w odniesieniu do obszaru bankowości mogą podjąć decyzję o umieszczeniu posiadanego kapitału na lokacie.

Integracja wiedzy może być dokonana na przykład z użyciem pewnych kryteriów lub funkcji oceny wiedzy poszczególnych agentów. Jednakże w przypadku niewłaściwego lub mało precyzyjnego określenia tych kryteriów lub funkcji, zwiększa się poziom ryzyka wyboru wariantu, który nie gwarantuje odpowiedniego poziomu satysfakcji z podjętej decyzji. Lepszym rozwiązaniem może być zastosowanie metod consensusu (Nguyen 2008), które również umożliwiają integrację wiedzy. Przy czym w metodach consensusu zakłada się, że każda ze stron jest brana pod uwagę, każda ze stron konfliktu „traci” najmniej jak tylko to jest możliwe, każda ze stron wnosi swój wkład w consensus i wszystkie strony go akceptują. Decyzja wyznaczona za pomocą tych metod nie musi być więc decyzją sformułowaną przez którykolwiek z agentów, może być do niej bardzo zbliżona. Consensus umożliwia zatem integrację wiedzy w czasie rzeczywistym i gwarantuje osiągnięcie dobrego kompromisu przy niższym poziomie ryzyka, co w konsekwencji może prowadzić do wyznaczenia decyzji przynoszącej decydentowi satysfakcjonujące korzyści.

Celem niniejszego artykułu jest opracowanie metody integracji wiedzy w wieloagentowym systemie wspomagania decyzji z zakresu e-finansów. W pierwszej części artykułu scharakteryzowana została struktura reprezentacji wiedzy w systemie. Następnie przedstawiono opracowaną metodę integracji wiedzy. W ostatniej części przedstawiono wyniki eksperymentu badawczego mającego na celu ocenę efektywności systemu i opracowanej metody integracji wiedzy.

## **1. Reprezentacja wiedzy w systemie**

Wieloagentowy system wspomagania decyzji z zakresu e-finansów zbudowany jest z następujących elementów (por. rys. 1):

1. Kolektywów (zespołów) agentów, składających się z kilku kognitywnych agentów programowych;
2. Modułu integracji wiedzy, wykorzystującego algorytmy consensusu;
3. Użytkowników.

System ten został szczegółowo scharakteryzowany w artykule „Wieloagentowy system wspomagania decyzji z zakresu e-finansów”. Każdy agent w ramach

danego kolektywu przedstawia swoją decyzję w postaci określonej struktury wiedzy. W rozpatrywanym systemie wykorzystano strukturę opracowaną w artykule (Hernes i Sobieska-Karpińska 2015), która definiowana jest następująco:

Definicja 1

Strukturą wiedzy reprezentującą decyzję  $D$  skończonego zbioru aktywów finansowych<sup>2</sup>  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_N\}$  nazywamy dowolny ciąg, taki, że:

$$D = \langle \{EW^+\}, \{EW^\pm\}, \{EW^-\}, Z, SP, DT \rangle, \text{ gdzie:}$$

1.  $EW^+ = \langle e_o, pe_o \rangle, \langle e_q, pe_q \rangle, \dots, \langle e_p, pe_p \rangle$ . Dwójka  $\langle e_x, pe_x \rangle$ , gdzie:  $e_x \in E$  oraz  $pe_x \in [0,1]$ , oznacza składnik aktywów finansowych oraz jego udział w zbiorze  $EW^+$ . Aktywa finansowe  $e_x \in EW^+$  będziemy oznaczać  $e_x^+$ .

Zbiór  $EW^+$  nazywamy zbiorem pozytywnym decyzji, tzn. jest to zbiór aktywów finansowych, które należy wykorzystać.

