

Mariusz Żytniewski

Rozwój koncepcji społeczności agentów programowych

Ekonomiczne Problemy Usług nr 104, 481-489

2013

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, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

MARIUSZ ŻYTNIIEWSKI

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

ROZWÓJ KONCEPCJI SPOŁECZNOŚCI AGENTÓW PROGRAMOWYCH

Wprowadzenie

Dzisiejsze organizacje, aby budować swój potencjał oraz sprostać wymaganiom zmieniającego się otoczenia, zauważają konieczność stosowania innowacyjnych, nowoczesnych rozwiązań informatycznych. Rosnąca konkurencyjność, ukierunkowanie na wiedzę i klienta, procesowe spojrzenie na strukturę organizacji, szybkość zmian otoczenia, wszechobecna komunikacja, powodują pojawienie się nowych teorii w nurcie nauk o zarządzaniu, szczególnie w zakresie postrzegania wiedzy jako ważnego zasobu wspierającego jej działania. Zastosowanie skodyfikowanej wiedzy dla potrzeb wspierania procesów zachodzących w organizacjach wymaga stosowania rozwiązań pozwalających między innymi na jej automatyczne przetwarzanie i udostępnianie użytkownikom. Takimi nowoczesnymi rozwiązaniami mogą być technologie agentowe.

W ostatnich latach koncepcja AOSE (ang. *Agent Oriented Software Development/Engineering*)¹ stała się jednym z paradygmatów modelowania oprogramowania, które wskazało nowe drogi projektowania i budowy narzędzi oraz systemów informatycznych ukierunkowanych na zastosowanie agentów programowych.

¹ A. Tveit: *A survey of Agent-Oriented Software Engineering*, Proceedings of the First NTNU Computer Science Graduate Student Conference, Norwegian University of Science and Technology 2001; J. Lind: *Issues in Agent-Oriented Software Engineering*, w: Paolo Ciancarini MW. *Agent-Oriented Software Engineering*, First International Workshop, AOSE, Limerick, Ireland 2000, s. 45–58; M. Wooldridge, P. Ciancarini: *Agent-Oriented Software Engineering: The State of the Art*, w: P. Ciancarini, M. Wooldridge: *First international workshop*, AOSE 2000.

Wskazane podejście stawia większe wyzwania przez twórcami niż tworzenie oprogramowania w oparciu o języki obiektowe². Powodem tego jest postrzeganie agentów jako luźno powiązanych elementów systemu, działających autonomicznie w zakresie posiadanego mechanizmu sztucznej inteligencji, zakresu zdefiniowanej bazy wiedzy i mechanizmu komunikacji z otoczeniem. Dzięki temu agenty powinny być rozpatrywane w kontekście ich interakcji, komunikacji, właściwości społecznych, otoczenia, w którym egzystują, ról, jakie podejmują, a nie tylko jako rozwiązania techniczne³ jak np. SOA (ang. *Service Oriented Architecture*)⁴, w którym poszczególne funkcjonalności systemu udostępniane są w oparciu o zdefiniowane usługi sieciowe⁵. W odróżnieniu od usług sieciowych zastosowanie agentów programowych wspiera nie tylko komunikację między systemową, ale także wspomaga budowę rozwiązań ukierunkowanych na działania użytkownika, poprzez wykorzystanie agenta stosującego zcentralizowane lub zdecentralizowane bazy wiedzy.

Celem niniejszej pracy jest wskazanie elementów rozwoju koncepcji społeczności agentów programowych w kontekście ich typologii oraz możliwego zastosowania w nowoczesnych organizacjach.

1. Rozwój teorii społeczności agentów programowych

Kompleksowość rozwiązań informatycznych może być charakteryzowana jako mnogość linearnie działających elementów, których proces zarządzania sterowany jest maszynowo i modelowany jest przez osoby odpowiedzialne za ich realizację. Jednak wraz ze wzrostem złożoności takich rozwiązań wiedza zdefiniowana w postaci kodu programu oraz kontrola przebiegu zachodzących w nim procesów powinny być rozproszone. Jest to wynikiem zmienności otoczenia, nieprzewidywalnością interakcji i konieczną otwartością systemów informacyjnych organizacji na otoczenie.

