



Tomasz Bartuś

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
Wydział Ekonomii
Katedra Informatyki Ekonomicznej
e-mail: tomasz.bartus@ue.katowice.pl

WSPOMAGANIE TWÓRCZOŚCI ORGANIZACYJNEJ NA PODSTAWIE SYSTEMÓW AGENTOWYCH*

Streszczenie: Niniejszy artykuł opisuje wykorzystanie podejścia wieloagentowego do wspierania twórczości organizacyjnej. Dlatego aby pokazać możliwości systemu agentowego scharakteryzowano termin inteligentny agent i systemy wieloagentowe. Na tej podstawie opisano warunki stosowalności inteligentnych agentów w twórczości organizacyjnej. Wynikiem końcowym przedstawionych dociekań jest propozycja warunków, które powinny być spełnione przy wspomaganiu twórczości organizacyjnej przez systemy agentowe.

Słowa kluczowe: twórczość organizacyjna, inteligentny agent, Multi Agent System.

Wprowadzenie

Dla przedsiębiorstwa działającego w dynamicznym otoczeniu coraz ważniejsza staje się szybkość adaptacji oraz ciągłość działania. Niestety, zastosowanie wiodące na rynku teorii zarządzania oraz najlepszych praktyk może okazać się niewystarczające. Z drugiej jednak strony liderzy rynku starają się wykorzystać tę złożoność na swoją korzyść. Zmienność otoczenia przedsiębiorstwa może podpowiadać, aby próbować tworzyć, łączyć oraz rekonfigurować to, czym dysponuje, mając na celu wytworzenia nowej wartości. Takie podejście może pobudzać w przedsiębiorstwie atrakcyjność oraz innowacyjność w swoich modelach biznesowych, obsłudze klienta, produktach i usługach. Z tak ogólnie nakreślonymi konturami jest zbieżna teoria twórczości organizacyjnej. Twórczość orga-

* Niniejsze opracowanie powstało w ramach grantu Narodowego Centrum Nauki przyznanego na podstawie decyzji numer DEC-2013/09B/HS4/00473.

nizacyjna jest związana z generowaniem nowych i użytecznych idei, które dotyczą wielu obszarów funkcjonowania przedsiębiorstwa, takich jak produkty, usługi, procesy, praktyki menedżerskie, modele biznesowe, a także strategie konkurencyjne [Zhou, Ren, 2012].

Ze względu na pojawiające się obawy przed wprowadzeniem teorii twórczości organizacyjnej do firmy, warto, aby wybrane procesy i procedury biznesowe realizowane standardowo przez pracowników (których wiedza i doświadczenie może okazać się niewystarczające) powierzyć inteligentnym i przewidywalnym „tworom”. Wydaje się, że w tej roli sprawdzą się systemy informatyczne, które posiadają pierwiastek inteligencji, percepcji oraz autonomiczności.

Mają to na uwadze, jako cel artykułu przyjęto przedstawienie wykorzystania idei podejścia wieloagentowego do wspierania twórczości organizacyjnej. Struktura artykułu jest następująca: po pierwsze, scharakteryzowano termin inteligentny agent i systemy wieloagentowe. Następnie opisano warunki stosowalności inteligentnych agentów w twórczości organizacyjnej. Na zakończenie zamieszczono podsumowanie artykułu.

1. Charakterystyka systemów wieloagentowych

Obserwując pojawienie się nowych opracowań dotyczących twórczości organizacyjnej można wywnioskować, że przechodzi ona rozkwit, gdyż są rozwijane zarówno odgórne, jak i (głównie) oddolne inicjatywy innowacji. Dlatego technologia agentowa powinna sprawdzić się w tym obszarze.

Zwykle przyjmuje się, że agent to podmiot, który wykonuje określone zadania w konkretnym środowisku oraz jest świadomy występujących zmian i potrafi na nie reagować [Poole, Mackworth, 2010]. Pomysł agenta w ujęciu systemu informatycznego nie jest nowy, gdyż sięga lat 70. XX w., kiedy to rozpoczęto badania nad programami określanymi, jako „inteligentne”. W 1977 r. Carl Hewitt zaprezentował pojęcie autonomicznego obiektu będącego interaktywnym aktorem (Hewitt, 1977). Kolejny znaczący nurt badań nad agentami pojawił się około 1990 r. W tym przypadku skupiono się nad systematyzacją obecnego dorobku dotyczącego agentów programowych oraz uaktualnieniu rozrastającej się typologii i klasyfikacji. Pracowano również nad rozwojem teorii i modelowaniu architektury poszczególnych typów agentów, jak również nad doskonaleniem narzędzi i środowisk umożliwiających komunikację tego typu systemów [Nwana, 1996]. Okres ten to także prowadzenie projektów dotyczących inteligentnych agentów, którzy mogą być symbolem ludzkich agentów. Warto nadmienić, że jest to oprogramowanie realizujące określone zadania w ustalonym środowisku, np. agenci