2.  $EW^\pm = \langle e_r, pe_r \rangle, \langle e_s, pe_s \rangle, \dots, \langle e_t, pe_t \rangle$ . Dwójka  $\langle e_x, pe_x \rangle$ , gdzie:  $e_x \in E$  oraz  $pe_x \in [0,1]$ , oznacza składnik aktywów finansowych oraz jego udział w zbiorze  $EW^\pm$ . Aktywa finansowe  $e_x \in EW^\pm$  będziemy oznaczać  $e_x^\pm$ .

Zbiór  $EW^\pm$  nazywamy zbiorem neutralnym decyzji, tzn. jest to zbiór aktywów finansowych, dla których nie można określić, czy je wykorzystać, czy też nie wykorzystać.

3.  $EW^- = \langle e_u, pe_u \rangle, \langle e_v, pe_v \rangle, \dots, \langle e_w, pe_w \rangle$ . Dwójka  $\langle e_x, pe_x \rangle$ , gdzie:  $e_x \in E$  oraz  $pe_x \in [0,1]$ , oznacza składnik aktywów finansowych oraz jego udział w zbiorze  $EW^-$ . Aktywa finansowe  $e_x \in EW^-$  będziemy oznaczać  $e_x^-$ .

Zbiór  $EW^-$  nazywamy zbiorem negatywnym decyzji, tzn. jest to zbiór aktywów finansowych, których nie należy wykorzystać.

4.  $Z \in [0,1]$  – oznacza procentowy zysk z podjętej decyzji.
5.  $SP \in [0,1]$  – oznacza stopień pewności zysku  $Z$ .
6.  $DT$  – data podjętej decyzji.

Udział elementu decyzji w danym zbiorze jest to wartość z zakresu 0..1.

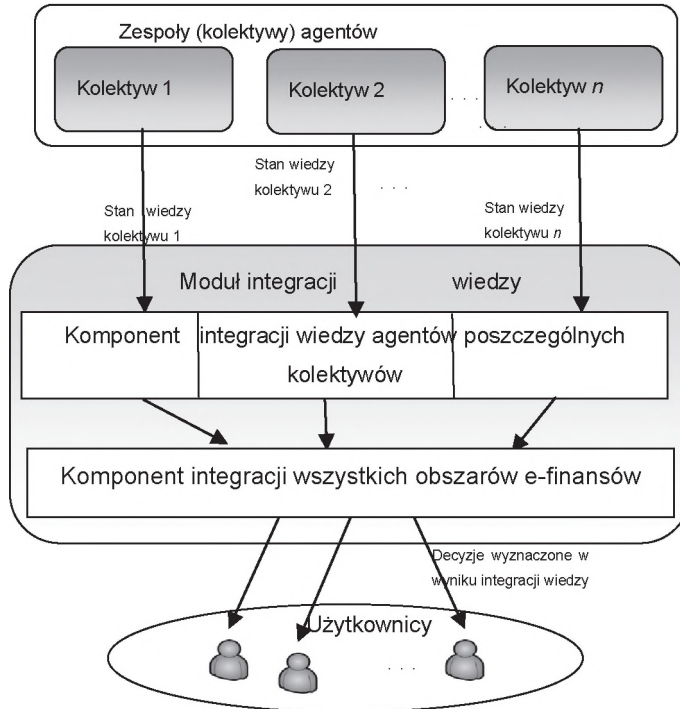
W dalszej części rozważań przedstawiona zostanie metoda integracji wiedzy reprezentowanej z wykorzystaniem struktury przedstawionej w niniejszym punkcie.

---

<sup>2</sup> Aktywa obejmujące aktywa pieniężne, wynikające z kontraktu prawo do otrzymania aktywów pieniężnych, prawo do wymiany instrumentów finansowych z inną jednostką na korzystnych warunkach oraz instrumenty kapitałowe wyemitowane przez inne jednostki (Świderska i Więclaw 2012, s. 780).

## 2. Metoda integracji wiedzy

Schemat procesu integracji wiedzy przekształcającej w decyzje został przedstawiony na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat procesu integracji wiedzy przekształcającej w decyzje

Źródło: opracowanie własne.

