

**Marcin Hernes**

Spółeczna Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Zarządzania w Łodzi

---

## WERYFKACJA METOD CONSENSUSU W WIELOAGENTOWYM SYSTEMIE WSPOMAGANIA DECYZJI FINANSOWYCH

---

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono weryfikację metod consensusu wykorzystywanych w celu rozwiązywania konfliktów wiedzy w wieloagentowym systemie wspomaganie decyzji finansowych. W pierwszej części zaprezentowano definicję struktury wiedzy agentów (decyzji) oraz krótką charakterystykę algorytmu wyznaczania consensusu dla tych struktur wiedzy. Następnie przeprowadzono weryfikację algorytmu z wykorzystaniem danych rzeczywistych dotyczących notowań Giełdy Papierów Wartościowych w Warszawie. Przedstawiono założenia testu oraz uzyskane wyniki. Weryfikacja wykazała celowość stosowania metod consensusu we wspomaganie decyzji finansowych.

**Słowa kluczowe:** metody consensusu, decyzje finansowe, wieloagentowy system wspomaganie decyzji finansowych, konflikty wiedzy.

### 1. Wstęp

Decyzje finansowe podejmowane są w warunkach ryzyka i niepewności, dlatego niezbędne jest korzystanie przez inwestorów z systemów wspomagających ich podejmowanie [Kulikowski i in. 1998]. Coraz częściej w celu wspomaganie podejmowania decyzji finansowych wykorzystywane są systemy wieloagentowe. Potrafią one odnaleźć informacje o odpowiedniej wartości i wyciągnąć na ich podstawie wnioski [Sobieska-Karpińska, Hernes 2009]. Systemy te posiadają aktualne dane potrzebne do podjęcia decyzji i pozwalają na szybkie rozwiązanie danego problemu, a poszczególne agenty mają możliwość samodzielnego działania oraz podejmowania decyzji bez ingerencji użytkownika czy też czynników zewnętrznych.

Często zdarza się jednak, że wieloagentowy system wspomaganie decyzji finansowych generuje różne wersje rozwiązań. Użytkownik jednak oczekuje od systemu jednej wersji, inaczej mówiąc – jednej decyzji. Należy zatem na podstawie kilku rozwiązań wyznaczyć jedno rozwiązanie, które będzie spełniało wymagania użytkownika. Możemy to zrobić np. poprzez wybranie jednego z istniejących roz-

wiązań, stosując pewne kryteria oceny, możemy też losowo wybrać któreś rozwiązanie. Możemy także zastosować metody consensusu (w literaturze używane jest również pojęcie „metody wyznaczania consensusu”), które też pozwalają na wyznaczenie jednego rozwiązania (w tym przypadku decyzji) spośród wielu możliwych. Decyzja wyznaczona za pomocą metod consensusu nie musi być jedną z decyzji wygenerowanych przez system, może być do nich bardzo zbliżona. W consensusie 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, wszystkie strony akceptują consensus, consensus jest reprezentacją wszystkich stron konfliktu.

Prace nad metodami consensusu prowadzone były przez wielu autorów. Początkowo teoria consensusu dotyczyła struktur, takich jak porządek liniowy lub częściowy porządek [Condorcet 1974]. Następnie zaczęto zajmować się bardziej złożonymi strukturami, takimi jak podziały, hierarchie, n-drzewa [Fischburn 1977; Laffond i in. 1995]. W pracy [Nguyen 2002] zostały opracowane metody consensusu dla struktur wielowartościowych i wieloatrybutowych, które uwzględniały jedynie opinie stron konfliktu, a nie uwzględniały stopni pewności tych opinii. Jednak aby struktura decyzji odpowiadała w pełni rzeczywistym potrzebom decydentów, musi ona zawierać oprócz opinii również stopnie pewności tych opinii, ponieważ decyzje finansowe najczęściej podejmowane są w warunkach ryzyka lub niepewności. W artykule [Sobieska-Karpińska, Hernes 2006] przedstawiono definicje takiej struktury wykorzystanej w wieloagentowym systemie wspomaganie decyzji, natomiast w artykułach [Sobieska-Karpińska, Hernes 2008, 2011] opracowano metody consensusu w odniesieniu do struktury decyzji uwzględniającej stopnie pewności opinii agentów.

