

Małgorzata Łatuszyńska, Agata Wawrzyniak
Uniwersytet Szczeciński

Fatimah Furaji
University of Basrah, Irak

SYMULACJA WIELOAGENTOWA W BADANIU ZACHOWANIA KONSUMENTÓW

Streszczenie

Celem rozważań jest wskazanie możliwości i korzyści użycia symulacji wieloagentowej do badania zachowania konsumentów poprzez przybliżenie jej istoty, omówienie głównych kierunków zastosowań oraz wskazanie komplementarności do innych podejść stosowanych w analizowanym obszarze.

Słowa kluczowe: symulacja wieloagentowa, zachowania konsumentów.

Wstęp

We współczesnym, wielowymiarowym, dynamicznym i konkurencyjnym środowisku marketingowym, zachowania konsumentów są uzależnione od wielu, często trudnych do uchwycenia czynników różnego typu (por. tabela 1)¹. Złożoność układu tych czynników bardzo dobrze ilustruje model zachowania konsumenta zwany „modelem czarnej skrzynki” (por. schemat 1). Ujmując większość z wymienionych w tabeli 1 typów czynników, pokazuje relacje między bodźcami zewnętrznymi, cechami konsumenta, przebiegiem procesu decyzyjnego oraz jego reakcją wyrażającą się w dokonanych wyborach.

Analizując przedstawiony w modelu układ, należy mieć dodatkowo na uwadze fakt, że jego elementy zmieniają się w czasie. W konsekwencji, badanie zachowania konsumenta, staje się zbyt skomplikowane jak na tradycyjnie stosowane metody analityczne.

Kwestia przydatności metod analitycznych do badania złożonych układów była wielokrotnie dyskutowana w literaturze. Przykładowo, H. Simon opisuje zjawisko zwane afazją matematyczną, polegające na skłonności do zbytniego upraszczania modelu analitycznego – tak długo, aż znikną kłopoty natury teoretycznej, jak również wszelki związek z rzeczywistością². Z kolei, zdaniem G. Niemeyer’a, zasadnicze przeszkody w badaniu złożonych układów przy pomocy metod analitycznych wynikają z następujących przesłanek³: nieliniowości zależności między elementami układu, wymogu kompleksowości podejścia

¹ Szerzej na ten temat (w:) J. Wittek, K. Nermend (red.), *Zachowania konsumenta w świetle badań ankietowych i symulacyjnych*, Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 2008, s. 5-7; M. Zeelenberg, R. Pieters, *Beyond valence in customer dissatisfaction: A review and new findings on behavioural responses to regret and disappointment in failed services*, „Journal of Business Research” 2004, Vol. 57, No. 4, s. 445-455; S. Shah, R. Roy, A. Tiwari, *Technology Selection For Human Behaviour Modelling In Contact Centres*, Cranfield University, Cranfield 2006, s. 2-13; C. Chaochang, *A case-based customer classification approach for direct marketing*, „Expert Systems with Applications” 2002, Vol. 22, No. 2, s. 163-168; M. Zeelenberg, R. Pieters, *Beyond valence in customer dissatisfaction: A review and new findings on behavioural responses to regret and disappointment in failed services*, „Journal of Business Research” 2004, Vol. 57, No. 4, s. 445-455.

² H. Simon, *Podjęmowanie decyzji kierowniczych. Nowe nurty*, PWE, Warszawa 1982, s. 92.

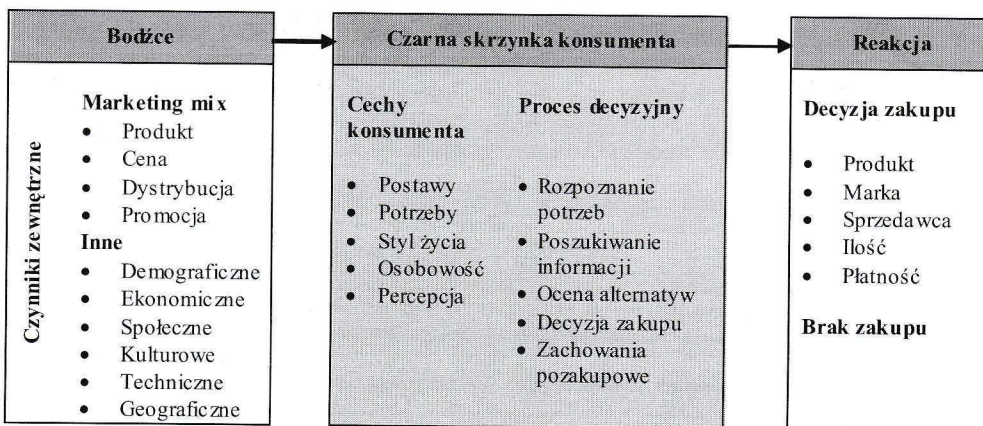
³ G. Niemeyer, *Kybernetische System und Modelltheorie System Dynamics*, Vahlen Verlag, München 1977, s. 218.