W celu realizacji integracji wiedzy w systemie wykorzystano metody konsensusu i opracowano algorytm działający w następujący sposób:

1. Wyznaczany jest konsensus według kryterium  $C_1$  oraz obliczany jest kwadrat odległości między konsensusem a profilem i przyjmowany jako minimum.
2. Dla każdego elementu zbioru  $E$  sprawdzamy, czy występuje on w danym zbiorze w konsensusie. Jeśli występuje, to usuwamy go z tego zbioru i liczymy kwadrat odległości. Jeśli jest większy, to przechodzimy do następnego zbioru, jeśli jest mniejszy, to przyjmujemy go jako konsensus, a odległość do profilu jako minimalną.
3. Jeśli element nie występuje w danym zbiorze w konsensusie, to obliczamy, ile razy występuje w tym zbiorze we wszystkich decyzjach profilu.

Jeśli nie wystąpi ani razu, to przechodzimy do następnego zbioru, jeśli natomiast wystąpi chociaż raz, to umieszczamy go w tym zbiorze w consensusie (w razie potrzeby eliminujemy z innego zbioru consensusu) oraz sprawdzamy, czy odległość otrzymanego consensusu jest mniejsza od poprzedniego. Jeśli nie, to zostawiamy poprzedni consensus jako najlepszy, jeśli tak, to przyjmujemy nowy consensus jako najlepszy, a odległość do profilu jako minimalną.

4. Po sprawdzeniu wszystkich zbiorów przechodzimy do kolejnego elementu zbioru  $E$ .
5. Gdy sprawdzone zostaną wszystkie elementy zbioru  $E$ , to przyjmujemy, że consensus zbiorów  $EW^+, EW^\pm, EW^-$  został wyznaczony i wyznaczamy consensus wartości  $Z, SP$  i  $DT$ .
6. Następnie wyznaczany jest obszar, z którego decyzja może przynieść największy poziom korzyści (najlepszą relację stopa zwrotu/stopień pewności). Decyzja ta przyjmowana jest jako ostateczna i na tym algorytm kończy działanie.

Formalna definicja algorytmu przedstawia się następująco:

Algorytm 1.

**Dane:** Profil (zbiór)  $A = \{A^{(1)}, A^{(2)}, \dots, A^{(M)}\}$  składający się z  $M$  struktur wiedzy.

**Wynik:** Consensus  $CON = \langle CON_+, CON_\pm, CON_-, CON_Z, CON_{SP}, CON_{DT} \rangle$  według kryterium  $C_2$  względem  $A$ .

**START**

**Krok 1:** Przyjmuje się  $CON$  jako consensus według kryterium  $C_1$ .

**Krok 2:**  $CON_Z = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M Z^i$ .

**Krok 3:**  $CON_{SP} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M SP^i$ .

**Krok 4:**  $CON_{DT} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M DT^i$  niech  $d := \sum_{i=1}^M [\Psi(CON, A^{(i)})]^2$  oraz  $j := 1$ .

**Krok 5:** Jeżeli  $e_j \in CON_+$  to  $CON' :=$

$$\langle CON_+ \setminus \{e_j\}, CON_\pm, CON_-, CON_Z, CON_{SP}, CON_{DT} \rangle$$

Przejdź do: Krok 8, Jeżeli  $e_j \notin CON_+$  to przejdź do: Krok 6.

**Krok 6:** Jeżeli  $t_+(j) = 0$  to przejdź do: Krok 9.

**Krok 7:** Jeżeli  $e_j \cap CON \neq \emptyset$  oraz  $e_j \in CON_\pm$  lub  $e_j \in CON_\pm$  to

$$CON' := \langle CON_+ \cup \{e_j\}, CON_\pm \setminus \{e_j\}, CON_- \setminus \{e_j\}, CON_Z, CON_{SP}, CON_{DT} \rangle,$$

Jeżeli  $e_j \cap CON = \emptyset$  to

$$CON' := \langle CON_+ \cup \{e_j\}, CON_\pm, CON_-, CON_Z, CON_{SP}, CON_{DT} \rangle$$

**Krok 8:** Jeżeli  $\sum_{i=1}^M [\Psi(CON', A^{(i)})]^2 < d$  to  $d := \sum_{i=1}^M [\Psi(CON', A^{(i)})]^2$  oraz  $CON := CON'$ .