W niniejszym artykule postanowiono zweryfikować metody opracowane w powyższych publikacjach, aby sprawdzić skuteczność ich działania w zastosowaniach praktycznych. Jako metody badawcze wykorzystano analizę literatury przedmiotu, studium przypadku, doświadczenia praktyczne oraz eksperyment badawczy. Celem weryfikacji jest zbadanie, czy wykorzystanie metod consensusu w wieloagentowym systemie wspomaganie decyzji pozwala na generowanie przez system decyzji przynoszących inwestorowi satysfakcjonujące korzyści.

## 2. Metody consensusu

W artykule [Sobieska-Karpińska, Hernes 2006] została zdefiniowana struktura wiedzy (decyzji), która może być wykorzystana w wieloagentowym systemie wspomaganie decyzji finansowych. Struktura ta składa się z pewnych elementów decyzji. Mogą to być elementy aktywne – działania (np. zaciągnięcie kredytu) lub elementy nieaktywne (np. akcje). Decyzja jest to sposób wykorzystania tych elementów. Formalna definicja tej decyzji przedstawia się następująco:

**Definicja 1**

Decyzją  $D$  skończonego zbioru elementów decyzji  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_N\}$  nazywamy dowolny ciąg

$$P = \langle \{EW^+\}, \{EW^\pm\}, \{EW^-\}, Z, SP, DT \rangle$$

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 element decyzji oraz jego udział w zbiorze  $EW^+$ .

Elementy decyzji  $e_x \in EW^+$  będziemy oznaczać  $e_x^+$ .

Zbiór  $EW^+$  nazywamy zbiorem pozytywnym decyzji, tzn. jest to zbiór elementów decyzji, 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 element decyzji oraz jego udział w zbiorze  $EW^\pm$ .

Elementy decyzji  $e_x \in EW^\pm$  będziemy oznaczać  $e_x^\pm$ .

Zbiór  $EW^\pm$  nazywamy zbiorem neutralnym decyzji, tzn. jest to zbiór elementów decyzji, 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 element decyzji oraz jego udział w zbiorze  $EW^-$ .

Elementy decyzji  $e_x \in EW^-$  będziemy oznaczać  $e_x^-$ .

Zbiór  $EW^-$  nazywamy zbiorem negatywnym decyzji, tzn. jest to zbiór elementów decyzji, 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.

Zbiór pozytywny decyzji zawiera wszystkie te elementy decyzji, które należy wykorzystać, aby osiągnąć dany zysk. Na przykład mogą to być papiery wartościowe, które należy kupić, a procentowy udział w zbiorze pozytywnym mówi nam, ile danych papierów wartościowych kupić. Zbiór neutralny decyzji zawiera te wszystkie elementy decyzji, o których nie mamy zdania, tzn. nie wiemy, czy nale-

ży je wykorzystać, czy też nie. Na przykład, jeśli w naszym portfelu znajdują się papiery wartościowe z tego zbioru, to nie należy ich sprzedawać, jeśli natomiast te papiery wartościowe nie znajdują się w naszym portfelu, to nie należy ich kupować. Zbiór negatywny decyzji mówi nam, jakich elementów decyzji w żadnym wypadku nie należy wykorzystywać. W naszym przykładzie będą to papiery wartościowe, które należy sprzedać.

Powyższą sytuację można formalnie przedstawić np. w następujący sposób:

Niech zbiór  $E = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7\}$ .