mogą zostać „wysłani do realizacji zadania”, aby wyszukać pożądane dane, przeanalizować zgromadzone dane i po przeprowadzonym rozpoznaniu zraportować swoje działania użytkownikowi.

Wśród współczesnych ekspertów w tej dziedzinie [Sterling, Taveter, 2010] krąży stwierdzenie, że dla koncepcji inteligentnych agentów jest ważne, aby były one reaktywne, proaktywne i społeczne. W takim ujęciu o agencie można powiedzieć, że jest reaktywny, jeśli dostrzega swoje otoczenie i podejmuje reakcję we właściwym czasie na zmiany, które w nim zachodzą. Agenta aktywnego cechuje celowe zachowanie i przejmowanie inicjatywy w stosownych przypadkach działania, które nie jest spowodowane jedynie odpowiedzią na dynamizm jego środowiska. Wreszcie, społeczny agent w stosownych przypadkach jest w stanie wchodzić w interakcje z innymi agentami oraz ludźmi. Celem interakcji jest uzupełnienie rozwiązywania problemów, które powierzono agentowi, a także pomoc innym graczom otoczenia w ich działalności. Niektórzy z teoretyków przypisują agentom cechy antropomorficzne, w tym odpowiedzialność, emocje, wiarę czy też racjonalność oraz zdolność predykcji [Russell i Norvig, 2003]. Z kolei IBM [2012] definiuje inteligentnych agentów, jako „[...] podmioty oprogramowania, które wykonują jakiś zestaw operacji w imieniu użytkownika lub innego programu, z pewnym stopniem niezależności i autonomii i w ten sposób wykorzystując jakąś wiedzę oraz przedstawiające cele i pragnienia użytkownika”.

W początkowych wdrożeniach system opierał się na pojedynczym inteligentnym agencie (*Agent-Base System*), natomiast rzadziej postrzegano go jako system składający się z kilku agentów. Co więcej, mając na uwadze projektowanie i użytkowanie tego typu systemu, warto rozszerzyć jego architekturę o kolejne instancje inteligentnych agentów. Umożliwi to podzielenie złożonego zadania na kilka prostszych zadań, a następnie przydzielenie ich poszczególnym agentom. Przez to system wieloagentowy (*Multi-Agent System* – MAS) może być definiowany jako sieć agentów wnioskujących (*problem solvers*) oraz współpracujących (kooperujących), komunikujących się i negocjujących w celu realizacji zadania, którego wykonanie pozostaje poza potencjałem poszczególnych agentów. MAS jest w istocie systemem zorganizowanym jako zbiór agentów, którzy są w stanie elastycznie dostosować swoje zachowanie do zmieniających się warunków w ich otoczeniu [Weyns, 2010]. Wzorcowym przykładem połączonej działalności agentów w ramach MAS jest praca zespołowa, w której grupa autonomicznych agentów podejmuje współpracę, zarówno w dążeniu do rozwoju własnych celów indywidualnych, jak i dla dobra całego systemu [Ferber, 1999; Abdallah i Lesser, 2007; Bellifemine, Caire i Greenwood, 2007].

Z punktu widzenia twórczości organizacyjnej technologia inteligentnych agentów sprawdzi się w:

1. Specjalizacji opartej na wiedzy specjalistycznej, dzięki możliwości wyposażenia każdego z agentów w specjalistyczne źródło wiedzy oraz dalszego rozwijania go.
2. Posiadaniu wiedzy technicznej, dotyczącej z jednej strony budowy i konfiguracji systemu inteligentnych agentów, a z drugiej jego utrzymania, wykorzystania i dalszego rozwoju.
3. Sprawnej komunikacji wewnątrz organizacji, do której wykorzysta się agentów, których głównym zadaniem będzie pozyskiwanie i przesyłanie wiedzy w ramach całego systemu wieloagentowego [Damanpour i Aravind, 2012].

