

PIOTR FILIPKOWSKI

Kolegium Analiz Ekonomicznych  
Szkoła Główna Handlowa w Warszawie

## Technologie agentowe w komputerowym modelowaniu i symulacjach

### 1. Wstęp

Gospodarka oparta na wiedzy i społeczeństwo informacyjne nie mogą racjonalnie funkcjonować bez dobrych standardów i praktyki komputerowego modelowania oraz symulacji. Coraz większe wymagania odnośnie do procesu decyzyjnego przedsiębiorców i klientów oraz coraz bardziej wyrafinowane technologie informatyczne wymagają wsparcia technologią agentową, pochodzącą z koncepcji M.L. Minsky'ego. Autor prezentuje oryginalne spojrzenie na problem modelowania procesu decyzyjnego w wybranych obszarach zastosowań w ujęciu poznawczym, metodologicznym i empirycznym. Wynikiem takiej prezentacji jest uogólniony adaptacyjny algorytm agenta pośredniczącego w e-platformach transakcyjnych w odniesieniu do transakcji typu „inteligentny agent zamawiający/oferujący do inteligentnego agenta oferującego/zamawiającego”, charakterystycznej dla różnych dziedzin życia ludzkiego. Celem takiego ujęcia jest wspomaganie procesu podejmowania decyzji o wyborze działań podejmowanych w warunkach niepewności i/lub stresu z uwzględnieniem zmiennych uwarunkowań środowiskowych. Coraz większa liczba uczestników platform elektronicznych niekorzystnie wpływa na jakość zawieranych transakcji, w tym transakcji intelektualnych<sup>1</sup>. Obecne możliwości przetwarzania informacji i wiedzy są na takim poziomie rozwoju, że systemy transakcyjne pełniące funkcję e-platform powinny mieć wbudowane silniejsze mechanizmy zarządzania relacjami „inteligentny agent do inteligentnego agenta”.

---

<sup>1</sup> P. Filipkowski, *Synteza algorytmu agenta pośredniczącego w e-platformach transakcyjnych*, „Roczniki” Kolegium Analiz Ekonomicznych, z. 36, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2015.

W niniejszej pracy przedstawiono wykorzystywane przez autora pojęcie modelowania algorytmicznego, opracowane i zaprojektowane w Instytucie Informatyki i Gospodarki Cyfrowej SGH wirtualne laboratorium (uruchomione na poziomie VI gotowości technologii), zapewniające modelowanie i symulację procesów transakcyjnych, wybrane algorytmy podejmowania decyzji oraz uogólniony adaptacyjny algorytm agencji pośredniczącej. Celem artykułu jest syntetyczne przedstawienie pojęć, metod, technologii oraz algorytmów wykorzystywanych w modelach agencji wspomagających proces decyzyjny. Dodatkowo w podsumowaniu przedstawiono kierunki przyszłych prac badawczych.

## 2. Modelowanie algorytmiczne

Punktem wyjścia modelowania algorytmicznego w obszarze zachowań decydentów jest ogólne pojęcie algorytmu. Autor rozumie je tu jako skończony ciąg jasno zdefiniowanych czynności koniecznych do wykonania określonego rodzaju zadań.

**Modelowanie algorytmiczne** to użycie języka programowania do opisanie struktury i organizacji rozpatrywanego systemu. Model algorytmiczny opisuje dany system za pomocą jego funkcji i wiedzy o jego zachowaniu się. Rozumiane w ten sposób modelowanie algorytmiczne służy autorowi do rozwiązywania problemów o dużej złożoności i nieznanymi *a priori* własnościami statystycznych (co wyklucza zastosowanie wyłącznie modelowania matematycznego) w kategoriach „behawioralnych teorii decyzji” i „matematycznych teorii decyzji”<sup>2</sup>. Funkcje i wiedza o zachowaniu się systemu reprezentują tu określone właściwości danego systemu. Właściwy model to baza wiedzy problemu wiążąca ze sobą różne funkcje i wiedzę o zachowaniu się systemu, co jest tożsame z opisem relacji w danym systemie.

Przez pojęcie systemu autor rozumie tu pewną celowo zorganizowaną całość, istniejącą w pewnym otoczeniu, będącą efektem synergii powiązanych ze sobą relacjami części, które są niezależne i dynamiczne. Części te istnieją w jakimś

---

<sup>2</sup> A. Janicki, *O przydatności teorii dyferencjacji i konsolidacji dla procesów decyzyjnych w złożonych sytuacjach stresogennych*, III Konferencja Naukowa „Człowiek w ekstremalnych warunkach środowiska”, WIML, 2008.

celu, a współdziałając ze sobą, realizują cel istnienia systemu jako szczególnej całości, która jest zupełna i kompletna<sup>3</sup>.