Oto przykładowe decyzje – portfele akcji zbioru  $E$ :

$$D1 = \left\langle \left\{ \langle a_1, 0.2 \rangle, \langle a_3, 0.5 \rangle, \langle a_5, 0.3 \rangle \right\}, \left\{ \langle a_2, 1 \rangle \right\}, \left\{ \langle a_4, 1 \rangle, \langle a_6, 1 \rangle, \langle a_7, 1 \rangle \right\}, 0.3, 0.7, \right\rangle_{22-09-2009}$$

$$D2 = \left\langle \left\{ \langle a_2, 0.2 \rangle, \langle a_3, 0.8 \rangle \right\}, \left\{ \emptyset \right\}, \left\{ \langle a_1, 1 \rangle, \langle a_4, 1 \rangle, \langle a_5, 1 \rangle, \langle a_6, 1 \rangle, \langle a_7, 1 \rangle \right\}, 0.6, \right\rangle_{0.3, 14-05-2009}$$

$$D3 = \left\langle \left\{ \emptyset \right\}, \left\{ \langle a_2, 1 \rangle, \langle a_3, 1 \rangle \right\}, \left\{ \langle a_1, 1 \rangle, \langle a_4, 1 \rangle, \langle a_5, 1 \rangle, \langle a_6, 1 \rangle, \langle a_7, 1 \rangle \right\}, 0.7, 0.3, 0 \right\rangle$$

W przykładzie  $D1$  zbiory  $EW^+$ ,  $EW^\pm$ ,  $EW^- \neq \emptyset$ . W przykładzie  $D2$  zbiór  $EW^\pm = \emptyset$ , natomiast w przykładzie  $D3$   $EW^+ = \emptyset$ . Zauważmy, że w zbiorach  $EW^\pm$  oraz  $EW^-$  udziały poszczególnych elementów są równe 1. Sytuację tę tłumaczymy następująco: jeżeli dane akcje mamy kupić, to należy określić, jaki procent kwoty przeznaczonej na zakup wszystkich akcji stanowią poszczególne akcje. Jeżeli danej akcji nie sprzedajemy ani nie kupujemy, to określanie udziału tych akcji w zbiorze neutralnym nie ma sensu, ponieważ wszystkie w równym stopniu (w pełni) należą do tego zbioru (dlatego udział oznaczony jako 1 (czyli pełny udział)). W przypadku zbioru negatywnego sytuacja wygląda identycznie jak w zbiorze neutralnym (jednakże w przypadku podjęcia decyzji, że nie należy sprzedawać wszystkich akcji danej firmy, w zbiorze negatywnym należałoby określić udział akcji).

Jeżeli struktury generowane przez różne agenty różnią się lub wartości atrybutów tych struktur są różne, to wtedy występuje konflikt wiedzy pomiędzy agentami [Soto i in. 2009]. W celu rozwiązania tego konfliktu możemy zastosować algorytm wyznaczania consensusu zdefiniowany formalnie w artykule [Sobieska-Karpińska, Hernes 2008].

Algorytm ten działa w ten sposób, że dla każdego elementu zbioru  $E$  sprawdzamy, ile razy wystąpił ten element kolejno w zbiorze  $EW^+$ ,  $EW^\pm$  i  $EW^-$ . Jeżeli element decyzji w danym zbiorze wystąpił więcej razy niż  $\frac{1}{2}$  liczby wszystkich decyzji, to należy on do danego zbioru w consensusie. Jeżeli natomiast wystąpił on w danym zbiorze dokładnie tyle razy, co  $\frac{1}{2}$  liczby wszystkich decyzji, lub wystąpił on w danym zbiorze mniej razy niż  $\frac{1}{2}$  liczby wszystkich decyzji, to nie należy on do consensusu.

Jeżeli stwierdzimy, że rozpatrywany element należy w consensusie do danego zbioru, to przechodzimy do kolejnego elementu zbioru  $E$ .

Następnie określamy porządek rosnący wartości  $Z$  ze wszystkich decyzji i tak samo postępujemy z wartościami  $SP$  oraz  $DT$ . Następnie obliczamy, pomiędzy którymi wartościami w tych porządkach musi znajdować się wartość będąca consensusem. Algorytm kończy się w momencie sprawdzenia wszystkich elementów decyzji i znalezieniu consensusu dla wartości  $Z$ ,  $SP$ ,  $DT$ .

W dalszej części artykułu przedstawimy weryfikację tego algorytmu przeprowadzoną z wykorzystaniem danych sesji Giełdy Papierów Wartościowych w Warszawie.

