

*Antoni Nowakowski, Maciej K. Godniak*

## **ROLA SYSTEMÓW WIELOAGENTOWYCH WE WSPOMAGANIU FUNKCJONOWANIA WIRTUALNYCH ORGANIZACJI**

### **Streszczenie**

*Artykuł prezentuje podejście do zagadnienia stosowania systemów wieloagentowych w nowoczesnych modelach prowadzenia biznesu z przeważającym wsparciem technologiami informatycznymi, takich jak wirtualne organizacje. Spore nadzieje w zagadnieniu wspomaganie działania organizacji wirtualnych wiąże się m.in. z technologią systemów wieloagentowych.*

### **Słowa kluczowe:**

*systemy agentowe, organizacja wirtualna*

*„Kiedy odpoczywasz, twój przeciwnik trenuje.”  
Miyamoto Musashi (1584–1645)*

### **1. Atrybuty organizacji wirtualnych**

Organizacja wirtualna zarówno po względem struktury organizacyjnej, jak i zasad funkcjonowania mogła powstać dopiero w określonych warunkach, które stworzyła przede wszystkim sieć rozległa (Internet). Te specyficzne możliwości to:

- rozwinięte systemy elektroniczne i informatyczne jako narzędzia zarządzania,
- ograniczenie znaczenia struktur organizacyjnych i funkcji menedżerskich,
- przedsiębiorczość i inicjatywność wykazuje partner organizujący zadanie na zasadach dobrowolnego łączenia zasobów i zaufania<sup>1</sup>.

Internet jest źródłem wiedzy. Dzięki Internetowi wiedza staje się ogólnodostępna, również dla firm, w tym wirtualnych. Organizacja wirtualna poprzez Internet zgłasza oferty, szuka partnerów, zasobów i usług, zdobywa wiedzę, czyli tworzy splot kontraktów i kontaktów w celu realizacji swoich zamierzeń<sup>2</sup>. Stąd potrzebne są technologie internetowe i informatyczne umożliwiające realizację tych celów. Technologie te umożliwiają:

- zarządzanie firmą,
- pozyskiwanie wiedzy,
- zarządzanie wiedzą,
- kontakty z klientami i partnerami,
- rozpoznanie biznesowe (czyli rozpoznanie konkurencji, naśladowanie konkurencji itp.)

Podstawowymi systemami i technologiami wspomagającymi zarządzanie firmą są systemy zintegrowane oraz systemy umożliwiające tworzenie zagregowanych analiz, czyli

<sup>1</sup> D. Biniasz, „Realizacja zlecenia w organizacji wirtualnej”, Systemy Wspomagania Organizacji SWO'2004, Akademia Ekonomiczna, Katowice, 2004, s. 478

<sup>2</sup> C. M. Olszak (praca zbiorowa), „Systemy e-commerce. Technologie internetowe w biznesie”, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice, 2004, s. 82

systemy *Business Intelligence*, które służą wyszukiwaniu danych z różnych źródeł (w tym również Internetu), a następnie ich prezentacji<sup>3</sup>.

*Data Mining* (również 'data mining' zasobów internetowych) oznacza odkrywanie wiedzy poprzez proces poszukiwania zależności, struktur oraz prawidłowości w dużych zbiorach danych i udostępnieniu ich w formie wiarygodnych informacji do bezpośredniego wykorzystania w procesie podejmowania decyzji. Zależności najczęściej mają postać reguł, poszukiwanie struktur polega na znajdowaniu klas obiektów podobnych, analiza danych wykorzystuje wnioskowanie indukcyjne dające możliwości dokonywania uogólnień<sup>4</sup>.

Systemy zarządzania wiedzą wykorzystują różnorodne narzędzia i technologie informatyczne, np. bazy i hurtownie danych, sieci wewnętrzne, inteligentni agenci, systemy sztucznej inteligencji, pocztę elektroniczną, wyszukiwarki, przeglądarki internetowe<sup>5</sup>.

Obecnie można stwierdzić, że automatyzacja określonych zadań aplikowana w systemach informatycznych, w tym szeroko rozumiane komputerowe wspomaganie, w przeważającym stopniu opiera się na metodach i mechanizmach sztucznej inteligencji. W oparciu o nie buduje się m.in. technologię inteligentnych agentów, które znajdują zastosowania w wielu dziedzinach, głównie jednak w różnych gałęziach gospodarki, zwłaszcza tej określanej terminem 'new economy'. Zastosowanie systemów wieloagentowych (*Multi-Agent Systems*) pozwala na tworzenie pewnej nowej klasy systemów informatycznych.