A. Janicki i R. Kulikowski w swych wystąpieniach oraz pracach z obszaru wspomagania decyzji zrównoważonego i bezpiecznego rozwoju strategicznego czy systemów wielkich zwracają uwagę na ocenę i wspomaganie podejmowanych decyzji przy wykorzystaniu tzw. funkcji użyteczności<sup>4</sup>. Funkcja ta jest konstruowana zgodnie z zaleceniami psychoanalityków, według których zachowanie (ang. *behaviour*) decydentów w kontekście zrównoważonego rozwoju jest funkcją działań przedsiębiorczych (ang. *drives*), ochronno-obronnych (ang. *defences*) według A. Tverskiego i D. Kahnemana oraz poczucia koherencji (ang. *coherence*) według A. Antonovsky'ego. Funkcja ta umożliwi również wspomaganie sprawiedliwej kooperacji przez wykorzystanie zasady opracowanej przez V. Pareto i J. Nasha, że iloczyn funkcji użyteczności kooperujących osób powinien być maksymalny<sup>5</sup>. Użyteczność w ujęciu strategicznym może być rozumiana jako długookresowy dobrobyt (ang. *welfare*) egzystencjalny. W związku z tym możliwe jest unikanie działań niesprawiedliwych, tj. korupcyjnych, terrorystycznych, konfliktów, oraz rewolucji i stanów wojennych, co ma istotne znaczenie dla systemów o podstawowym znaczeniu dla życia publicznego, jak systemy finansowe, wojskowe, policyjne i szeroko rozumiane systemy ochronne oraz ratownicze.

W publikacji *Society of Mind* M.L. Minsky'ego został przedstawiony ogólny model, w którym umysł składa się z wielu mniejszych umysłów, nazwanych agentami. Każdy agent wykonuje dany proces. Poprzez łączenie tych agentów w swego rodzaju społeczeństwo – w pewnych dogodnych warunkach – doprowadzimy do wytworzenia się „inteligencji”. Może to również określać np. społeczeństwo wielu małych pomysłów, myśli. Jeżeli każdy z tak rozumianych agentów jest zdroworozsądkowy i zostanie ich połączonych wystarczająco wielu, możemy badać zasady funkcjonowania umysłu.

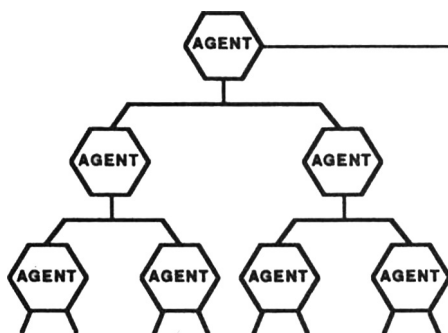
W tak rozumianym umyśle zawiera się wiele prostych umysłów (agentów), jednego z tych agentów odpowiadającego za konstrukcję zwie się builderem. Pełni on kontrolę nad pozostałymi agentami zgodnie z przyjętym celem swego działania. W związku, gdy zadanie jest zbyt skomplikowane dla jednego agenta buildera, prosi on o pomoc innych agentów. Podobną konstrukcję ma – według

<sup>3</sup> P. Filipkowski, *Istota i cel systemu*, w: *Wstęp do informatyki gospodarczej – zajęcia laboratoryjne*, red. K. Polańska, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2015.

<sup>4</sup> A. Janicki, *Trójczynnikowa funkcja użyteczności*, w: *LabTSI™ – platforma modelowania i symulacji*, red. A. Janicki, Wydawnictwo KUL, Lublin 2011.

<sup>5</sup> R. Kulikowski, A. Janicki, P. Filipkowski, *Konsorcjum Zarządzania Wiedzą i Wspomaganie Decyzji*, Materiały Rady Konsorcjum, Warszawa, 22.06.2007, [www.rnkpssi.pb.edu.pl](http://www.rnkpssi.pb.edu.pl).