Tabela 1
Typy czynników wpływających na zachowanie konsumentów

Autor	Typy czynników
Enis (1974)	personalne, społeczne
Cross i Peterson (1987) oraz McCarthy i Perreault (1993)	społeczne, fizyczne
Dibb i Etal (1991)	personalne, społeczne, fizyczne
Cohen (1991)	marketing-mix, fizyczne
Zikmond i Amico (1993)	społeczne, środowiskowe, indywidualne
Narayana i Raol (1993) oraz Lancaster i Reynold (1998)	fizyczne, społeczne, kulturowe
Keegan (1995)	społeczne, kulturowe, ekonomiczne, geograficzne
Setlow (1996)	personalne, marketing-mix, środowiskowe
Stanton (1997) oraz Pride i Ferrell (2000)	społeczne, fizyczne oraz wynikające z postaw
Kotler i Armstrong (1999, 2007)	fizyczne, społeczne, kulturowe, personalne
Straughan i Roberts (1999)	demograficzne oraz wynikające ze stylu życia

Źródło: opracowanie własne na podstawie: J. Stávková, L. Stejskal, Z. Toufarová, *Factors Influencing Consumer Behavior*, "Agricultural Economics – Czech" 2008, No. 54(6), s. 276-284; A. Soliman, *Consumer Behavior between Theory and Practice*, Institute of Public Administration, Riyadh 2000 (w jęz. arabskim).

Schemat 1
Model czarnej skrzynki konsumenta



Źródło: opracowanie własne na podstawie: W. Keegan, S. Moriarty, T. Duncan, *Marketing*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 1992, s. 193; Ph. Kotler, G. Armstrong, J. Saunders, V. Wong, *Marketing. Podręcznik europejski*, PWE, Warszawa 2002.

do analizy, występowaniu „luźnych” sprzężeń między głównymi czynnikami układu oraz „trudnoprognozowalności” zachowania się układu złożonego. Podobny pogląd prezentuje J.W. Forrester, który twierdzi, że efektywne odzwierciedlanie zachowania się układu złożonego leży poza granicami tradycyjnych metod analitycznych⁴. Jedyne efektywne narzędzie widzi on w metodzie opartej na podejściu heurystycznym do rozwiązywania problemów – symulacji komputerowej, rozumianej jako symulacja systemów na maszynie cyfrowej. Niemal identyczne stanowisko przedstawia C. Cempel oświadczając, iż w poznawaniu układów złożonych, symulacja przez swą zdolność manipulacji czasoprzestrzenią jest jedynym narzędziem pozwalającym ująć i zrozumieć przyczynowo-skutkowe relacje odległe w czasie i w przestrzeni, i powiązane wieloma sprzężeniami zwrotnymi⁵.

Jedną z metod symulacji komputerowej jest symulacja wieloagentowa (*Multi Agent Based Simulation* – MABS), której idea wywodzi się z obserwacji emergentnych i adaptacyjnych systemów biologicznych. Celem rozważań jest wskazanie możliwości i korzyści użycia tej metody do badania zachowania konsumentów poprzez przybliżenie jej istoty, omówienie głównych kierunków zastosowań oraz wskazanie komplementarności do innych podejść stosowanych w analizowanym obszarze.

Istota symulacji wieloagentowej

Początki symulacji wieloagentowej można wywieść od takich dyscyplin, jak: systemy adaptacyjne (*complex adaptive systems*), teoria złożoności (*complexity science*) i teoria systemów (*system science*). W formie zrozumiałej dla komputerów została zaimplementowana po raz pierwszy za pomocą automatów komórkowych, stworzonych niezależnie przez S. Ulama i J. von Neumanna w latach 40. XX wieku. Jednak dopiero na początku lat 70. XX wieku zaczęła przybierać formę, w której jest znana dzisiaj. Stało się to za sprawą powstania „Gry w życie” (*Game of Life*), stworzonej przez J. Conway’a⁶. Definicja agentów w obecnym kształcie pojawiła się jednakże dopiero na początku lat 90. zeszłego stulecia⁷. Od tego czasu rozwój symulacji wieloagentowej znacznie przyspieszył, a w ostatnim dziesięcioleciu zdobyła ona sporą popularność jako metoda badawcza w wielu dziedzinach nauki, zobrazowano na wykresie 1⁸.