Specyfika struktury MAS narzuca systemowi pewne cechy, co generuje pewne jego wady i zalety. Multi-Agent System opisuje liczne atrybuty jakościowe, takie jak: zdolność do adaptacji, otwartość, stabilność i skalowalność. Dlatego też MAS sprawdza się szczególnie w wyzwaniach wymagających złożonych rozproszonych aplikacji [Weyns, 2010; Bordini, Hübner, Wooldridge, 2007].

2. Warunki stosowalności inteligentnych agentów w twórczości organizacyjnej

Ze względu na duży potencjał inteligentnych agentów wciąż trwają różne próby wykorzystania tej technologii w działalności organizacji. Tworzenia wartości dodanej przez tę technologię oczekuje się w dwóch głównych kierunkach – jako integratorów podejścia agentowego (*agent-based integrators*) i systemów opartych na bazie podejścia agentowego (*agent-based systems*). Wykorzystanie systemów agentowych jest nadal wyzwaniem, które wymaga specjalnych umiejętności w szerokich obszarach, takich jak programowanie obiektowe, projektowanie inteligentnych agentów, skutecznej wizualizacji i wiedzy domenowej. Szczególnie ważne jest ciągle bezpośrednio zaangażowanie projektantów i użytkowników końcowych we wszystkich fazach projektowania i użytkowania systemu inteligentnych agentów.

Mając na uwadze zagadnienia dotyczące twórczości organizacyjnej, można wskazać różne uwarunkowania stosowalności inteligentnych agentów, takie jak [Liu, 2011]:

1. Generowanie twórczych rezultatów dzięki wykorzystaniu inteligentnych agentów: a) moja organizacja często integruje niektóre istniejące metody (np. inteligentnych agentów) w nowe podejście do twórczego rozwiązania problemu; b) moja organizacja często odkrywa nowe obszary zastosowań inteligentnych agentów.

2. Uczestnictwo w twórczości: a) uczestnicy organizacji aktywnie wykorzystują twórcze wyniki działania inteligentnych agentów; b) uczestnicy organizacji aktywnie dzielą się nowymi odkryciami poprzez wykorzystanie inteligentnych agentów.
3. Organizacyjna twórcza integracja dzięki wykorzystaniu inteligentnych agentów: a) moja organizacja potrafi zintegrować nowe idee pochodzące od różnych jej uczestników (w tym pracowników, kooperantów, systemu MAS) w użyteczne rozwiązania; b) moja organizacja sporządza plany służące wprowadzeniu w życie nowych użytecznych idei wygenerowanych przez inteligentnych agentów; c) moja organizacja potrafi przekształcić wymagania klientów na informacje technologiczne.

Ze względu na złożoność jednostkowego inteligentnego agenta oraz MAS należy wyodrębnić dwa główne warunki stosowalności tej koncepcji w twórczości organizacyjnej:

1. Dostęp do MAS (systemów wieloagentowych) oraz ich opracowanie i wdrożenie.
2. Ujęcie MAS (systemów wieloagentowych) w strategii działalności organizacji.

2.1. Dostęp do MAS (systemów wieloagentowych) oraz ich opracowanie i wdrożenie

W obszarze dostępu do technologii agentowej oraz jej opracowania i wdrożenia można założyć, że stosowanie w twórczości organizacyjnej innych systemów informatycznych pozytywnie wpływa na MAS we wspieraniu/realizowaniu twórczości. Dotyczy to również pozytywnych doświadczeń związanych ze stosowaniem innych systemów informatycznych w działalności organizacji, które mogą przełożyć się na wykorzystanie MAS.

Warunki stosowalności MAS są stosunkowo trudne do określenia, ponieważ: a) zadania stawiane przed MAS wielokrotnie mają charakter nowości i niepowtarzalności, są stawiane ad hoc, gdyż tego wymagają zmiany w otoczeniu organizacji i charakter twórczości organizacyjnej, b) główny (szablonowy) scenariusz zadań stawianych MAS zależy w istocie od celów twórczości organizacyjnej, a jedynie pośrednio od profilu jej działalności, c) funkcjonowanie twórczości organizacyjnej musi ewoluować wraz z jej potrzebami, co nakłada na MAS konieczność ciągłej rekonfiguracji, d) założyć należy, że MAS jest narzędziem wspomagającym twórczość organizacyjną, a nie element niezbędny do jej funkcjonowania.