M.L. Minsky'ego – umysł, który jest zbudowany z procesów. Dobrą ilustrację rozwoju takich procesów stanowi obserwacja wzrostu i rozwój dziecka. Zauważamy, że mechanizm buildera występuje już u noworodków i małych dzieci wraz z doborem wszystkiego, co je przysposabia do życia w społeczeństwie. Builder, tworząc społeczność, tzn. agencję, zapewnia kontrolę pracy agentów zgodnie z ich specjalizacją.



**Rysunek 1. Agencja według M.L. Minsky'ego**

Źródło: M.L. Minsky, *The Society of Mind*, Simon & Schuster, New York 1988, s. 23.

Specyfikacja i manipulowanie złożonymi systemami jest trudne. Ważne jest to, aby tworzone rozwiązania informatyczne miały jasną i poprawną semantykę reprezentacji nie tylko indywidualnych agentów, ale również interakcji i powiązań pomiędzy nimi. W literaturze zwraca się uwagę na<sup>6</sup>:

- opis agenta przez logiczną specyfikację;
- implementację agenta przez wykonywanie logicznych instrukcji;
- analizę organizacji i struktury agenta przez techniczną weryfikację opartą na logice.

Logiczne powiązania pomiędzy agentami są więc niezbędne do zapewnienia agencjom możliwości rozwiązywania złożonych problemów.

Podejść do problemu syntezy algorytmu danego systemu decyzyjnego w e-platformach transakcyjnych może być wiele<sup>7</sup>. Transdyscyplinarna unia podejść do rozwiązań problemów zaproponowanych przez M.L. Minsky'ego, A. Antonovsky'ego i R. Kulikowskiego była realizowana w Katedrze Technologii

<sup>6</sup> M. Fisher, R.H. Bordini, B. Hirsch, P. Torroni, *Computational logics and agents. A Roadmap of Current Technologies and Future Trends*, „Computational Intelligence” 2007, vol. 23(1), s. 61–91 (wersja elektroniczna z bazy IEEE Xplore).

<sup>7</sup> N.R. Jennings, K. Sycara, M. Wooldridge, *A Roadmap of Agent Research and Development*, „Autonomous Agents and Multi-Agent Systems” 1998, vol. 1, s. 7–38.

Spółczeństwa Informacyjnego KUL, a obecnie jest rozwijana w Instytucie Informatyki i Gospodarki Cyfrowej SGH. Do problemów związanych z transakcjami „inteligentny agent do inteligentnego agenta” można zaliczyć również zarządzanie relacjami stron transakcji, z uwzględnieniem problemów: zaspokojenia potrzeb<sup>8</sup>, synchronizacji dostępu do zasobów<sup>9</sup>, kosztów transakcyjnych w klasie systemów informacyjnych<sup>10</sup>.

Ograniczenia, określone przez system regulacji prawnych oraz hierarchiczną naturę systemów wspomagania decyzji, są możliwe do uwzględnienia przez zastosowanie podejścia agentowego. W swej pracy autor proponuje wykorzystanie uogólnionego algorytmu agenta pośredniczącego buildera oraz rozproszonych platform modelowania i symulacji na potrzeby syntez algorytmów agentów i agencji w procesach transakcyjnych danego systemu o podstawowym znaczeniu dla życia publicznego.

### 3. Platforma modelowania i symulacji

Wykorzystywana do badań symulacyjnych platforma jest uruchomiona na poziomie 6. gotowości technologii<sup>11</sup> w postaci wirtualnego laboratorium LabIIiGC™, zapewniającego modelowanie i symulację procesów transakcyjnych. Na rysunku 2 przedstawiono aktualne rozwiązanie testowane i rozwijane przez Instytut Informatyki i Gospodarki Cyfrowej SGH.