² M. Luck, R. Ashri, M. d'Inverno: *Agent-Based Software Development (Agent-Oriented Systems)*: Artech House Publishers 2004; F. Zambonelli, A. Omicini: *Challenges and Research Directions in Agent-Oriented Software Engineering*, "Autonomous Agents and Multi-Agent Systems" 2004 nr 9(3), s. 253–283; J. Odell: *Objects and Agents Compared*, „Journal of Object Technology” 2002, s. 41–53.

³ J. Mylopoulos, M. Kolp, P. Giorgini: *Agent-Oriented Software Development*, w: *Methods and applications of artificial intelligence: Second hellenic conference on AI*, Springer 2002, s. 3–17.

⁴ C. Schroth, T. Janner: *Web 2.0 and SOA: Converging concepts enabling the internet of services*, „IT Professional”, 2007, nr 9(3): s. 36–41; F. Baude et al.: *ESB federation for large-scale SOA*, SAC '10 Proceedings of the 2010 ACM Symposium on Applied Computing, New York, NY, s. 2459–2466.

⁵ T. Erl: *Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design*, Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ, 2005.

W latach 80. ubiegłego wieku pierwsza generacja rozwiązań zmierzających do sprecyzowania systemów wieloagentowych odnosiła się do pojęcia rozproszonego rozwiązywania problemów (ang. *distributed problem solving*) w nurcie rozproszonej sztucznej inteligencji (ang. *distributed artificial intelligence*)⁶, gdzie jednostki były ukierunkowane na współdzielenie określonego celu działania. Efektem tych badań było opracowanie różnorodnych definicji agenta programowego, najczęściej wskazujących, iż „autonomiczny agent to system usytuowany we wnętrzu i będący częścią otoczenia, potrafiący analizować to otoczenie oraz oddziaływać na nie w czasie, dążyć do wyznaczonych celów i symulować wpływ zmian tego otoczenia”⁷. Takie rozwiązania rozpatrywane mogą być w kontekście wielu cech agenta programowego, do których między innymi należą: reaktywność, proaktywność, ciągłość działania, autonomia, mobilność, otwartość, personifikacja, osobowość⁸. W efekcie agenty programowe wykorzystujące różne mechanizmy sztucznej inteligencji mogą wspomagać działania człowieka lub go zastępować.

Standaryzacja tych rozwiązań na początku tego wieku ukierunkowana była na rozwój koncepcji systemów wieloagentowych. Grupy agentów programowych pozwalają na rozpatrywanie ich w zakresie systemów wieloagentowych, gdzie „agenci reprezentujący osoby i organizacje, działając we wspólnym środowisku, realizują swoje zadania”⁹. Takie rozwiązania powinny odznaczać się możliwością samoorganizacji, dzięki czemu możliwe stanie się łatwiejsze rozszerzanie ich funkcjonalności ukierunkowanej na celowe, z punktu widzenia organizacji, działania zapewniające jej przewagę konkurencyjną.

Systemy wieloagentowe często w literaturze są utożsamiane z pojęciem społeczności, organizacji agentów programowych¹⁰. Agenty programowe traktowane są wówczas jako „organizm społeczny (ang. *social entity*) z określoną strukturą. Tworzone są dla realizacji pojawiających się celów”¹¹. Agenty programowe w takim środowisku działają w imieniu osoby lub instytucji¹² i są modelowane przez człowieka dla celu realizacji powierzonych im działań. Charakterystyczna jest tutaj

⁶ C. Hewitt, J. Inman: *DAI Betwixt and Between: From 'Intelligent Agents' to Open Systems Science*, „IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics” 1991, vol. 21, s. 1409–1419.