W symulacji wieloagentowej badany układ jest modelowany jako zbiór autonomicznych jednostek, zwanych agentami. W modelu wieloagentowym opisuje się procesy decyzyjne w mikroskali, dla każdego agenta z osobna. Z połączenia działań wielu agentów i ich interakcji ze sobą nawzajem i ze środowiskiem, w którym funkcjonują, powstaje obraz badanego zjawiska w makroskali (por. schemat 2)⁹.

⁴ J.W. Forrester, *Planung unter dem Einfluss komplexer Sozialer Systeme*, (w:) G. Schmieg (red.), *Politische Planung in Theorie und Praxis*, Piper Verlag, München 1971, s. 88.

⁵ C. Cempel, *Nowoczesne Zagadnienia Metodologii i Filozofii Badań*, Instytut Technologii Eksploatacji, Radom 2005, rozdz. 7.

⁶ M. Gardner, *The Fantastic Combinations of John Conway's New Solitaire Game "Life"*, "Scientific American" 1970, No. 223, s. 120-123.

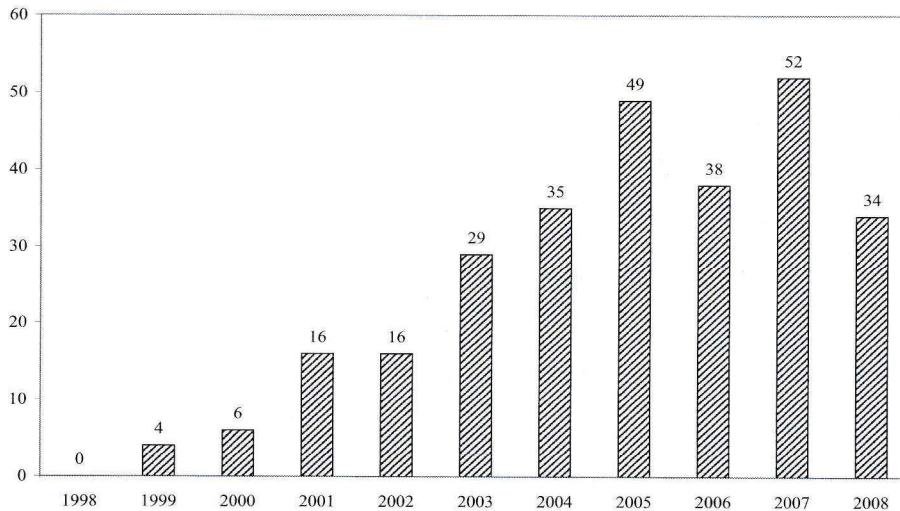
⁷ J.H. Holland, J.H. Miller, *Artificial Adaptive Agents in Economic Theory*, "American Economic Review" 1991, No. 81(2), s. 365-371.

⁸ Więcej na temat zastosowań symulacji wieloagentowej (w:) A. Łatuszyńska, *Symulacja wieloagentowa w zastosowaniach biznesowych*, „Studia i Materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą” 2010, nr 28, s. 160-170.

⁹ P. O.Siebers, U. Aickelin, *Introduction to multi-agent simulation*, (w:) F. Adam i P. Humphreys (red.), *Encyclopedia of Decision Making and Decision Support Technologies*, Idea Group Publishing, Pennsylvania 2008, s. 554-564.

Wykres 1

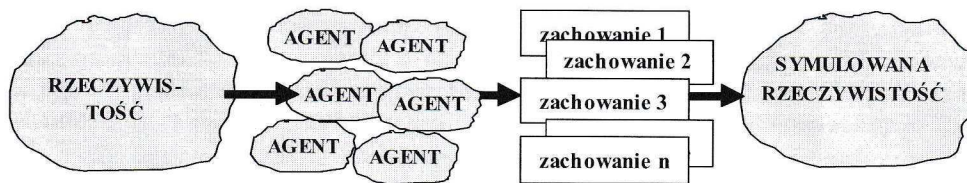
Liczba artykułów dotyczących symulacji wieloagentowej z okresu 1998-lipiec 2008 z podziałem na poszczególne lata



Źródło: B. Heath, R. Hill, F. Ciarallo, *A Survey of Agent-Based Modeling Practices (January 1998 to July 2008)*, "Journal of Artificial Societies and Social Simulation" 2009, No. 12(4).