W twórczości organizacyjnej dostęp do technologii agentowej oraz jej opracowanie i wdrożenie powinno obejmować warunki jej opracowania i stosowalności:

- Interfejsu i jego wykorzystania w konfiguracji i użytkowaniu MAS.
- Opisu funkcji MAS oraz jego instrukcji obsługi, zawierające opisy możliwości MAS oraz instrukcje „stanowiskowe” zawierające instruktarz realizacji konkretnych zadań MAS.
- Testów i kontroli MAS oraz jego przewidywalności w celu weryfikacji przydatności i poprawności wyników działania MAS w twórczości organizacyjnej.
- Ciągłości działania systemu MAS oraz konsekwencji incydentalnego korzystania z MAS w twórczości organizacyjnej.
- Dystrybucji MAS oraz wyników, które zostały przez niego wygenerowane.
- Ontologii agentów, mającej na celu reprezentację wiedzy ontologicznej na podstawowym poziomie, czyli takim, który obejmuje obiekty i ich atrybuty, klasy oraz relacje łączące obiekty należące do konkretnych klas. Dzięki temu MAS (właściwie każdy z pojedynczych agentów), korzystając z ontologii, uzyskuje wiedzę na temat prawdziwych faktów dotyczących konkretnej dziedziny. Dla MAS ontologia staje się podstawowym aparatem pojęciowym obowiązującym w ustalonej dziedzinie wiedzy. Ontologia służy również do tworzenia bazy wiedzy, która obejmuje opis zjawisk i konkretnych obiektów, z którymi pojedynczy agent współpracuje, funkcjonując w ustalonym środowisku zadaniowym. Kolejnym wykorzystaniem ontologii jest możliwość wnioskowania opierającego się na wiedzy wpisanej do bazy pojedynczego agenta. W przypadku MAS, kluczowym zastosowaniem ontologii jest komunikacja pomiędzy poszczególnymi agentami. Współdzielona ontologia pozwala wypracować wspólny słownik pojęć, z którego korzystają poszczególni agenci podczas wymiany informacji.
- Oszacowania czasu, funkcjonalności i kosztów opracowania i użytkowania MAS (dotyczy to m.in.: infrastruktury technicznej, oprogramowania, zasobów ludzkich, czasu), które pozwalają ocenić możliwość (realizowalność) i opłacalność wykorzystania go w twórczości organizacyjnej. Należy zaznaczyć, że opracowanie i wdrożenie MAS nie oznacza zakończenia osiągnięcia ostatecznej wersji systemu, gdyż musi on (oraz jego wszystkie zasoby) ciągle ewoluować, tak jak to robi twórczość organizacyjna.
- Integracji MAS z innymi systemami informatycznymi, w celu pełnego przepływu informacji w organizacji.

2.2. Ujęcie MAS (systemów wieloagentowych) w strategii działalności organizacji

Warunki stosowalności MAS w strategii działalności organizacji powinny dotyczyć:

- kompetencji i umiejętności pracowników w obsłudze inteligentnych agentów, gdyż to pracownicy ostatecznie podejmują decyzję, czy i w jakim stopniu użytkować MAS oraz korzystać z wyników jego działania,
- uzasadnionego użytkowania inteligentnych agentów w twórczości organizacyjnej, gdyż ze względu na znaczne skomplikowanie MAS jego wykorzystanie może okazać się nieopłacalne,
- oceny wartości otrzymanych wyników z MAS i wiary w ich poprawność i przydatność; konieczne jest wypracowanie sposobu oceny wyników pracy MAS, gdyż będą one mogły być stosowane, jeżeli będzie istniała pewność w poprawność i przydatność pracy MAS i wyników, które on generuje,
- stosowalność wyników wygenerowanych przez inteligentnych agentów w twórczości organizacyjnej. Efekty pracy MAS powinny być możliwie najczęściej udostępniane w organizacji i wykorzystywane w jej twórczych działaniach.