**Krok 9:** Jeżeli  $e_j \in CON_{\pm}$  to  $CON' :=$

$$\langle CON_{+}, CON_{\pm} \setminus \{e_j\}, CON_{-}, CON_Z, CON_{SP}, CON_{DT} \rangle.$$

Przejdź do: Krok 12, Jeżeli  $e_j \notin CON_{\pm}$  to przejdź do: Krok 10.

**Krok 10:** Jeżeli  $t_{\pm}(j) = 0$  to przejdź do: Krok 13.

**Krok 11:** Jeżeli  $e_j \cap CON \neq \emptyset$  oraz  $e_j \in CON_{+}$  lub  $e_j \in CON_{-}$  to

$$CON' := \langle CON_{+} \setminus \{e_j\}, CON_{\pm} \cup \{e_j\}, CON_{-} \setminus \{e_j\}, CON_Z, CON_{SP}, CON_{DT} \rangle,$$

Jeżeli  $e_j \cap CON = \emptyset$  to

$$CON' := \langle CON_{+}, CON_{\pm} \cup \{e_j\}, CON_{-}, CON_Z, CON_{SP}, CON_{DT} \rangle.$$

**Krok 12:** Jeżeli  $\sum_{i=1}^M [\Psi(CON', A^{(i)})]^2 < d$  to  $d := \sum_{i=1}^M [\Psi(CON', A^{(i)})]^2$  oraz  $CON := CON'$

i przejdź do: Krok 13. W przeciwnym razie przejdź do: Krok 16.

**Krok 13:** Jeżeli  $e_j \in CON_{-}$  to  $CON' :=$

$$\langle CON_{+}, CON_{\pm}, CON_{-} \setminus \{e_j\}, CON_Z, CON_{SP}, CON_{DT} \rangle \text{ i przejdź do:}$$

Krok 16.

**Krok 14:** Jeżeli  $t(j) = 0$  to przejdź do: Krok 17.

**Krok 15:** Jeżeli  $e_j \cap CON \neq \emptyset$  oraz  $e_j \in CON_{+}$  lub  $e_j \in CON_{\pm}$  to

$$CON' := \langle CON_{+} \setminus \{e_j\}, CON_{\pm} \setminus \{e_j\}, CON_{-} \cup \{e_j\}, CON_Z, CON_{SP}, CON_{DT} \rangle.$$

Jeżeli  $e_j \cap CON = \emptyset$  to

$$CON' := \langle CON_{+}, CON_{\pm}, CON_{-} \cup \{e_j\}, CON_Z, CON_{SP}, CON_{DT} \rangle.$$

**Krok 16:** Jeżeli  $\sum_{i=1}^M [\Psi(CON', A^{(i)})]^2 < d$  to  $d := \sum_{i=1}^M [\Psi(CON', A^{(i)})]^2$  oraz  $CON := CON'$ .

**Krok 17:** Jeżeli  $j < N$  to  $j := j + 1$ . Przechodzimy do: Krok 2, w przeciwnym razie: STOP.

**STOP.**

### 3. Eksperyment badawczy

Celem przeprowadzenia eksperymentu było zbadanie efektywności opracowanego systemu. Oceniona została wiedza kolektywu agentów dotycząca obszaru inwestycji oraz modułu integracji wiedzy (nazwanego agentem Supervisor). Wykorzystano dane z notowań wybranej spółki giełdowej – Sygnity. Przeprowadzono test, w którym przyjęto następujące założenia:

1. Wykorzystano notowania z trzech losowo wybranych okresów:
  - 08-12-2015 godz. 9.30 do 16-12-2015 godz. 17.00,
  - 17-12-2015 godz. 9.30 do 30-12-2015 godz. 17.00,
  - 04-01-2016 godz. 9.30 do 08-12-2015 godz. 17.00.