Schemat 2

Istota symulacji wieloagentowej



Źródło: opracowanie na podstawie: A. Drogoul, J. Ferber, *Multi-agent simulation as a tool for modelling societies, application to social differentiation in ant colonies*, "Lecture Notes In Computer Science", Vol. 830, s. 3-23.

Różne dyscypliny wypracowały swoje własne sposoby pojmowania terminu „agent”. Powszechnie akceptuje się, że agenci są umiejscowieni w pewnym środowisku i są zdolni do podejmowania autonomicznych akcji¹⁰. Niektórzy autorzy uważają,

¹⁰ Por.: S. Bieniasz, *Techniki symulacji agentowej w zastosowaniu do badania procesów cieplnych*, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki AGH, Kraków 2006, s. 13-14, dostępny w Internecie: <http://winmtbg.bg.agh.edu.pl/rozprawy/9711/full9711.pdf> [dostęp: 10.03.2012]; M. Wooldridge, *Intelligent Agents*, (w:) G. Weiss (red.), *Multiagent*

że agentem jest każdy typ niezależnych komponentów (program komputerowy, model, jednostka, konsument itd.)¹¹, przy czym zachowanie niezależnego komponentu może być opisywane w różny sposób, od prymitywnych reguł decyzyjnych po bardzo skomplikowane adaptacyjne reguły sztucznej inteligencji. Inni utrzymują, że zachowanie niezależnego komponentu musi być adaptacyjne, aby mógł być nazwany agentem. Miano agenta jest zarezerwowane dla komponentów, które w pewnym sensie uczą się swojego środowiska i na skutek tego uczenia zmieniają swoje zachowanie. J. Casti¹² argumentuje, że agent powinien zawierać zarówno reguły niższego rzędu, opisujące zachowanie, jak i zbiór reguł wyższego rzędu, determinujących zasady zmiany reguł. Reguły niższego rzędu opisują reakcję na środowisko, natomiast reguły wyższego rzędu opisują zasady adaptacji.

Z praktycznego punktu widzenia można założyć, że agent posiada następujące cechy¹³: 1) jest identyfikowalną jednostką posiadającą pewien zbiór cech i reguł zarządzających jej zachowaniem się i możliwościami decyzyjnymi; 2) jest umiejscowiony w środowisku, w którym współdziała z innymi agentami; 3) jego działanie może być skierowane na osiągnięcie określonego celu; 4) jest autonomiczny, może funkcjonować niezależnie w swoim środowisku i w kontaktach z innymi agentami, przynajmniej w zakresie pewnych zdefiniowanych sytuacji; 5) jest elastyczny, posiada zdolność do uczenia się i adaptacji. Założenia te w sposób szczególny predestynują symulację wieloagentową do zastosowań w badaniu zachowania konsumentów, gdyż może ukazywać jak z działań wielu agentów, identyfikujących konsumentów indywidualnych i/lub organizacyjnych, powstają zagregowane zjawiska marketingowe.

Kierunki zastosowań symulacji wieloagentowej – przegląd literatury

W ostatnich kilkunastu latach opublikowano sporo opracowań naukowych przedstawiających przypadki wykorzystania symulacji wieloagentowej w omawianym obszarze. Dotyczą one bardzo często zachowań konsumentów w kontekście dyfuzji innowacji, przykładowo: Watts (2002)¹⁴, Shaikh i in. (2005)¹⁵, Watts i Dodds (2007)¹⁶,

Systems – A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence, MIT Press, Cambridge 1999, s. 27-77; M. Wooldridge, *An introduction to multi-agent systems*, Wiley, New York, 2002; A.U. Frank, S. Bittner, M. Raubal, *Spatial and cognitive simulation with multi-agent systems*, (w:) D.R. Montello (red.), *Spatial Information Theory – Foundations of Geographic Information Science*, Springer Verlag, Berlin – Heidelberg 2001, s. 124-139.

¹¹ E. Bonabeau, *Agent-based modeling, Methods and techniques for simulating human systems*, "Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America" 2002, Vol. 99, Suppl. 3, s. 7280-7287, dostępny w Internecie: <http://www.pnas.org/content/99/suppl.3/7280.full2002>.

¹² J. Casti, *Would-be worlds, how simulation is changing the world of science*, Wiley, New York 1997.

¹³ Ch. M. Macal, M. J. North, *Tutorial on agent-based modeling and simulation, Part 2. How to model with agent*, (w:) L.F. Ferrone i in. (red.), *Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference*, WSC'2006, Monterey 2006, s. 73-83, dostępny w Internecie: <http://www.informs-sim.org/wsc06papers/008.pdf>.