⁷ M. Luck, R. Ashri, M. d'Inverno: *Agent-Based Software Development (Agent-Oriented Systems)*, Artech House Publishers 2004.

⁸ S. Stanek: *Modele hybrydowe w podejmowaniu finansowych decyzji gospodarczych*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 2007.

⁹ M. Fasli: *Agent Technology for e-Commerce*, John Wiley & Sons, 2007.

¹⁰ J. Pitt, A. Mamdani, P. Charlton: *The open agent society and its enemies: a position statement and research programme*, „Telematics and Informatics” 2001, nr 18(1), s. 67–87.

¹¹ M. Fasli: *Agent Technology...*, *op. cit.*, 2007.

¹² A. Artikis, J. Pitt: *A Formal Model of Open Agent Societies*, Proceedings of the 5th International Conference on Autonomous Agents, 2001.

dynamiczność takiego agenta, komunikacja oraz możliwość jego samoorganizacji¹³ w zakresie jego oddziaływania na otoczenie, gdzie „podobnie jak w społecznościach ludzkich członkowie takiej sztucznej społeczności muszą posiadać pozwolenie na koegzystowanie w takim otoczeniu oraz realizowanie swoich celów przy obecności innych jednostek”¹⁴.

W ramach tak definiowanych społeczności agentów programowych można wyszczególnić różne architektury ich budowy. Na przykład jedną z koncepcji mogącą znaleźć zastosowanie w organizacjach jest teoria elektronicznych instytucji (ang. *electronic institutions/agent institutions*)¹⁵, które posiadają dwie podstawowe cechy. Pierwsza wskazuje, iż działania są realizowane tylko w obrębie danej instytucji, co wynika z przyjętego postulatu posiadania przez takie systemy jednostki zarządzającej (ang. *governor*), która pośredniczy w akcie komunikacji. Drugą jest statyczność wynikająca z braku zmian przyjętych, obowiązujących zachowań społecznych wewnątrz systemu. Taka architektura, silnie deterministyczna, ukierunkowana jest na aspekt kontroli zachowania agentów w systemie.

Z punktu widzenia organizacji opartych na wiedzy V. Dignum¹⁶ wskazuje, iż „społeczność agentów reprezentuje interakcje między agentami będące elementami prawdziwych społeczności i organizacji. Agent w takiej społeczności posiada określoną rolę i wchodzi w interakcję z innymi elementami tej organizacji, aby zrealizować swoje cele”, natomiast z punktu widzenia organizacji opartej na wiedzy społeczności agentów powinny wspierać procesy zarządzania wiedzą w organizacji¹⁷.

W kontekście organizacji, społeczność agentów „podejmuje społeczne interakcje w celu wymiany wiedzy między działami organizacji”, taka społeczność „powinna obejmować grupę inteligentnych agentów, odpowiedzialnych za zadania oparte o ich mechanizm decyzyjny lub powierzone im przez człowieka”¹⁸.

¹³ C. Hu, X. Mao, H. Zhou: *Programming Dynamics of Multi-Agent Systems*, Prima 2011.

¹⁴ P. Davidsson, A. Jacobsson: *Aligning Models of Normative Systems and Artificial Societies: Towards norm-governed behavior in virtual enterprises: Normative Multi-agent Systems (InProceedings)* 2007.

¹⁵ J. Campos, M. López-Sánchez, J.A. Rodríguez-Aquilar, M. Esteva: *Formalising Situatedness and Adaptation in Electronic Institutions*, w: *Coordination, Organizations, Institutions and Norms in Agent Systems*, Workshop at AAMAS, 2008.

¹⁶ V. Dignum: *An overview of agents in knowledge management*, Proceeding INAP '05 Proceedings of the 16th International Conference on Applications of Declarative Programming and Knowledge Management, 2006, s. 175–189.

¹⁷ P. Maret, M. Hammond, J. Calmet: *Virtual knowledge communities for corporate knowledge issues*, w: Proceedings of ESAW 04, Springer, 2004, s. 33–44.