Inteligentni agenci stwarzają możliwości hierarchicznego wyszukiwania informacji, zawężając stopniowo obszar wyszukiwania informacji. Znajdują prawidłowości w wielkich zbiorach informacji, a następnie mogą podejmować decyzje na podstawie wcześniejszych doświadczeń. W sposób istotny usprawniają zatem proces poszukiwania informacji cennych, wśród miliardów informacji<sup>6</sup>.

W nowoczesnych formach realizacji działalności biznesowych rola technologii teleinformatycznych zwiększa się wraz z ich systematycznym rozwojem. Tendencja do decentralizacji zasobów informacyjnych, rosnące możliwości techniczne sieci WAN oraz wpływ wielu czynników ekonomiczno-politycznych sprzyjają prowadzeniu skutecznej działalności w środowisku rozproszonym w oparciu o nowe modele organizacyjne, czego przykładem są m.in. wirtualne organizacje.

## 2. System informacyjny w organizacji

Skuteczność funkcjonowania współczesnych organizacji jest ściśle uzależniona od ciągłości przepływu informacji we wszystkich aspektach wykonywanych przez nią działań operacyjnych. Silna zależność od krytycznych informacji biznesowych jest wywoływana poprzez rosnący trend do globalizacji, zachowanie ciągłości działań organizacji, a najbardziej przez potrzebę jednolitego dostępu do zasobów informacyjnych rozproszonych w przestrzeni lokalnych i globalnych sieci<sup>7</sup>.

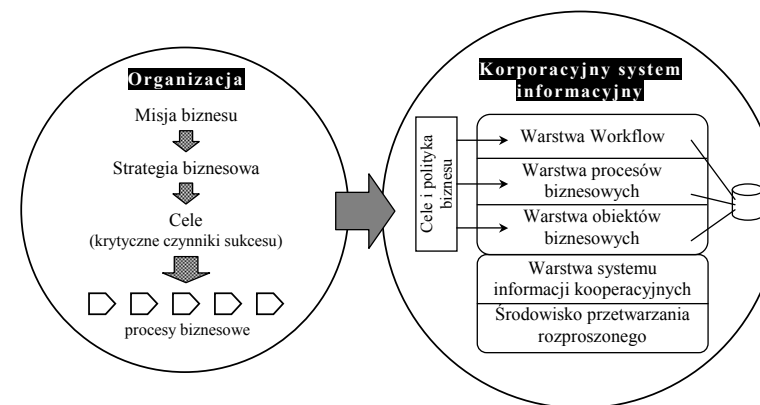
<sup>3</sup> P. Lech, „Zintegrowane systemy zarządzania ERP/ERP II. Wykorzystanie w biznesie, wdrażanie”, Wydawnictwo Difin, Warszawa, 2003, s. 141

<sup>4</sup> S. Łobejko, „Systemy informacyjne w zarządzaniu wiedzą i innowacją w przedsiębiorstwie”, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa, 2004, s. 49

<sup>5</sup> ibidem, s. 46

<sup>6</sup> A. R. Simon, S. L. Shaffer, „Hurtownie danych i systemy informacji gospodarczej”, Oficyna Ekonomiczna, Kraków, 2002, s. 154

<sup>7</sup> M. P. Papazoglou, W.-J. van den Heuvel, „From Business Processes to Cooperative Information Systems: An Information Agents Perspective”, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1999



Rysunek 1. Mapowanie struktury organizacyjnej i działalności organizacji na korporacyjny system informacyjny (opracowanie na podstawie [1])

Struktura organizacyjna powstająca w procesie kreowania działalności biznesowej wyznacza w następstwie szkielet korporacyjnego systemu informacyjnego (Rys. 1). Infrastruktura systemu powinna zapewniać migrację dużej liczby niezależnie tworzonych baz danych, baz wiedzy oraz aplikacji w strukturę połączonych komponentów funkcjonujących w rozproszonych sieciach informacyjnych. Przedstawiona ogólnie na Rysunku 1 dziedzina biznesowa posiada orientację pionową, zatem ma miejsce w wąsko określonym typie działalności, a taka jest właśnie realizowana w ramach wirtualnych organizacji. Warstwa Workflow, warstwa procesów biznesowych oraz warstwa obiektów biznesowych stanowią wymiar wsparcia działalności, a warstwa systemu informacji kooperacyjnych oraz środowisko przetwarzania rozproszonego tworzą zaawansowaną infrastrukturę Middleware.