2. Oceniane są następujące agenty:
  - Williams<sup>3</sup>,
  - Bollinger<sup>4</sup>,
  - Fundamental<sup>5</sup>,
  - Supervisor.
3. Przy weryfikacji wykorzystuje się decyzje (sygnały kup – wartość 1, sprzedaj – wartość -1, pozostaw bez zmian – wartość 0) wygenerowane przez agenty.
4. Przyjęto, że kapitał początkowy, jaki posiada inwestor, wynosi 1000 PLN, a jako stopę zwrotu z inwestycji przyjmuje się różnicę pomiędzy tą kwotą a kwotą, jaką inwestor będzie posiadał po ostatniej transakcji sprzedaży w danym okresie. Stopa zwrotu wyrażona jest w jednostkach nominalnych (PLN).
5. Nie uwzględnia się kosztów transakcji.
6. Zarządzanie kapitałem – założono, że w każdej transakcji inwestor angażuje 100% posiadanego kapitału. Strategia zarządzania kapitałem może być ustalona przez użytkownika.
7. Analiza jakości wiedzy kolektywów agentów przeprowadzona została z wykorzystaniem następujących miar (wskaźników):
  - stopa zwrotu (wskaźnik  $x_1$ ),
  - liczba transakcji zyskownych (wskaźnik  $x_2$ ),
  - liczba transakcji stratnych (wskaźnik  $x_3$ ),
  - stopa zwrotu w przeliczeniu na transakcję (wskaźnik  $x_4$ ),
  - wskaźnik Sharpe'a (wskaźnik  $x_5$ )
  - przeciętny współczynnik zmienności (ratio  $x_6$ ).

W celu porównania jakości wiedzy kolektywów agentów wykorzystano następującą funkcję (Korzak, Hernes i Bac 2013):

$$y = (a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 (1 - x_3) + a_4 x_4 + a_5 x_5 + a_6 (1 - x_6)).$$

gdzie  $x_i$  oznacza wartości znormalizowane wskaźników wymienionych w pkt 6 od  $x_1$  do  $x_6$ . W badaniu przyjęto, że współczynniki  $a_1$  do  $a_6 = 1/6$ .

<sup>3</sup> Agent Williams funkcjonuje na podstawie wskaźnika %R Williamsa służącego do monitorowania i wychwytywania momentów przewartościowania/niedowartościowania akcji. Poziom wykupienia najczęściej wyznacza się na wysokości 80–90%, a poziom wyprzedania na wysokości 10–20%. Decyzja kupna zostaje wygenerowana przy wzroście wartości wskaźnika ponad poziom wyprzedania. Decyzja sprzedaży zostaje wygenerowana przy spadku wartości wskaźnika poniżej poziomu wykupienia (Kirkpatrick i Dahlquist 2006).

<sup>4</sup> Agent Bollinger funkcjonuje na podstawie wskaźnika Bollinger Bands, wyznaczającego obszar, w którym powinna utrzymywać się cena instrumentu. Zakłada się, że w przypadku kursu pozostającego w trendzie horyzontalnym wykres powinien oscylować pomiędzy dwoma wstęgami Bollingera: górną i dolną. Wyjście linii kursu poza ten obszar (ewentualnie zbliżenie się do ramienia wstęgi) oznacza sygnał krótkotrwałego odwrócenia tendencji w dłuższym trendzie horyzontalnym (Bollinger 2001).

<sup>5</sup> Agent Fundamental przeprowadza analizę fundamentalną rozpatrywanego papieru wartościowego na podstawie analizy opinii ekspertów znajdujących się na portalach finansowych.