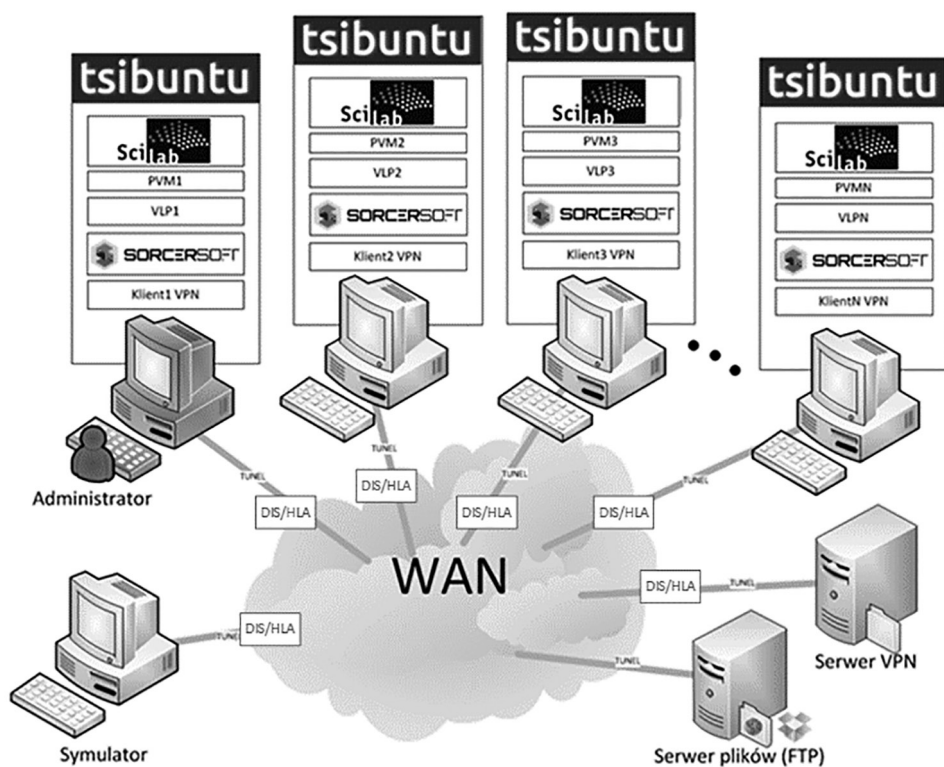
Integracja rozwiązań SORCER'a i LabTSI® w LabIIiGC™ SGH przy wsparciu SORCERSOFT i ECTSI umożliwia prowadzenie złożonych obliczeniowo procesów decyzyjnych decydentów przy wsparciu technologią agentową. Prezentowane rozwiązanie jest w fazie testów optymalizacyjnych w zakresie struktury platformy w trybie wsadowym. Konfiguracja taka nie tylko zapewnia elastyczność w zakresie zestawiania elementów platformy odpowiednio do potrzeb obliczeniowych, ale również zabezpiecza prawa własności intelektualnej do uzyskanych rezultatów przez stosujących ją do pracy partnerów.

<sup>8</sup> P. Filipkowski, *Synteza algorytmu...*, op.cit.

<sup>9</sup> J. Winkowski, *Protocols of accessing overlapping sets of resources*, „Information Processing Letters”, 13.10.1981, s. 239–243.

<sup>10</sup> K. Polańska, *Sieci społecznościowe. Wybrane zagadnienia ekonomiczno-społeczne*, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2013, s. 75.

<sup>11</sup> W 9-stopniowej skali gotowości technologii TRL (ang. *Technology Readiness Levels*).



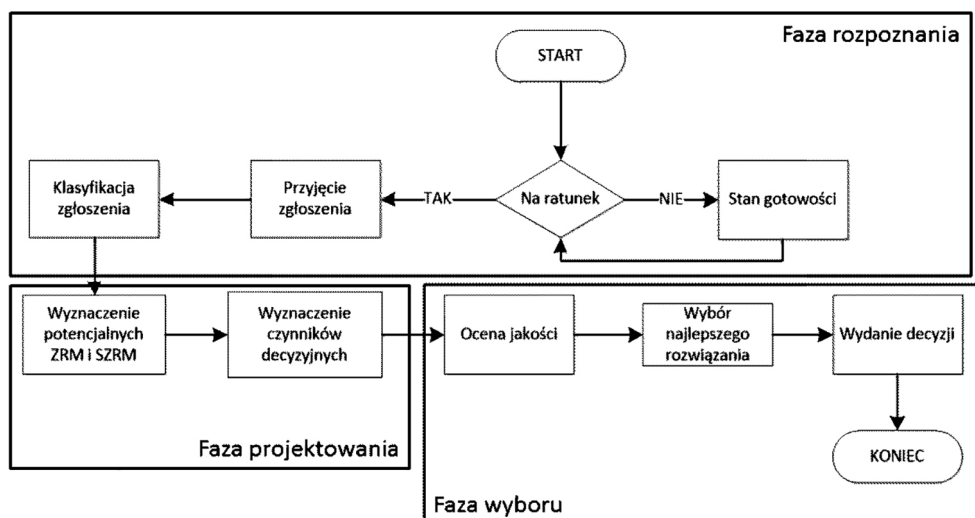
**Rysunek 2. Struktura platformy w wirtualnym laboratorium LabIIiGC™ SGH**

Źródło: opracowanie graficzne M. Horodelski, ECTSI, 2015.