¹⁸ F.Y. Wang, T.J. Chua, T.X. Cai, L.S. Chai, *Universal Capacity Modelling for Multi-site Planning: Case studies*, 12th IEEE Int. Conf. merging Technol. Factory Automation, Patras, Greece, 25–28 September 2007, s. 336–343.

2. Typologia społeczności agentów programowych

Obecnie stosowane rozwiązania wspomagające działanie systemów informacyjnych organizacji odnoszą się do wspierania realizacji zachodzących w nich procesów, nie podejmują jednak problematyki ich doskonalenia przez rozwiązania, które działałyby autonomicznie, samodzielnie, z ukierunkowanym celem działania¹⁹.

Z punktu widzenia zastosowania agentów programowych w organizacjach (odnosząc się do aspektu metodologii ich budowy) wyróżnić można szereg typologii systemów agentowych: ze względu na stopień ich otwartości²⁰, architekturę kooperacji agentów²¹ oraz stopień uspołecznienia (ang. *sociability*) agentów²².

Ten ostatni sposób rozróżniania architektury systemów wieloagentowych odnosi się do aspektu ich działania jako elementu systemów informatycznych organizacji i wskazuje, iż agent programowy stanowić może element systemu zarządzania wiedzą, wspomagając działania organizacji poprzez zastosowane mechanizmy przetwarzania wiedzy. Na tej podstawie można wskazać podstawową typologię systemów agentowych znajdujących swoje zastosowanie w nowoczesnych organizacjach (tabela 1).

W zaproponowanej typologii najniższy poziom uspołecznienia odnosi się do zastosowania pojedynczych agentów programowych, najczęściej agentów interfejsu niepodjemujących współdziałania ze sobą w takim systemie. Najwyższy poziom wskazuje tutaj na heterogeniczny system wyposażony w agenty współdziałające w systemie, o różnorodnej funkcjonalności.

Podsumowanie

Aktualny rozwój teorii nauk o zarządzaniu skłania badaczy do rozpatrywania organizacji w nurcie organizacji opartych na wiedzy, gdzie podstawowym zasobem organizacji staje się wiedza. Wymaga to traktowania rozwiązań agentowych w kontekście ich zastosowania jako elementu wspierającego procesy zachodzące

¹⁹ M. Żytniewski, S. Stanek: *Process Approach in Multi-agent Systems*, w: *Advanced Information Technologies for Management – AITM 2010*, red. Jerzy Korczak, Helena Dudycz, Mirosław Dyczkowski, Research Papers of Wrocław University of Economics, No. 147, Wrocław 2010.

²⁰ P. Davidsson: *Categories of artificial societies*, w: *Proceedings of the Second International Workshop on Engineering Societies in the Agents World II*, Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, London, July 2001, s. 1–9.

²¹ V. Dignum, H. Weigand, L. Xu: *Agent Societies: Towards framework-based design*, w: *The 5th international conference on Autonomous Agents*, red. M. Wooldridge, P. Ciancarini, G. Weiss, Montreal 2001, s. 25–32.

²² *An overview of agents in knowledge management...*, s. 175–189.

w takich organizacjach i wykorzystujących posiadaną, skodyfikowaną wiedzę dla celu wsparcia jej procesów.