## 3. Rola systemów agentowych w funkcjonowaniu wirtualnych organizacji

### 3.1. Wpływ systemu agentowego na system informatyczny organizacji

Zastosowanie podejścia agentowego w organizacji ma na celu usprawnienie niektórych własności systemu informatycznego, wspomagającego jej działalność. Literatura wskazuje przede wszystkim na następujące cechy systemów<sup>8</sup>:

- zwiększenie elastyczności systemów – systemy mogą być szybciej i łatwiej dopasowywane do realizacji nowych zadań w środowisku zmieniających się warunków wewnętrznych i zewnętrznych;
- zwiększenie niezawodności systemów – konieczność zastosowania metod i narzędzi zabezpieczających przed powstawaniem niestabilności (utrata zdolności pełnienia przypisanych systemowi funkcji) występujących w rozbudowanych systemach informatycznych przekłada się na podniesienie ich niezawodności;

<sup>8</sup> K. Cetnarowicz, „Problemy projektowania i realizacji systemów wieloagentowych”, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków, 1999

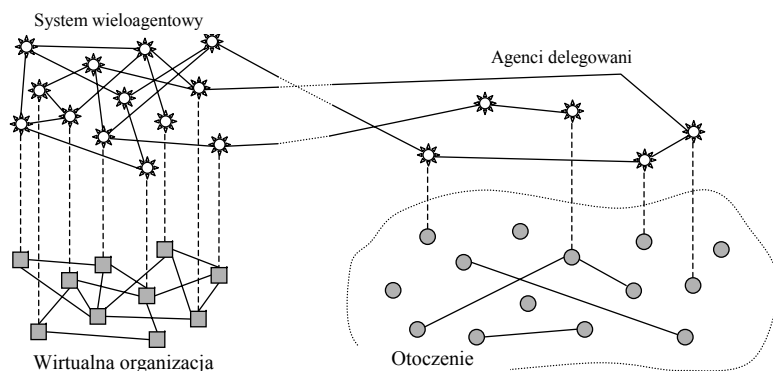
- wzrost wydajności systemów – dotyczy głównie parametrów czasowych;
- pojawienie się nowych możliwości – np. możliwość łączenia funkcji różnych systemów, powstawanie nowych własności systemu (np. takich jak: samoorganizacja, samoadaptacja).

Rozważając możliwości zastosowania systemu wieloagentowego w wirtualnej organizacji nie da się jednoznacznie sprecyzować „z góry” wszystkich zadań dla poszczególnych obiektów takiego systemu, ponieważ:

- jedną z podstawowych cech organizacji wirtualnej jest bardzo szybkie reagowanie na zmiany rynkowe zachodzące w jej otoczeniu, co oznacza uruchamianie ad hoc nowych zadań;
- zasadniczy scenariusz zadań uzależniony jest bezpośrednio od przyjętego systemu celów organizacji, a pośrednio od profilu jej działalności;
- wirtualna organizacja może w okresie funkcjonowania ulegać rekonfiguracjom;
- system agentowy należy traktować jako narzędzie wspomaganie działalności organizacji, a nie jako element konieczny do jej funkcjonowania.

### 3.2. Zastosowanie systemów agentowych w wirtualnej organizacji

W dość popularnej koncepcji systemu wieloagentowego wspomagającego funkcjonowanie organizacji wirtualnych poszczególni agenci programowi delegowani są bezpośrednio i pośrednio do realizacji przydzielonych zadań (podobnie jak w klasycznym podziale pracy). Traktując organizację wirtualną jako sieć węzłów, koneksji i wzajemnych relacji, agenci uruchamiani są w węzłach (Rys. 2), natomiast dzięki zdolności do mobilności mogą wykonywać przydzielone zadania także w odległych węzłach lub w zewnętrznym otoczeniu organizacji (uruchomienie agentów we wszystkich istniejących aktualnie węzłach organizacji nie jest warunkiem koniecznym).



Rysunek 2. Przestrzeń funkcjonowania organizacji wirtualnej i systemu agentowego (opracowanie własne)

W Tabeli 1 przedstawiono podział agentów programowych w systemie wieloagentowym według zadań, jakie mogą realizować w organizacji. Przyjęto założenie, że organizacja wirtualna jest sformowana, tzn. uruchomiła działanie. W tym celu pominięto zagadnienie funkcji agentów w procesie wyszukiwania i doboru partnerów biznesowych oraz tworzenia organizacji.