W rozumieniu agencji według M.L. Minsky'ego funkcja buildera może być realizowana w systemie rozproszonym przez parenta (rola hosta w środowisku PVM i VLP) i analogicznie przez servlet (rola hosta w środowisku SORCER). Funkcja agenta współpracującego z builderem może być realizowana przez childa (rola hosta w środowisku PVM i VLP) oraz przez serwisy (rola hosta w środowisku SORCER). Dzięki innowacyjnemu połączeniu przetwarzania rozproszonego różnych maszyn wirtualnych jest planowane osiągnięcie wyższej efektywności w zakresie symulacji procesów i racjonalizacja zastosowań tak złożonej struktury obliczeniowej w odniesieniu do osiągniętych rozwiązań w KTSI KUL.

## 4. Algorytmy podejmowania decyzji w wybranych systemach

Na podstawie analizowanych przez autora algorytmów wybranych decydentów wyróżniono trzy główne fazy procesu decyzyjnego: rozpoznania, projektowania i wyboru. Analizie poddano trzy procesy opisane: algorytmem dyspozytora systemu Państwowe Ratownictwo Medyczne (rysunek 3), algorytmem pośrednika w handlu elektronicznym (rysunek 4) oraz algorytmem negocjacji akcesyjnych Unii Europejskiej (rysunek 5).



**Rysunek 3. Algorytm dyspozytora**

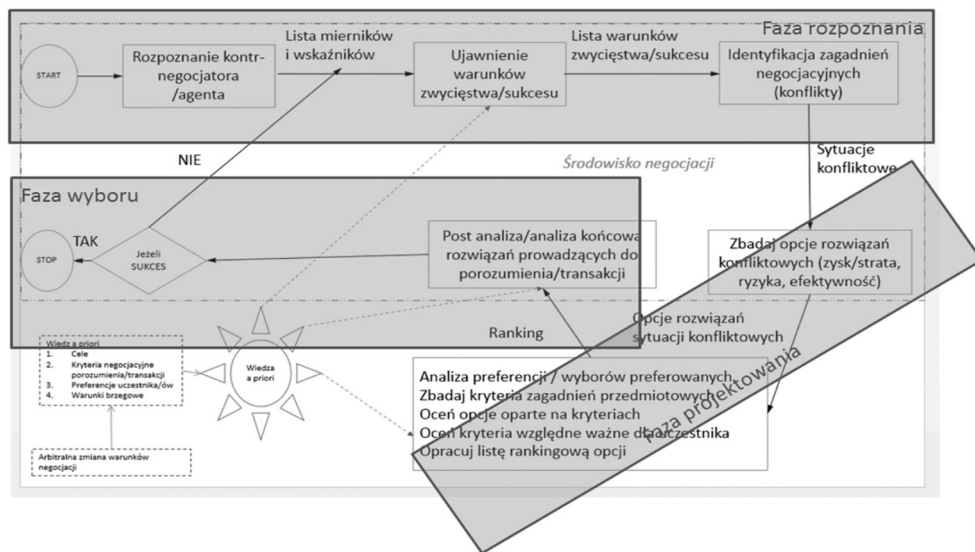
Źródło: opracowanie własne na podstawie: P. Filipkowski, *Synteza algorytmu agenta pośredniczącego w e-platformach transakcyjnych*, „Roczniki” Kolegium Analiz Ekonomicznych, z. 36, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2015.





Rysunek 4. Algorytm e-Pośrednika

Źródło: opracowanie własne na podstawie: P. Filipkowski, *Zarządzanie relacjami kupujący-sprzedający na rynkach elektronicznych z zastosowaniem technologii agentowych*, rozprawa doktorska, Uniwersytet Łódzki, 2011.



Rysunek 5. Algorytm negocjacji unijnych

Źródło: opracowanie własne na podstawie: M. Walczak, *Algorytm negocjacji unijnych*, materiały wewnętrzne I Rady Ministra Spraw Zagranicznych RP, 2015.