8. Wyniki uzyskane przez badane agenty porównane zostały z wynikami benchmarku<sup>6</sup> Buy-and-Hold (B & H) – tabela 1.

Podsumowując wyniki oceny wiedzy kolektywu agentów i agenta Supervisor, można zauważyć, że w rozpatrywanych okresach ich decyzje generowały zarówno zyski, jak i straty. W ocenie efektywności systemu należy więc brać pod uwagę nie tylko stopę zwrotu, lecz także inne wskaźniki, uwzględniając również poziom ryzyka związanego z inwestycją, co umożliwiła zastosowana w artykule funkcja oceny.

Tabela 1

Zestawienie wartości wskaźników oceny agentów (wyniki eksperymentu)

| Nazwa agenta | Okres | Stopa zwrotu | Liczba transakcji |           | Stopa zwrotu w przeliczeniu na transakcję | Wskaźnik Sharpa | Przeciętny współczynnik zmienności | Funkcja oceny |
|--------------|-------|--------------|-------------------|-----------|---|-----------------|------------------------------------|---------------|
|              |       |              | zyskowych         | stratnych |   |                 |                                    |               |
| Williams     | 1     | 4,25         | 5                 | 3         | 0,53                                      | 0,46            | 23,72                              | 0,25          |
|              | 2     | -93,68       | 4                 | 7         | -8,52                                     | -1,03           | 14,18                              | 0,18          |
|              | 3     | 45,17        | 4                 | 1         | 9,03                                      | 0,57            | 6,44                               | 0,50          |
| Bollinger    | 1     | 11,10        | 5                 | 2         | 1,59                                      | 0,64            | 18,29                              | 0,51          |
|              | 2     | -18,14       | 3                 | 5         | -2,27                                     | -0,43           | 7,83                               | 0,34          |
|              | 3     | 35,48        | 5                 | 2         | 5,07                                      | 0,29            | 11,87                              | 0,42          |
| Fundamental  | 1     | 2,41         | 4                 | 2         | 0,40                                      | 0,78            | 8,21                               | 0,26          |
|              | 2     | -30,75       | 1                 | 3         | -7,69                                     | 0,64            | 6,45                               | 0,53          |
|              | 3     | 35,33        | 2                 | 1         | 11,78                                     | 0,71            | 2,34                               | 0,48          |
| Supervisor   | 1     | <b>3,26</b>  | <b>3</b>          | <b>1</b>  | <b>0,82</b>                               | <b>0,82</b>     | <b>2,47</b>                        | <b>0,48</b>   |
|              | 2     | <b>-2,97</b> | <b>2</b>          | <b>1</b>  | <b>-0,99</b>                              | <b>0,73</b>     | <b>1,98</b>                        | <b>0,56</b>   |
|              | 3     | <b>29,66</b> | <b>3</b>          | <b>0</b>  | <b>9,89</b>                               | <b>0,94</b>     | <b>2,90</b>                        | <b>0,59</b>   |
| B & H        | 1     | -35,41       | 0                 | 1         | -35,41                                    | 0               | 0                                  | 0,11          |
|              | 2     | -83,78       | 0                 | 1         | -83,78                                    | 0               | 0                                  | 0,08          |
|              | 3     | 23,63        | 1                 | 0         | 23,63                                     | 0               | 0                                  | 0,22          |

Źródło: opracowanie własne.

W pierwszym okresie najlepszym agentem okazał się agent Bollinger, natomiast pozostałe agenty uzyskały wyższą ocenę niż ocena benchmarku B & H. W drugim okresie agent Supervisor otrzymał ocenę wyższą niż pozostałe agenty oraz benchmark B & H. Rozpatrując trzeci okres, można zauważyć, że ranking ocen kształtuje się podobnie jak w okresie drugim.