Typy agentów	Charakterystyka zadań agentów
Agent dostarczający informacji	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapewnienie usług informacyjnych;</li> <li>• zarządzanie informacjami wewnątrz węzła;</li> <li>• zbieranie i agregacja informacji dostarczanych z różnych źródeł;</li> <li>• realizacja odpowiedzi na zapytania od innych węzłów lub zadań;</li> <li>• budowanie 'projekcji zagregowanych danych' (<i>data views</i>);</li> <li>• propagacja informacji wymaganych przez inne zadania</li> </ul>
Agent kooperujący planista	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kooperacja z innymi planistami w sąsiednich węzłach w celu realizacji planu (zasadniczo każdy planista posiada algorytm planowania i mechanizm wnioskowania w celu negocjowania i współpracy);</li> <li>• interakcja z agentem zarządzającym zasobami;</li> <li>• koordynacja działalności na poziomie lokalnego węzła</li> </ul>
Agent monitorujący	<ul style="list-style-type: none"> <li>• śledzenie i agregacja zmiennych stanu sieci lub łańcucha dostaw;</li> <li>• porównywanie bieżących zmiennych stanu z wartościami docelowymi;</li> <li>• rozpoznawanie odchyłeń i przerw, np.: usterka w zasobach (utrata zdolności produkcyjnych), problemy logistyczne (opóźnienia transportu), spadek jakości;</li> <li>• propagacja ostrzeżeń do innych węzłów sieci</li> </ul>
Agent zarządzający zasobami	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dynamiczne zarządzanie dostępnością zasobami;</li> <li>• interakcja z modulem zarządzania materiałami oraz systemem realizacji produkcji</li> </ul>
Agent wspomagający	<ul style="list-style-type: none"> <li>• funkcja agenta organizacyjnego, odpowiedzialnego za wspomaganie pozostałych agentów;</li> <li>• możliwość wyszukiwania agentów zewnętrznych wg danego typu lub posiadających określone zdolności albo właściwości</li> </ul>

Tabela 1. Podział agentów według zadań w systemie wieloagentowym (opracowanie własne na podstawie [3])

Podany wyżej podział agentów został już zaakceptowany w wielu koncepcjach, m.in. w projekcie „Co-OPERATE”<sup>9</sup>. W mniej typowych konfiguracjach działalności organizacji możliwe jest występowanie agentów programowych przeznaczonych do rozwiązywania innych, bardzo specyficznych zadań. Wyróżnione w Tabeli 1 typy agentów dotyczą funkcjonowania ich w wewnętrznej strukturze organizacji. Można jednak wyszczególnić dodatkowe typy agentów i pełnione przez nich funkcje, które realizowane są na styku

<sup>9</sup> A. L. Azevedo, J. P. Sousa, A. L. Soares, „Requirements for an Agent Based Information System Supporting Variably Coupled Networked Enterprises”, Kluwer, 2000

organizacji z jej otoczeniem lub też poprzez delegację agentów całkowicie na zewnątrz organizacji:

- pozyskiwanie informacji biznesowych z różnych źródeł zewnętrznych (zarówno w przestrzeni rzeczywistej, jak i elektronicznej)
- mediacje w procesach przygotowywania transakcji handlowych<sup>10</sup>
- mediacje w procesach nabywania surowców, półproduktów, materiałów itp.
- uczestnictwo w elektronicznych aukcjach towarowych
- wspomaganie modułu CRM i innych
- pozyskiwanie informacji o potencjalnych nowych partnerach biznesowych na ewentualność rekonfiguracji wirtualnej organizacji<sup>11</sup>

Zastosowanie technologii inteligentnych agentów w tak dynamicznych systemach, jakimi są wirtualne organizacje wydaje się być trafne<sup>12</sup>. W aspekcie nowoczesnych modeli organizacyjnych adaptacja systemów wieloagentowych może sprzyjać tworzeniu takich systemów informatycznych, których opracowanie bez koncepcji agentów jest nieopłacalne lub niemożliwe. Dotyczy to m.in. projektowania algorytmów umożliwiających realizację całkiem nowych funkcji w systemie.