W wyniku wyodrębnienia w algorytmach faz procesu decyzyjnego jest możliwe przygotowanie uogólnionego algorytmu agencji wspomagającej proces decyzyjny. W zarządzaniu relacjami „inteligentny agent do inteligentnego agenta”



istotną rolę odgrywa proces decyzyjny<sup>12</sup>. W wypadku omawianej w pracy agencji pośredniczącej jest realizowane komputerowe wspomaganie zarządzania relacjami zamawiający–oferujący. W związku z tym agencja pośrednicząca, podejmując decyzję o doborze stron transakcji, powinna przejść fazy zgodnie z procesem podejmowania decyzji: rozpoznania, projektowania, wyboru<sup>13</sup>, a w tym<sup>14</sup>:

- wyznaczyć miary jakości podejmowanych decyzji;
- ustalić warianty połączeń handlowych;
- podjąć i wydać ostateczną decyzję.

Zarządzanie relacjami oferujący–zamawiający jest głównym elementem pracy pośrednika zapewniającym odpowiednią jakość połączeń zestawień oferujący–zamawiający. Zastosowanie agenta pośredniczącego wspierającego proces zarządzania relacjami zwiększa możliwości systemu transakcyjnego w zakresie obsługi jego użytkowników<sup>15</sup>.

## 5. Uogólniony adaptacyjny algorytm agenta buildera

Transakcje „inteligentny agent zamawiający/oferujący do inteligentnego agenta oferującego/zamawiającego” wsparte agentem pośredniczącym wspomagającym decyzje stron transakcji wykazują wyższą użyteczność i efektywność<sup>16</sup>. W kontekście koncepcji M.L. Minsky’ego w celu panowania nad złożonością modelowanych zjawisk można przejść na wyższy poziom uogólnienia przez rozpatrywanie transakcji „inteligentna agencja zamawiająca/oferująca do inteligentnej agencji oferującej/zamawiającej”.

Modułem wspomagającym decyzje stron transakcji będzie tu agencja pośrednicząca, której funkcjonowanie jest ekonomicznie uzasadnione z powodu zmniejszenia kosztów transakcyjnych w danym układzie transakcji.

---

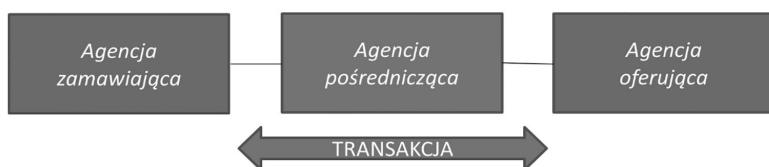
<sup>12</sup> A.K. Koźmiński, W. Piotrowski, *Zarządzanie. Teoria i praktyka*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1996, s. 88.

<sup>13</sup> J. Tragalski, *Podejmowanie decyzji*, w: *Organizacja i zarządzanie*, red. A. Stabryła, J. Trzeciecki, PWN, Warszawa 1986, s. 204.

<sup>14</sup> P. Filipkowski, *Zarządzanie relacjami kupujący–sprzedający na rynkach elektronicznych z zastosowaniem technologii agentowych*, rozprawa doktorska, Uniwersytet Łódzki, 2011.

<sup>15</sup> K.M. Sim, R. Chan, *A brokering protocol for agent-based e-commerce*, „IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part C” 2000, vol. 30, issue 4, November, s. 481.

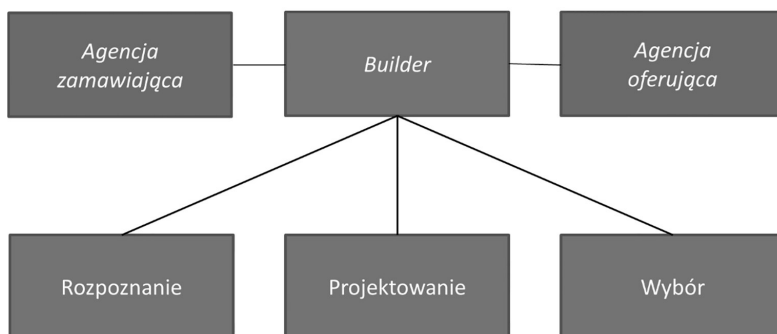
<sup>16</sup> P. Filipkowski, *Synteza algorytmu...*, op.cit.



**Rysunek 6. Agencja pośrednicząca w procesie transakcji**

Źródło: opracowanie własne.

Strukturalnie builder agencji pośredniczącej w celu zapewnienia wsparcia decyzyjnego stronom transakcji będzie musiał zrealizować trzy główne fazy procesu decyzyjnego: rozpoznanie, projektowanie i wybór.