Tabela 1

Typologia społeczności agentów programowych

Poziom „uspołecznienia” agentów	Cechy agenta lub społeczności agentów programowych
Agent interfejsu, agent konwersacyjny	Jednostka działająca w odizolowaniu od innych agentów programowych, brak mechanizmów komunikacji z agentami, ukierunkowanie na komunikację z człowiekiem, posiada lokalną bazę wiedzy oraz mechanizm sztucznej inteligencji. Możliwe powiązanie z systemami informatycznymi organizacji poprzez zdefiniowane interfejsy.
Homogeniczny system wieloagentowy (kooperujący agenci programowi)	Agenty posiadają mechanizm komunikacji z innymi agentami (najczęściej interfejsu), stosuje określone standardy komunikacji oraz języki generowania zapytań, korzysta z bazy wiedzy innych agentów, np. interfejsu, posiada możliwość adaptowania wiedzy innych agentów dla swoich potrzeb. Działa lokalnie w zakresie współpracy z użytkownikiem. Stosowane agenty są jednego typu. Ich realizowane zadania i umiejętności są porównywalne.
Heterogeniczny system wieloagentowy	Jednostki posiadające różnorodne role, cechy oraz bazy wiedzy. Tworzone dla celu realizacji różnorodnych zadań w społeczności, w której rezydują. Ich zadaniem jest współdziałać w celu realizacji postawionych celów.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: V. Dignum: *An overview of agents in knowledge management*, Proceeding INAP '05 Proceedings of the 16th International Conference on Applications of Declarative Programming and Knowledge Management, 2006, s. 175-189.

Cechy, jakie posiadają agenty programowe, wskazują na ich odrębność w stosunku do innych rozwiązań informatycznych stosowanych dla celu wspierania działania organizacji. Do jednych z głównych zadań związanych z budowaniem rozwiązań zorientowanych agentowo należą techniki specyfikacji i modelowania systemów wieloagentowych²³. Badania w tej dziedzinie nie doczekały się nadal specyfikacji ogólnie przyjętych metodyk i mechanizmów zastosowania tych koncepcji w ramach społeczności agentów programowych²⁴, zastosowań praktycznych, mechanizmów bezpieczeństwa²⁵.

²³ M.P. Luck, P. McBurney, C. Preist, *Agent Technology: Enabling Next Generation Computing (A Roadmap for Agent Based Computing)*, AgentLink 2003.

²⁴ *Agent-Based Service-Oriented Computing*, N. Griffiths, K. Chao (eds.), Springer 2010.

²⁵ S. Stanek, H. Sroka, *Geneza agentów oprogramowania*, w: S. Stanek, H. Sroka, M. Paprzycki, M. Ganzha: *Rozwój informatycznych systemów wieloagentowych w środowiskach społeczno-gospodarczych*, Placet 2008, s. 19–49.

Zaproponowana w pracy typologia agentów programowych, odnosząca się do zaproponowanego poziomu „uspołecznienia” agentów w systemie wieloagentowym, związana jest z możliwością rozpatrywania takich jednostek jako elementu systemu zarządzania wiedzą w organizacjach, sygnalizowanego w różnych pracach z tej dziedziny²⁶. Prezentowane zagadnienia stanowią wstępny etap badań autora nad aspektem modelowania społeczności agentów programowych w organizacjach opartych na wiedzy²⁷.

Literatura

1. *Agent-Based Service-Oriented Computing*, N. Griffiths, K. Chao (eds.), Springer-Verlag, London 2010.
2. Artikis A., Pitt J.: *A Formal Model of Open Agent Societies*, Proceedings of the 5th International Conference on Autonomous Agents, 2001.
3. Baude F. et al.: *ESB federation for large-scale SOA*, SAC '10 Proceedings of the 2010 ACM Symposium on Applied Computing, New York.
4. Campos J., López-Sánchez M., Rodríguez-Aguilar J.A., Esteva M.: *Formalising Situatedness and Adaptation in Electronic Institutions*, w: *Coordination, Organizations, Institutions and Norms in Agent Systems*, Workshop at AAMAS, 2008.
5. Davidsson P.: *Categories of artificial societies*, Proceedings of the Second International Workshop on Engineering Societies in the Agents World II, Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, London, July 2001, s. 1-9.
6. Davidsson P., Jacobsson A.: *Aligning Models of Normative Systems and Artificial Societies: Towards norm-governed behavior in virtual enterprises*, Normative Multi-agent Systems (InProceedings) 2007.
7. Dignum V.: *An overview of agents in knowledge management*, Proceeding INAP '05 Proceedings of the 16th International Conference on Applications of Declarative Programming and Knowledge Management, 2005.
8. Erl T.: *Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design*, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2005.
9. Fasli M.: *Agent Technology for e-Commerce*, John Wiley & Sons, 2007.
10. Hewitt C., Inman J.: *DAI Betwixt and Between: From 'Intelligent Agents' to Open Systems Science*, „IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics” 1991, vol. 21.