### 3. Weryfikacja metod consensusu

W celu weryfikacji metod consensusu wykorzystano dane z notowań sesji na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie. Przeprowadzono test, w którym przyjęto następujące założenia:

1. Przy weryfikacji wykorzystuje się dane wygenerowane przez programy agentowe, które podpowiadają inwestorowi decyzje w oparciu o wskaźniki analizy technicznej (8 programów agentowych). Na podstawie tych wyników obliczany jest consensus. Wykorzystano również wyniki uzyskane z zastosowaniem metody Buy and Hold (wyniki te nie są wykorzystywane do wyznaczania consensusu).

2. Inwestor codziennie podejmuje decyzje, czy akcje kupić, sprzedać, czy pozostawić bez zmian (tzn. jeśli nie posiada akcji, to ich nie kupuje, jeśli posiada akcje, to ich nie sprzedaje).

3. Test wykonano w oparciu o dane spółki Cognor notowanej na GPW. Ponieważ test dotyczy jednej spółki, jej procentowy udział w zbiorze pozytywnym wynosi zawsze 1.

4. Wykorzystano dane historyczne z trzech następujących okresów wybranych losowo:

- od 02.02.2008 do 30.09.2008 r.,
- od 04.01.2010 do 30.04.2010 r.,
- od 01.05.2011 do 31.08.2011 r.

5. Przyjęto, że w pierwszym dniu danego okresu inwestor posiada akcje w kwocie 1000 zł, a jako stopę zwrotu z inwestycji przyjmuje się różnicę między tą kwotą a kwotą, jaką inwestor będzie posiadał w ostatnim dniu okresu. Stopa zwrotu wyrażona jest w jednostkach nominalnych (w zł).

6. Stopień pewności i ryzyko nie są mierzone, będą one przedmiotem badań w kolejnych pracach.

7. W teście przyjęto, że koszty transakcji określane są jako koszt obsługi zlecenia w wysokości 0,4% wartości zlecenia (średnia z kilku biur maklerskich).

8. Przyjmuje się, że transakcje kupna-sprzedaży dokonywane są na podstawie cen zamknięcia danej sesji.

Test przeprowadzono w następujący sposób:

1. Na podstawie danych z pierwszego okresu każdy agent określał, kiedy kupić, a kiedy sprzedać akcje spółki, zapisując wyniki do bazy danych.

2. Następnie biorąc pod uwagę wyniki wszystkich agentów, wyznaczony został consensus w każdym dniu badanego okresu.

3. W kolejnym kroku, na podstawie wyników poszczególnych agentów oraz metod consensusu dla każdej operacji kupna sprzedaży określono wartość kapitału i liczbę posiadanych akcji oraz obliczono rzeczywiste nominalne koszty transakcji.

4. W końcowym etapie dokonano operacji sprzedaży akcji po cenie w ostatnim dniu okresu.

5. W celu obliczenia końcowej stopy zwrotu w zł od kwoty kapitału końcowego odjęto kwotę kapitału początkowego oraz rzeczywiste nominalne koszty transakcji.

6. Następnie kroki od 1 do 5 powtórzono, wykorzystując dane z kolejnych okresów.

Porównanie otrzymanych stóp zwrotu przedstawia tab. 1.

**Tabela 1.** Porównanie stóp zwrotu otrzymanych w wyniku przeprowadzonego testu

Okres	agent1	agent2	agent3	agenr4	agent5	agent6	agent7	agent8	Consensus	B&H
1	75,99	90,78	82,26	60,38	-106,74	103,73	-6,54	202,76	123,47	-121,87
2	30,28	27,60	42,68	70,10	12,30	-10,66	18,46	68,25	35,78	-296,91
3	102,13	393,78	98,33	368,12	34,60	10,20	-16,79	254,89	201,34	339,54
średnia	69,47	170,72	74,42	166,20	-19,95	34,42	-1,62	178,63	120,20	-26,41

Źródło: opracowanie własne.