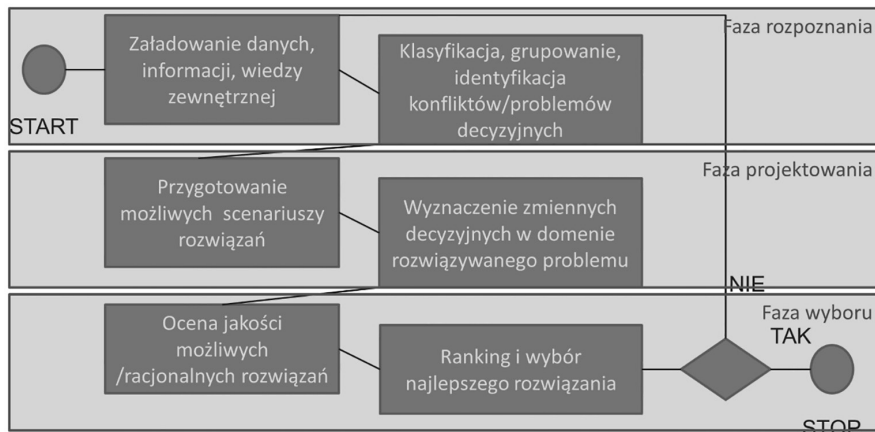
**Rysunek 7. Struktura agencji pośredniczącej w procesie transakcji „inteligentna agencja zamawiająca do inteligentnej agencji oferującej”**

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie zaprezentowanych algorytmów autor zaproponował uogólniony adaptacyjny algorytm agencji wspomagającej decyzje w procesie transakcji. Na rysunku 8 przedstawiono kroki algorytmu oraz fazy algorytmu agencji wspomagającej dany proces decyzyjny w systemie transakcyjnym.

W fazie rozpoznania konieczne jest pobranie danych, informacji i wiedzy z obszaru podejmowanej decyzji, następnie zachodzi klasyfikacja, grupowanie i identyfikacja kluczowych konfliktów/problemów decyzyjnych. W przypadku realizacji kolejnego cyklu niezbędne jest uzupełnienie danych, informacji i wiedzy uzyskanych z poprzedniego cyklu procesu decyzyjnego. W fazie projektowania są budowane scenariusze możliwych rozwiązań na podstawie przyjętych kryteriów decyzyjnych. W fazie wyboru kryteria służą do wyboru racjonalnych rozwiązań z opracowanych scenariuszy, a potem jest tworzony ranking i wybiera

się najlepsze rozwiązanie. Dzięki wprowadzeniu pętli sprzężenia zwrotnego jest możliwa adaptacja i prowadzenie negocjacji.



**Rysunek 8. Algorytm agencji pośredniczącej w procesie transakcji „inteligentna agencja zamawiająca do inteligentnej agencji oferującej”**

Źródło: opracowanie własne.

Znamienny w procesie adaptacji okazuje się warunek stopu wykonania algorytmu. Zgodnie z przyjętą tu regułą stopu<sup>17</sup>, jeżeli nie zostanie znalezione najlepsze rozwiązanie i trzykrotnie istotnie nie zmieni się osiągnięte racjonalne rozwiązanie, można zatrzymać proces decyzyjny<sup>18</sup>.

## 6. Podsumowanie

Przedstawione w pracy zastosowania technologii agentowych na potrzeby komputerowego modelowania i symulacji w obszarze wspomagania decyzji transakcyjnych obejmują m.in. problematykę pośrednictwa w zakresie transakcji, w tym również transakcji intelektualnych. Autor, prezentując uogólniony adaptacyjny algorytm agencji pośredniczącej, podkreśla podobieństwo procesów

<sup>17</sup> A. Janicki, *An adaptive sequential test*, „Zastosowania Matematyki”, 1973, t. 13, z. 3.

<sup>18</sup> P. Filipkowski, A. Janicki, *Negotiation's model of decision system with partial information in the broker module*, w: *Simpozijum o računarskim naukama i informacionim tehnologijama: YU Info'2007: zbornik radova*, Univerzitet u Beogradu, Informaciono Društvo SCG, Beograd 2007.

decyzyjnych wybranych obszarów i proponuje uniwersalny algorytm, mający swe źródło w podstawach technologii społeczeństwa informacyjnego, a inspiracje do jego stworzenia pochodzą z obszarów społeczno-gospodarczych badanych przez autora w zespołach transdyscyplinarnych.