#### 4. Podsumowanie

Systemy inteligentnych agentów, pomimo bardzo szerokiego spektrum potencjalnych możliwości, stanowią wysoce złożone zagadnienie, które wymaga rozpoznania i rozwiązania szeregu problemów na różnych poziomach. Im większy stopień złożoności danego rozwiązania, tym lawinowo zwiększający się przyrost prawdopodobnych utrudnień i ograniczeń. Do najważniejszych problemów towarzyszących badaniom nad systemami agentowymi można zaliczyć:

- bezpieczeństwo przesyłania i utrzymywania informacji
- problemy związane z odkrywaniem informacji (m.in. aktualność informacji, nieprzerwany dostęp do danych itd.)
- problem ontologii w komunikacji między agentami
- konieczność ograniczenia liczby protokołów i języków komunikacji
- problem wyznaczania optymalnej liczby uruchamianych agentów w systemie wieloagentowym
- problem rozwiązywania prawdopodobnych sytuacji konfliktowych

Przedstawione w artykule ujęcie systemu wieloagentowego w zastosowaniu go w działającej organizacji wirtualnej jest tylko fragmentem całego spektrum koncepcji oraz nadziei, jakie wiąże się z tą ciągle rozwijającą dziedziną informatyki.

#### Literatura

1. Dominika Biniasz, „Realizacja zlecenia w organizacji wirtualnej”, [w:] „Systemy Wspomagania Organizacji SWO’2004”, praca zbiorowa pod red. T. Porębskiej-Miąc i H. Sroki, Akademia Ekonomiczna, Katowice, 2004
2. Celina M. Olszak (praca zbiorowa), „Systemy e-commerce. Technologie internetowe w biznesie”, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice, 2004
3. Przemysław Lech, „Zintegrowane systemy zarządzania ERP/ERP II. Wykorzystanie w biznesie, wdrażanie”, Wydawnictwo Difin, Warszawa, 2003
4. Stanisław Łobejko, „Systemy informacyjne w zarządzaniu wiedzą i innowacją w przedsiębiorstwie”, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa, 2004
5. Alan R. Simon, Steven L. Shaffer, „Hurtownie danych i systemy informacji gospodarczej”, Oficyna Ekonomiczna, Kraków, 2002
6. Michael P. Papazoglou, Willem-Jan van den Heuvel, „From Business Processes to Cooperative Information Systems: An Information Agents Perspective” [w:] Matthias Klusch (Ed.), „Intelligent Information Agents”, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1999
7. Krzysztof Cetnarowicz, „Problemy projektowania i realizacji systemów wieloagentowych”, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków, 1999
8. Américo L. Azevedo, Jorge P. Sousa, António L. Soares, „Requirements for an Agent Based Information System Supporting Variably Coupled Networked Enterprises”, [w:] Luis M. Camarinha-Matos, Hamideh Afsarmanesh, Ricardo J. Rabelo (Eds.), „E-Business and Virtual Enterprises: Managing Business-to-Business Cooperation”, Kluwer, 2000
9. Ricardo J. Rabelo, Hamideh Afsarmanesh, Luis M. Camarinha-Matos, „Federated Multi-Agent Scheduling in Virtual Enterprises”, [w:] Luis M. Camarinha-Matos, Hamideh Afsarmanesh, Ricardo J. Rabelo (Eds.), „E-Business and Virtual Enterprises: Managing Business-to-Business Cooperation”, Kluwer, 2000
10. Erastos Filos, Vaggelis Ouzounis, „Virtual Organisations: Technologies, Trends, Standards and the Contribution of the European RTD Programmes”, [w:] „International Journal of Computer Applications in Technology”, Special Issue: „Applications in Industry of Product and Process Modeling Using Standards”, Vol. 18, No. 1/2/3/4, 2003
11. Maciej K. Godniak, „Rola inteligentnych agentów w procesie tworzenia organizacji wirtualnej”, [w:] „Systemy Wspomagania Organizacji SWO’2004”, praca zbiorowa pod red. T. Porębskiej-Miąc i H. Sroki, Akademia Ekonomiczna, Katowice, 2004

<sup>10</sup> problematyka negocjacji oraz metody osiągania konsensusu są zasadniczym elementem idei systemów wieloagentowych

<sup>11</sup> M. K. Godniak, „Rola inteligentnych agentów w procesie tworzenia organizacji wirtualnej”, Systemy Wspomagania Organizacji SWO’2004, Akademia Ekonomiczna, Katowice, 2004

<sup>12</sup> E. Filos, V. Ouzounis, „Virtual Organisations: Technologies, Trends, Standards and the Contribution of the European RTD Programmes”, „International Journal of Computer Applications in Technology”, Vol. 18, No. 1/2/3/4, 2003