W poszczególnych okresach decyzje podpowiadane przez agenty generowały zarówno zyski, jak i straty. Najlepszy wynik w pierwszym okresie osiągnął agent a8 (inwestor zyskał 202,76 zł, czyli 20,28% zysku), w drugim okresie agent a4 (inwestor zyskał 70,10 zł, czyli 7,01%), natomiast w trzecim okresie agent a2 (inwestor zyskał 393,78 zł, czyli 39,38%).

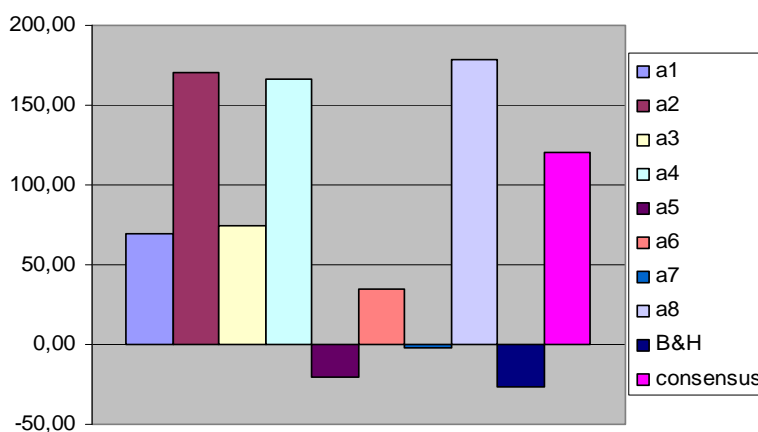
Najgorszy wynik w pierwszym okresie uzyskano, wykorzystując metodę Buy and Hold, która przyniosła 121,87 zł straty (czyli 12,19% straty), w drugim okresie również najgorszy wynik osiągnięto za pomocą metody Buy and Hold – 296,91 zł straty (a więc 29,69% straty), natomiast w trzecim okresie najwyższą stratę osiągnął agent a7 – 16,79 zł (czyli 1,68% straty).

Rozpatrując wyniki uzyskane za pomocą wykorzystania metod consensusu, to w pierwszym okresie pod względem wysokości stopy zwrotu uzyskano drugi wynik (wyniki agenta 8 przyniosły większy zysk, wyniki pozostałych agentów oraz metody Buy and Hold przyniosły mniejszy zysk lub nawet stratę). W drugim okresie natomiast metody consensusu pozwoliły uzyskać czwarty wynik (wyniki trzech agentów były lepsze, wyniki pięciu pozostałych agentów i metody Buy and Hold

były gorsze). W trzecim zaś okresie trzech agentów i metoda Buy and Hold pozwoliły uzyskać lepsze wyniki od wyników uzyskanych za pomocą metod consensusu, natomiast pięciu agentów wygenerowało gorsze wyniki.

Biorąc pod uwagę średnią stopę zwrotu z trzech okresów, najlepszy wynik uzyskał agent a8, natomiast najgorszy agent a5. Wyniki uzyskane z wykorzystaniem metod consensusu pozwoliły uzyskać czwartą pod względem wielkości zysku stopę zwrotu z inwestycji – 120 zł, czyli 12,02% (rys. 1). Należy zauważyć, że średnia stopa zwrotu wszystkich agentów wynosi 84,04 zł (8,40%), natomiast średnia stopa zwrotu wszystkich agentów oraz metody Buy and Hold wynosi 71,76 zł (7,18%). Zatem wykorzystanie metod consensusu pozwala uzyskać wyższą stopę zwrotu niż średnia stopa zwrotu wszystkich agentów.

Przeprowadzając powyższą weryfikację, zauważono również, że średnie koszty transakcji wygenerowane z wykorzystaniem metod consensusu były niższe od kosztów transakcji wygenerowanych przez sześciu agentów, natomiast wyższe od kosztów transakcji wygenerowanych przez dwóch agentów (i oczywiście metodę Buy and Hold).



Rys. 1. Średnia stopa zwrotu z inwestycji

Źródło: opracowanie własne.