¹⁴ D.J. Watts, *A simple model of global cascades on random networks*. "Proceeding of the National Academy of Sciences" 2002, No. 99, s. 5766-5771.

¹⁵ N.I. Shaikh, A. Ragaswamy, A. Balakrishnan, *Modelling the Diffusion of Innovations Using Small World Networks*, Working Paper, Penn State University, Philadelphia 2005.

¹⁶ D.J. Watts, P. S. Dodds, *Influentials, Networks and Public Opinion Formation*, "Journal of Consumer Research" 2007, No. 34(4), s. 441-458.

Rahmandad i Sterman (2008)¹⁷, Toubia i in. (2008)¹⁸, Goldenberg i in. (2009)¹⁹, czy Delre i in.²⁰(2010). Inny kierunek zastosowań odnosi się do badań związanych z przyjęciem produktu przez rynek (Goldenberg i in., 2007, 2010²¹). Wiele publikacji przedstawia użycie podejścia wieloagentowego w analizie wpływu pozycjonowania firm na zachowania konsumentów (np. Buchta i Mazanec (2001)²², Wilkinson i Young (2002)²³, czy Lusch i Tay (2002, 2004, 2005)²⁴), niektóre zaś skupiają się na problemie moralnego zachowania w marketingu relacyjnym (np. Midgley, Marks i Cooper (1997, 2006)²⁵ oraz Hill i Watkins (2007, 2009a, 2009b)²⁶.

Kolejna ważna płaszczyzna zastosowań podejścia wieloagentowego dotyczy badania trendów zakupowych na określonych rynkach poprzez symulację wyborów wielu indywidualnych konsumentów w celu określenia, jak i dlaczego konsumenci wybierają dany produkt czy usługę. Zastosowania tego typu omawiają: Collings i in. (1999)²⁷, Brannon i in. (2000)²⁸, Twomey i Cadman (2002)²⁹, Wohltorf i Albayrak (2003)³⁰, Robertson (2003)³¹, Kyrilov i Bo-

¹⁷ H. Rahmandad, J. Sterman, *Heterogeneity and Network Structure in the Dynamics of Diffusion: Comparing Agent-Based and Differential Equation Models*, "Management Science" 2008, No. 54(5), s. 998-1014.

¹⁸ O. Toubia, J. Goldenberg, R. Garcia, *A New Approach to Modeling the Adoption of New Products: Aggregated Diffusion Models*, "MSI Reports: Working Papers Series" 2008, No. 08-001, s. 65-76.

¹⁹ J. Goldenberg, S. Han, D.R. Lehmann, J. W. Hong, *The Role of Hubs in the Adoption Process*, "Journal of Marketing" 2009, No. 73(2), s. 1-13.

²⁰ S.A. Delre, W. Jager, T.H. A. Bijmolt, M.A. Janssen, *Will It Spread or Not? The Effects of Social Influences and Network Topology on Innovation Diffusion*, "Journal of Product Innovation Management" 2010, No. 27(2), s. 267-282.

²¹ J. Goldenberg, B. Libai, S. Moldovan, E. Muller, *The NPV of Bad News*, "International Journal of Research in Marketing" 2007, No. 24, s. 186-200; J. Goldenberg, B. Libai, E. Muller, *The Chilling Effect of Network Externalities*, "International Journal of Research in Marketing" 2010, No. 27(1), s. 4-15.

²² C. Buchta, J. Mazanec, *SIMSEG/ACM – A Simulation Environment for Artificial Consumer Markets*, Working Paper Nr 79, Vienna University of Economics and Business Administration, Vienna, 2001, dostępny w Internecie: <http://epub.wu.ac.at/254/1/document.pdf> [dostęp: 14.03.2012].

²³ I. Wilkinson, L. Young, *On cooperating: Firms, relations, networks*, "Journal of Business Research" 2002, No. 55, s. 123-132.

²⁴ N. Tay, R. F. Lusch, *Agent-Based Modeling of Ambidextrous Organizations: Virtualizing Competitive Strategy*, "IEEE Transactions on Intelligent Systems" 2002, No. 22(5), s. 50-57; R.F. Lusch, N. Tay, *Agent-based modeling: Gaining insight into firm and industry performance*, (w:) Ch. Moorman, D.R. Lehman (red.), *Assessing marketing strategy performance*, Marketing Science Institute, Cambridge 2004, s. 213-27; N. Tay, R.F. Lusch, *A preliminary test of Hunt's General Theory of Competition: Using artificial adaptive agents to study complex and ill-defined environments*, "Journal of Business Research" 2005, No. 58(9 Spec. Iss.), s. 1155-1168.