²⁶ C. Olszak: *Wyzwania ery wiedzy. Strategie i modele gospodarki elektronicznej*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.

²⁷ Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki.

11. Hu C., Mao X., Zhou H.: *Programming Dynamics of Multi-Agent Systems*, Prima 2011.
12. Lind J.: *Issues in Agent-Oriented Software Engineering*, w: Paolo Ciancarini MW, *Agent-Oriented Software Engineering*, First International Workshop, AOSE, Limerick 2000.
13. Luck M., McBurney P., Preist. C.: *Agent Technology: Enabling Next Generation Computing (A Roadmap for Agent Based Computing)*, AgentLink 2003.
14. Luck M., Ashri R., d'Inverno M.: *Agent-Based Software Development (Agent-Oriented Systems)*, Artech House Publishers 2004.
15. Maret P., Hammond M., Calmet J.: *Virtual knowledge communities for corporate knowledge issues*, Proceedings of ESAW, 2004.
16. Mylopoulos J., Kolp M, Giorgini P.: *Agent-Oriented Software Development*, Methods and applications of artificial intelligence: second hellenic conference on AI, Springer 2002.
17. Odell J.: *Objects and Agents Compared*, „Journal of Object Technology” 2002.
18. Olszak C.: *Wyzwania ery wiedzy. Strategie i modele gospodarki elektronicznej*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
19. Pitt J., Mamdani A, Charlton P.: *The open agent society and its enemies: a position statement and research programme*, “Telematics and Informatics” 2001, nr 18(1).
20. Schroth C., Janner T.: *Web 2.0 and SOA: Converging concepts enabling the internet of services*, „IT Professional” 2007, nr 9(3).
21. Stanek S., Sroka H.: *Geneza agentów oprogramowania*, w: S. Stanek, H. Sroka, M. Paprzycki, M. Ganzha: *Rozwój informatycznych systemów wieloagentowych w środowiskach społeczno-gospodarczych*, Placet 2008.
22. Stanek S.: *Modele hybrydowe w podejmowaniu finansowych decyzji gospodarczych*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 2007.
23. Tveit A.: *A survey of Agent-Oriented Software Engineering*, Proceedings of the First NTNU Computer Science Graduate Student Conference Norwegian University of Science and Technology, 2001.
24. Wang F.Y, Chua T.J., Cai T.X, Chai L.S.: *Universal Capacity Modelling for Multi-site Planning: Case studies*, 12th IEEE Int. Conf. merging Technol. Factory Automation, Patras, Greece, 25-28 September 2007.
25. Wooldridge M., Ciancarini P.: *Agent-Oriented Software Engineering: The State of the Art*, w: P. Ciancarini, M. Wooldridge: *First international workshop*, AOSE 2000.
26. Zambonelli F., Omicini A.: *Challenges and Research Directions in Agent-Oriented Software Engineering*, „Autonomous Agents and Multi-Agent Systems” 2004, nr 9(3).
27. Żytniewski M., Stanek S.: *Process Approach in Multi-agent Systems*, w: *Advanced Information Technologies for Management – AITM 2010*, Research Papers of Wrocław University of Economics No. 147, red. Jerzy Korczak, Helena Dudycz, Mirosław Dyczkowski, Wrocław 2010.

**THE DEVELOPMENT OF THE CONCEPT
OF SOFTWARE AGENT SOCIETIES**

Summary

The aim of this paper to present the development of software agents societies. The first chapter deals with theoretical issues concerning differences between AOSE and service oriented architecture approach. The second chapter presents development of software agents and software agents societies. The third chapter contains typology proposal of software agent society.

Translated by Mariusz Żytniewski