Weryfikacja metod consensusu pokazała zatem, że decyzje podpowiadane przez wieloagentowy system wspomaganie decyzji są decyzjami, które mimo że nie przynoszą największej stopy zwrotu, to w perspektywie czasu pozwalają uzyskać wyniki satysfakcjonujące inwestora. Zauważmy bowiem, że gdyby inwestor musiał dokonywać samodzielnie wyboru, którego agenta ma „posłuchać”, to przy założeniu, że prawdopodobieństwo wyboru danego agenta przez inwestora jest takie samo, mógłby częściej wybrać decyzję (podpowiedź) agenta, który pozwala uzyskać niższą stopę zwrotu (w przeprowadzonym teście pięciu agentów pozwoliło

uzyskać niższe, a trzech agentów wyższe stopy zwrotu w porównaniu z wynikami uzyskanymi z wykorzystaniem metod consensusu). Pomimo że niektóre agenty w danym okresie uzyskują lepszy wynik niż wynik uzyskany z wykorzystaniem metod consensusu, to ich działanie charakteryzuje duża rozbieżność stóp zwrotu. Zauważono także, że średni czas wyznaczania consensusu w tym eksperymencie wynosi 15 sekund. Gdyby inwestor miał samodzielnie wybierać spośród decyzji agentów, to czas potrzebny na przeanalizowanie tych decyzji jest oczywiście dłuższy.

Podsumowując możemy powiedzieć, że decyzje finansowe generowane przez metody consensusu pozwalają w danym okresie inwestowania uzyskać większą stopę zwrotu w porównaniu z poszczególnymi agentami oraz uzyskać większą szybkość wygenerowania decyzji, niż gdyby decydent samodzielnie wybierał spośród decyzji wygenerowanych przez te agenty. Wzrasta zatem poziom użyteczności decyzji i dzięki temu przynosi ona satysfakcjonujące korzyści.

#### 4. Podsumowanie

Podejmowanie decyzji jest procesem bardzo złożonym, zwłaszcza gdy działamy w warunkach ryzyka i niepewności. Decydent nie może wtedy być pewny skutków podjętej decyzji. Wspomaganie podejmowania decyzji poprzez wykorzystanie systemów wieloagentowych jest skuteczne tylko pod warunkiem, że decydent otrzyma z systemu wiarygodne rozwiązanie. Jeśli natomiast wystąpi konflikt wiedzy poszczególnych agentów, to znacznie obniża on wiarygodność decyzji wygenerowanej przez system. Należy zatem rozwiązać ten konflikt, aby decydent otrzymał jak najlepszą odpowiedź od systemu, a w konsekwencji podjął prawidłową decyzję, która spowoduje sprawniejsze funkcjonowanie organizacji. Wykorzystanie metod consensusu w tym zakresie pozwala uzyskać wynik przynoszący inwestorowi satysfakcjonujące korzyści. Kolejną zaletą jest skrócenie czasu potrzebnego na podjęcie decyzji.

Metody consensusu nie gwarantują, że decyzja będzie najlepsza, gwarantują natomiast pewien poziom satysfakcji. Może się okazać, że jedna z decyzji wygenerowanych przez agenta jest lepsza od decyzji wyznaczonej przez metody consensusu, jednak nigdy nie ma pewności, że decydent wybierze właśnie tę najlepszą decyzję. Często może wybrać nawet tę najgorszą. Z przeprowadzonej w artykule weryfikacji metod consensusu na danych z notowań Giełdy Papierów Wartościowych wynika, że decyzja wyznaczona z wykorzystaniem metod consensusu jest lepsza średnio od 5 z 8 agentów (na podstawie decyzji wygenerowanych przez te metody wyznaczany jest consensus). Inaczej mówiąc, użytkownik miałby niższy poziom satysfakcji w przypadku 62% agentów, a wyższy tylko w przypadku 38% agentów. Należy dodać, że poziom satysfakcji, jaką powinny gwarantować metody consensusu, określany jest przez użytkownika (decydenta) i może być wprowadzany do systemu w postaci parametrów.