²⁵ R.E. Marks, D.F. Midgley, L.G. Cooper, *Breeding competitive strategies*, "Management Science" 1997, No. 43(3), s. 257-275; R.E. Marks, D. F. Midgley, L.G. Cooper, *Co-evolving better strategies in oligopolistic price wars*, (w:) J.P. Renard, *Handbook of Research on Nature-Inspired Computing for Economy and Management*, Idea Group Inc., Hershey 2006, s. 806-821.

²⁶ R. Hill, A. Watkins, *A Simulation of Moral Behavior within Marketing Exchange Relationships*, "Journal of the Academy of Marketing Science" 2007, No. 35, s. 417-429; R. Hill, A. Watkins, *The profit implications of altruistic versus egoistic orientations for business-to-business exchanges*, "International Journal of Research in Marketing" 2009a, No. 26(1), s. 52-59; R. Hill, A. Watkins, *A Simulation of Business-to-Business Decision Making in a Relationship Marketing Context*, "Industrial Marketing Management" 2009b, No. 28(8), s. 994-1005.

²⁷ D. Collings, A.A. Reeder, I. Adjali, P. Crocker, M.H. Lyons, *Agent based customer modelling*, "Computing in Economics and Finance", No. 1352, 1999. Streszczenie dostępne w Internecie: <http://econpapers.repec.org/paper/scscscfc9/1352.htm> [dostęp: 14.03.2012].

²⁸ E.L. Brannon, P. V. Ulrich, L. J. Anderson, A. B. Presley, *Agent-Based Simulation of the Consumer's Apparel Purchase Decision*, National Textile Center Annual Report: November 2001. Dostępny w Internecie: <http://www.ntcresearch.org/pdf-rpts/AnRp01/198-A09-A1.pdf> [dostęp: 14.03.2012].

²⁹ P. Twomey, R. Cadman, *Agent-based modelling of customer behaviour in the telecoms and media markets*, "Information" 2002, Vol. 4, No. 1, s. 56-63. Dostępny w Internecie: <http://www2.econ.iastate.edu/tcsfatsi/ACERetailCustomerModeling.pdf> [dostęp: 14.03.2012].

³⁰ J. Wohltorf, S. Albayrak, *An Agent-based Decision Support System for the Introduction of Next Generation Mobile Services*, Working Paper, DAI-Labor, TU Berlin, 2003, dostępny w Internecie: <http://citescerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.202.9099> [dostęp: 14.03.2012].

³¹ D.A. Robertson, *Agent-Based Models of a Banking Network as an Example of a Turbulent Environment: the Deliberate vs. Emergent Strategy Debate Revisited*, "Emergence: A Journal of Complexity in Organizations and Management" 2003, No. 5(2), s. 56-71.

nanni (2004)³², Schenk, Löffler i Rauh (2007)³³, Ulbinaitė i Moulicc (2010)³⁴ oraz Kuhn i in. (2010)³⁵.

Niektóre opracowania ukazują bardziej ogólne rozważania na temat podejścia wieloagentowego w badaniu zachowania konsumentów. Przykładowo: Jager, Janssen, i Vlek (1999)³⁶, Collings i in. (2000)³⁷, Ben Said i in. (2002)³⁸, Janssen i in. (2003)³⁹, Adjali, Dias i Hurling (2005)⁴⁰, Jager (2006)⁴¹, Challet i Krauze (2006)⁴², Rigopoulos i in. (2006)⁴³ oraz Roozmanda i in. (2011)⁴⁴. Opisują oni wieloagentowe modele zachowania konsumentów wyprowadzone z teorii marketingu i nauk behawioralnych, a następnie pokazują wyniki kilku eksperymentów symulacyjnych przeprowadzonych na podstawie danych rzeczywistych pochodzących z konkretnego rynku. Z kolei North i in. (2010)⁴⁵ przedstawiają makromodel pozwalający na symulację zachowań zakupowych na poziomie gospodarstw domowych oraz zachowań biznesowych producentów i sprzedawców na rynku ogólnonarodowym.

Wśród innych, opisywanych w literaturze, wartych przytoczenia, zastosowań symulacji wieloagentowej do badania zachowania konsumentów, można wymienić modele: rzeczywistych supermarketów⁴⁶, procesu podejmowania decyzji konsumenta o zakupie w kontekście efektu dominacji (*decoy effect*)⁴⁷, czy efektywności reklam⁴⁸.