Podsumowanie

Na zakończenie można zaznaczyć, że twórczość jest rozumiana jako drogowcaz w poszukiwaniu przewagi konkurencyjnej i przetrwania organizacji. Bez twórczości organizacja nie może wprowadzać innowacji, aby poprawić swoje wyniki, ani też nie może przetrwać znaczących zmian środowiska. Dynamika i konkurencyjność rynku powodują, że w organizacji nie oczekuje się incydentalnej twórczości, lecz potrzebuje się jej ciągle. Niestety, bogata historia badań wykazała, że twórczość jest niezwykle trudna do osiągnięcia. Dlatego jednym ze sposobów zwiększenia szansy na osiągnięcie twórczości organizacji staje się wybór właściwego rozwiązania informatycznego. Ważność tej decyzji wynika z faktu, że wdrażane rozwiązania wywierają wpływ na liczne procesy zachodzące w organizacji, w tym również procesy twórcze, dzielenie się wiedzą i pomysłami. Siła tej decyzji pociąga za sobą konieczność jej odpowiedniego uzasadnienia, a przez to pomiaru i oceny wykorzystania konkretnej technologii informatycznej, w tym również MAS w twórczości organizacyjnej.

Mimo że świat nauki i praktyki podejmuje ciągle próby wykorzystania MAS w różnych działalnościach (np. biznesowe, symulacyjne), trudno wskazać uniwersalne wspomaganie rozwoju twórczości organizacyjnej oparte na MAS. Nieza-

leżnie od faktu, że ogólne podejście do MAS może opierać się na wypracowanych przez wiele lat standardach, to w przypadku twórczości organizacyjnej MAS muszą posiadać szczególne właściwości. Należy je nazwać, określić, a następnie uwzględnić w trakcie procesu projektowania, wdrażania i rozwoju MAS pod kątem wspomaganie twórczości organizacyjnej.

Literatura

- Abdallah S., Lesser V. (2007), *Multiagent reinforcement learning and self-organization in a network of agents*, AAMAS 07, Honolulu, Hawaii, ACM.
- Bellifemine F., Caire G., Greenwood D. (2007), *Developing Multi-Agent Systems with JADE*, Wiley Series in Agent Technology, John Wiley & Sons, Chichester.
- Bordini R.M., Hübner J.F., Wooldridge M.J. (2007), *Programming multi-agent systems in agentspeak using Jason*, John Wiley & Sons, New York.
- Damanpour F., Aravind D. (2012), *Organizational structure and innovation revisited: From organic to ambidextrous structure* [w:] M.D. Mumford (ed.), *Handbook of organizational creativity*, Academic Press/Elsevier, London – Waltham – San Diego, s. 483-513.
- Ferber J. (1999), *Multi-Agent Systems: An introduction to distributed artificial intelligence*, Addison – Wesley Longman, Boston.
- Hewitt C. (1977), *Viewing control structures as patterns of passing messages*, "Artificial Intelligence", Vol. 8, No. 3, s. 323-364.
- IBM (2012), *IBM's Intelligent Agent Strategy*, White Paper, <http://activist.gpl.ibm.com:81/WhitePaper/ptc2.htm> (dostęp: 15.08.2014).
- Liu X., Basy Y. i Zhang R. (2011), *Development and validation of the organizational creativity inventory in a Chinese context*, Paper presented at the Annual Meeting of the Academy of Management, San Antonio.
- Nwana H.S. (1996) *Software agents: An overview*, „Knowledge Engineering Review”, Vol. 11, No. 3, s. 1-40.
- Poole D., Mackworth A. (2010), *Artificial Intelligence: Foundations of computational agents*, Cambridge University Press, New York.
- Russell S., Norvig P. (2003), *Artificial intelligence: a modern approach*, Prentice Hall, Upper Saddle River, NY.
- Sterling L. i Taveter K. (2010), *The art of agent-oriented modeling*, Intelligent Robotics and Autonomous Agents, The MIT Press, Cambridge.
- Weyns D. (2010), *Architecture-based design of Multi-Agent Systems*, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg.
- Zhou J. i Ren R. (2012), *Striving for creativity. Building positive contexts in the workplace* [w:] K.S. Cameron i G.M. Spreitzer (eds.), *The Oxford handbook of positive scholarship*, Oxford Library of Psychology, Oxford University Press, Oxford – New York.

AGENT SYSTEMS TO SUPPORT ORGANIZATIONAL CREATIVITY

Summary: This paper describes the use of multi-agent approach to support the organizational creativity. In order to show capabilities of the agent systems the terms intelligent agent and multi-agent systems were characterized. On this basis the conditions of applicability of intelligent agents in organizational creativity were described. The final result of the submitted paper is the specification of conditions that should be satisfied by supporting the organization creativity with agent systems. The findings and outcomes should be useful for further research in this area.

Keywords: organizational creativity, intelligence agent, Multi Agent System.