Mimo że w weryfikacji przedstawionej w niniejszym artykule ryzyko nie było mierzone, na podstawie innych weryfikacji przeprowadzonych przez autora można postawić tezę, że zastosowanie metod consensusu zmniejsza ryzyko z inwestowania, ponieważ użytkownik nie musi wybierać spośród rozwiązań wygenerowanych przez poszczególne agenty, a więc zmniejsza się ryzyko wyboru najgorszej w danym czasie metody inwestowania. Zatem w dalszych badaniach niezbędne jest przeprowadzenie weryfikacji metod consensusu wraz z pomiarem ryzyka z inwestowania. Należy również sprawdzić inne, niż tylko stopa zwrotu, czynniki mające wpływ na skuteczność inwestycji, np. liczbę strat w okresie inwestycji, większą liczbę spółek. Istotne byłoby również przeprowadzenie weryfikacji w środowisku większej heterogeniczności agentów, gdzie agenty wykorzystują nie tylko wskaźniki analizy technicznej, ale też inne metody wspomagania inwestowania, np. w systemie opisanym w pracy [Korczak, Lipiński 2008].

## Literatura

- Condorcet M. [1974], *Essai sur l'application de l'analyse a la probabilité des décisions rendues a la pluralité des voix*, Chelsea Publ. 6, New York.
- Fischburn P.C. [1977], *Condorcet social choice functions*, SIAM Journal of Applied Math.33(3).
- Korczak J., Lipiński P. [2008], *Agents systems in capital market decision support*, [w:] *Evolution multiagent information systems in socialy-economic environment*, ed. S. Stanek, H. Sroka, M. Paprzycki, M. Ganzha, Placet Press, Warszawa.
- Kulikowski R., Libura M., Słomiński L. [1998], *Wspomaganie decyzji inwestycyjnych*, PAN, Warszawa.
- Laffond G., Lasier J.F., Breton M. [1995], *Condorcet choice correspondences: A set theoretical comparison*, Mathematical Social Sciences 30.
- Nguyen N.T. [2002], *Metody wyboru consensusu i ich zastosowanie w rozwiązywaniu konfliktów w systemach rozproszonych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- Sobieska-Karpińska J., Hernes M. [2006], *Metody reprezentacji wiedzy agentów w multiagenckich systemach wspomagających podejmowanie decyzji finansowych*, Informatyka Ekonomiczna. Wybrane zagadnienia, red. A. Nowicki, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław.
- Sobieska-Karpińska J., Hernes M. [2008], *Metody consensusu w systemach wspomagających podejmowanie decyzji*, Ekonometria nr 21. *Zastosowania metod ilościowych*, red. J. Dziechciarz, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław.
- Sobieska-Karpińska J., Hernes M. [2009], *Value of information i distributed decision support system*, [in:] *Infonomics for Distributed Business and Decision-Making Environments: Creating Information System Ecology*, ed. M. Pańkowska, K. Adamiecki, IGI Global, USA.
- Sobieska-Karpińska J., Hernes M. [2011], *Determining consensus in situation of simple functional dependencies between elements of decision structure in distributed decision support systems*, "International Journal of Economics and Business Research" (w druku).
- Soto J.B., Vizcaino A., Portilo-Rodriguez J, Piattini M. [2009], *An Agent System to Manage Knowledge in CoPs*, [in:] *Web-Based Learning Solutions for Communities of practise: Developing Virtual Environments for social and Pedagogical Advancement*, ed. N. Karacapilidis, Hershey, New York.

## **VALIDATION OF CONSENSUS METHODS IN MULTIAGENT FINANCIAL DECISION SUPPORT SYSTEM**

**Summary:** The paper presents validation of consensus methods used to solve conflicts of knowledge in multiagent financial decision support system. The agents knowledge structure (decision) and short characteristic of consensus determining algorithm for such structures is presented in the first part of the article. Next, verification of this algorithm with the use of the real data from Warsaw Stock Exchange listings is carried out. Then, assumptions of the test and results of validation are presented. Validation has revealed the appropriateness of application of consensus methods in supporting financial decisions.

**Keywords:** consensus methods, financial decision, multiagent financial decision support system, knowledge conflicts.