³² V. Kyrlov, C. Bonanni, *Modeling Decision Making by Telecommunications Services Providers in a Strategy Market Game*, w: *Proceedings of the Applied Telecommunication Symposium (ATS'04)*, Arlington, 2004, dostępny w Internecie: http://www.dss.dpem.tuc.gr/pdf/A132-Vadim_modeling_telecommunication_final.pdf [dostęp: 14.03.2012].

³³ T.A. Schenk, G. Löffler, J. Rauh, *Agent-based simulation of consumer behavior in grocery shopping on a regional level*, "Journal of Business Research" 2007, No. 60, s. 894-903.

³⁴ A. Ulbinaitė, Y. Le Moulicc, *Towards an ABM-based Framework for Investigating Consumer Behaviour in the Insurance Industry*, "Ekonomika" 2010, Vol. 89(2), s. 97-101.

³⁵ J.R. Kuhn, J.F. Courtney, B. Morris, E. R. Tatara, *Agent-based analysis and simulation of the consumer airline market share for Frontier Airlines*, "Knowledge-Based Systems" 2010, Vol. 23, Issue 8, s. 875-882.

³⁶ W. Jager, M.A. Janssen, C.A.J. Vlek, *Consumers in a commons dilemma: Testing the behavioural rules of simulated consumers*, COV Report No. 99-01, Centre for Environment and Traffic Psychology, University of Groningen, 1999, dostępny w Internecie: <http://clivespash.org/speer/simpaper.pdf> [dostęp: 15.03.2012].

³⁷ D. Collings, A.A. Reeder, I. Adjali, P. Crocker, M.H. Lyons, *Agent based customer modeling: Individuals who learn from their environment*, w: *Proceedings of the 2000 Congress on Evolutionary Computation*, La Jolla, California 2000, s. 1492-1497.

³⁸ L. Ben Said, T. Bouron, A. Drogoul, *Agent-based interaction analysis of consumer behavior*, w: *Proceedings of the first international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems: part 1*, ACM, New York 2002, s. 184-90.

³⁹ M.A. Janssen, W. Jager, *Simulating market dynamics: The interactions of consumer psychology and structure of social networks*, "Artificial Life" 2003, No. 9, s. 343-356.

⁴⁰ I. Adjali, B. Dias, R. Hurling, *Agent based modeling of consumer behavior*, w: *Proceedings of the 2005 North American Association for Computational Social and Organizational Science Annual Conference*, University of Notre Dame, Notre Dame, Indiana, 2005, dostępny w Internecie: http://www.casos.cs.cmu.edu/events/conferences/2005/conference_papers.php [dostęp: 14.03.2012].

⁴¹ W. Jager, *Simulating consumer behaviour: A perspective*, (w:) A. Faber, K. Frenken, A.M. Idenburg (red.), *Environmental Policy and Modeling in Evolutionary Economics*, Netherlands Environmental Assessment Agency, Groningen, 2006, s. 111-136, dostępny w Internecie: <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/550033001.pdf> [dostęp: 15.03.2012].

⁴² D. Challet, A. Krauze, *What questions to ask in order to validate an agent-based model*, (w:) *Report of the 56th European Study Group with Industry*, 2006, s. J1-J9, dostępny w Internecie: <http://www.maths-in-industry.org/miis/107/1/Unilever-ABM-Report.pdf> [dostęp: 14.03.2012].

⁴³ G. Rigopoulos, K. D. Patlitzianas, N. V. Karadimas, *Modeling Consumer Behaviour Towards Payment System Selection Using Multiagent Based Simulation*, IADIS Virtual Multi Conference on Computer Science and Information Systems, 2006, dostępny w Internecie: http://www.iadis.net/dl/final_uploads/200603C039.pdf [dostęp: 14.03.2012].

⁴⁴ O. Roozmanda, N. Ghasem-Aghaie, G. J. Hofstede, M. A. Nematbakhsha, A. Baraania, T. Verwaart, *Agent-based modeling of consumer decision making process based on power distance and personality*, "Knowledge-Based Systems" 2011, Vol. 24, Issue 7, s. 1075-1095.

⁴⁵ M.J. North i in., *Multiscale Agent-Based Consumer Market Modeling*, op. cit.

⁴⁶ A. Schwaiger, B. Stahmer, *SimMarket: Multiagent-based customer simulation and decision support for category management*, "Lecture Notes in Artificial Intelligence" 2003, No. 2831, s. 74-84 oraz M. Venables, U. Bilge, *Complex adaptive modelling at J Sainsbury: the SimStore supermarket supply chain experiment*, Business Process Resource Centre, Warwick University, Warwick 1998, dostępny w Internecie: <http://www.psych.lse.ac.uk/complexity/Seminars/1998/report98mar.htm>.