Badania nad konstrukcją relacji w systemach gospodarczych i społecznych oraz ich wpływem na dany system są przedmiotem dalszych dociekań autora, w których nacisk będzie położony na możliwości transakcyjne badanych systemów oraz ich użyteczność i efektywność w ramach realizowanego celu.

## Bibliografia

- Coulouris G., Dollimore J., Kindberg T., Blair G., *Distributed Systems: Concepts and Design*, Addison-Wesley, Boston 2012.
- Filipkowski P., *Istota i cel systemu*, w: *Wstęp do informatyki gospodarczej – zajęcia laboratoryjne*, red. K. Polańska, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2015.
- Filipkowski P., *Synteza algorytmu agenta pośredniczącego w e-platformach transakcyjnych*, „Roczniki” Kolegium Analiz Ekonomicznych, nr 36, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2015.
- Filipkowski P., *Zarządzanie relacjami kupujący–sprzedający na rynkach elektronicznych z zastosowaniem technologii agentowych*, rozprawa doktorska, Uniwersytet Łódzki, 2011.
- Filipkowski P., Janicki A., *Negotiation's model of decision system with partial information in the broker module*, w: *Simpozijum o računarskim naukama i informacionim tehnologijama: YU Info '2007: zbornik radova*, Univerzitet u Beogradu, Informaciono Društvo SCG, Beograd 2007.
- Fisher M., Bordini R.H., Hirsch B., Torroni P., *Computational logics and agents. A Roadmap of Current Technologies and Future Trends*, „Computational Intelligence” 2007, vol. 23(1), s. 61–91 (wersja elektroniczna z bazy IEEE Xplore).
- Huhns M.N., *Being and Acting Rational*, „IEEE Internet Computing” 2003, vol. 7, no. 2, March/April.
- Janicki A., *An adaptive sequential test*, „Zastosowania Matematyki”, 1973, t. 13, z. 3.
- Janicki A., *Na drodze do społeczeństwa wiedzy*, „Technologie i Przemysł” 2004, nr 4.
- Janicki A., *O przydatności teorii dyferencjacji i konsolidacji dla procesów decyzyjnych w złożonych sytuacjach stresogennych*, III Konferencja Naukowa „Człowiek w ekstremalnych warunkach środowiska”, WIML, 2008.
- Janicki A., *Trójzmiennikowa funkcja użyteczności*, w: *LabTSI™ – platforma modelowania i symulacji*, red. A. Janicki, Wydawnictwo KUL, Lublin 2011.

- Jennings N.R., Sycara K., Wooldridge M., *A Roadmap of Agent Research and Development*, „Autonomous Agents and Multi-Agent Systems” 1998, vol. 1, s. 7–38.
- Koźmiński A.K., Piotrowski W., *Zarządzanie. Teoria i praktyka*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1996.
- Kulikowski R., Janicki A., Filipkowski P., *Konsorcjum Zarządzania Wiedzą i Wspomaganie Decyzji*, Materiały Rady Konsorcjum, Warszawa, 22.06.2007, [www.rnkpssi.pb.edu.pl](http://www.rnkpssi.pb.edu.pl).
- Minsky M.L., *Society of Mind*, Simon & Schuster Paperbacks, New York 1988.
- Polańska K., *Sieci społecznościowe. Wybrane zagadnienia ekonomiczno-społeczne*, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2013.
- Sim K.M., Chan R., *A brokering protocol for agent-based e-commerce*, „IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part C” 2000, vol. 30, issue 4, November.
- Tragalski J., *Podjęmowanie decyzji*, w: *Organizacja i zarządzanie*, red. A. Stabryła, J. Trzcieniecki, PWN, Warszawa 1986.
- Winkowski J., *Protocols of accessing overlapping sets of resources*, „Information Processing Letters”, 13.10.1981, s. 239–243.

\* \* \*

## Agent technologies in computer modelling and simulations

### Summary

The paper presents the concept of algorithmic modelling, the virtual laboratory developed and designed by the Institute of Informatics and Digital Economy at the Warsaw School of Economics (running on VI technology readiness level), the purpose of which is to provide modelling and simulation of transactional processes, selected algorithms, decision-making, and a generalised adaptive brokering algorithm of an agency. In addition, the article offers directions for future research.

**Keywords:** agent-based model, computer simulations, algorithmic modelling, virtual laboratory, brokering algorithm, transactional processes, decision-making