Biorąc pod uwagę wszystkie rozpatrywane okresy, można stwierdzić, że najczęściej (2 z 3 okresów) najwyżej oceniany był agent Supervisor, mimo że nie zawsze stopa zwrotu uzyskana przez tego agenta była najwyższa. Ocena ta wynika jednakże z niskiego poziomu ryzyka związanego z inwestowaniem na podstawie

<sup>6</sup> Benchmark ten implementowany jest również w architekturze programu agentowego.

decyzji wygenerowanych w wyniku integracji wiedzy. Z kolei we wszystkich okresach nisko oceniany był agent Williams, ponieważ przy stosunkowo dużym poziomie ryzyka generował niewielkie stopy zwrotu. Agent Fundamental oceniany był na średnim poziomie we wszystkich okresach. Może to wynikać z faktu generowania niewielkiej liczby decyzji przez tego agenta.

Na podstawie wyników eksperymentu badawczego można wysunąć wniosek, że integracja wiedzy agentów umożliwia wyznaczanie decyzji przynoszącej użytkownikowi satysfakcjonujące korzyści.

## Podsumowanie

Funkcjonowanie wieloagentowego systemu wspomaganie decyzji z zakresu e-finansów wymaga ciągłej, automatycznej integracji wiedzy agentów. Proces ten pozwala na wyeliminowanie decyzji wygenerowanych przez członków kolektywu, których stan wiedzy został nisko oceniony, a więc najczęściej ich decyzje mogą nie przynosić satysfakcjonujących korzyści. Dzięki temu wyeliminowany zostanie ich wpływ na ostateczną decyzję wyznaczoną z wykorzystaniem modułu integracji wiedzy i przedstawioną następnie użytkownikowi. Dodatkowo opracowany algorytm umożliwia uwzględnienie wiedzy dodanej kolektywu, ponieważ rozpatrywane są stany wiedzy wszystkich członków kolektywu.

Dalsze prace badawcze mogą dotyczyć, na przykład, implementacji agentów przeprowadzających analizę behawioralną oraz opracowania wielostopniowej metody integracji uwzględniającej doskonalenie wiedzy agentów.

## Literatura

1. Bollinger J. (2001), *Bollinger on Bollinger Bands*, McGraw-Hill.
2. Bytniewski A., Chojnacka-Komorowska A., Hernes M., Matouk K. (2014), *Zarządzanie wiedzą w zintegrowanych systemach informatycznych zarządzania z wykorzystaniem agentów kognitywnych*, „e-mentor”, 4 (56), s. 54–60.
3. Hernes M., Sobieska-Karpińska J. (2015), *Application of the consensus method in a multiagent financial decision support system*, „Information Systems and e-Business Management”, Springer, Berlin – Heidelberg.
4. Kirkpatrick C.D., Dahlquist J. (2006), *Technical Analysis: The Complete Resource for Financial Market Technicians*, Financial Times Press.
5. Korczak J., Hernes M., Bac M. (2014), *Performance evaluation of decision-making agents in the multi-agent system*, w: *Proceedings of Federated Conference Computer Science and Information Systems (FedCSIS)*, Warszawa.

6. Nguyen N.T. (2008), *Advanced Methods for Inconsistent Knowledge Management*, Springer-Verlag, London.
7. Świdarska G.K., Więclaw W. (red.) (2012). *Sprawozdanie finansowe według polskich i międzynarodowych standardów rachunkowości*, Difin/MAC sp. z o.o., Warszawa.

## **KNOWLEDGE INTEGRATION IN A MULTI-AGENT E-FINANCE DECISION SUPPORT SYSTEM**

### **Summary**

A knowledge of agents in multi-agent decision support system is characterized by a certain degree of heterogeneity due to the variety of data sources and decision support methods used by these agents. Integration of this knowledge is therefore required. The aim of this paper is to develop a method for knowledge integration in multi-agent decision support system for e-finance. A structure of knowledge has been characterized in the first part of paper. Next a developed method for knowledge integration has been presented. The research experiment aimed to evaluation of system and integration method efficiency has been described.

**Keywords:** e-finance, multi-agent systems, knowledge integration.

*Translated by Marcin Hernes*