⁴⁷ T. Zhang, D. Zhang, *Agent-based simulation of consumer purchase decision-making and the decoy effect*, "Journal of Business Research" 2007, No. 60, s. 912-922.

⁴⁸ J. Cao, *Evaluation of advertising effectiveness using agent-based modelling and simulation*, w: *Proceedings of 2nd UK Workshop of SIG on Multi-Agent Systems (UKMAS)*, Bristol, UK, 1999, dostępny w Internecie: http://stuff.mit.edu/~caoj/pub/doc/jcao_c_adver.pdf [dostęp: 14.03.2012].

Mimo dość bogatego piśmiennictwa dotyczącego podejścia wieloagentowego w zastosowaniach marketingowych oraz stałego wzrostu jego popularności (o którym może chociażby świadczyć fakt, iż tej tematyce poświęcono cały numer renomowanego czasopisma „Journal of Product Innovation Management” w 2011 roku⁴⁹), niektórzy badacze, jak np. Rand i Rast (2011)⁵⁰ twierdzą, że rozwój zastosowań w omawianym obszarze jest ciągle zbyt powolny. Przyczynę tego stanu rzeczy upatrują głównie w braku ogólnie akceptowanych standardów stosowania symulacji wieloagentowej w badaniach marketingowych.

Symulacja wieloagentowa a inne podejścia do badania zachowania konsumentów

Symulacja wieloagentowa jest stosunkowo nowym podejściem w zastosowaniach związanych z badaniem zachowania konsumentów. Pojawiła się jako doskonałe uzupełnienie dla innych metod, gdyż dzięki możliwości włączania reguł biznesowych do opisu

Tabela 2

Porównanie metod badania zachowań konsumentów

Metoda	Zalety	Wady	Komplementarna rola symulacji wieloagentowej
Modelowanie analityczne	Uogólniające, dające wgląd w strategiczne decyzje podejmowane w firmach.	Wyniki trudne do porównywania z danymi rzeczywistymi, czasami są potrzebne daleko idące uproszczenia.	Modele wieloagentowe mogą powstawać na bazie takich modeli analitycznych, które pozwalają na porównywanie z danymi rzeczywistymi.
Ekonomiczne i statystyczne modelowanie	Użyteczne do znajdowania wzorców zachowań na podstawie rzeczywistych danych i do sporządzania prognoz dotyczących przyszłego zachowania konsumentów.	Rzadko powiązane z teoriami behawioralnymi na poziomie indywidualnych konsumentów lub firm. Wymaga posiadania odpowiedniego rodzaju danych pokazujących relacje.	Jeśli jest możliwe określenie zachowania indywidualnego konsumenta, to może być stworzony model wieloagentowy, dający się porównać z ekonometrycznymi i statystycznymi modelami.
Eksperymenty w zakresie zachowania konsumentów	Dają teoretyczny wgląd w decyzje konsumenta i reakcje na marketingowe akcje.	Rzadko odnoszą się do wielkich grup i/lub badają złożone interakcje typu konsument-konsument.	Modele wieloagentowe mogą być tworzone na bazie teorii zachowania konsumenta, a następnie rozszerzane do większej populacji.
Modelowanie systemowo-dynamiczne	Pozwala na usystematyzowane badanie całego złożonego systemu interakcji.	Reguły zachowania muszą być opisane na poziomie całego systemu i trudno bada się niejednorodność na indywidualnym poziomie.	Modele wieloagentowe mogą uzupełniać modele budowane na wyższym poziomie agregacji poprzez wprowadzanie, w miarę potrzeby, dezagregacji.
Modelowanie wieloagentowe	Pozwala na analizę teorii zachowania indywidualnych konsumentów, a wyniki mogą być przeniesione na większą skalę.	Obliczeniowo złożone, nie można uogólniać wyników poza analizowane przypadki	-

Źródło: W. Rand, R. T. Rust, *Agent-Based Modelling in Marketing: Guidelines for Rigor*, “International Journal of Research in Marketing” 2011, Vol. 28, Issue 3, s. 181-193.

⁴⁹ “Journal of Product Innovation Management”, Special Issue on Agent-Based Modeling of Innovation Diffusion 2011, Vol. 28, Issue 2, s. 152-168.

⁵⁰ Szerzej na ten temat (w:) W. Rand, R.T. Rust, *Agent-Based Modelling in Marketing: Guidelines for Rigor*, “International Journal of Research in Marketing” 2011, Vol. 28, Issue 3, s. 181-193.

jednostek (np. „kupiło dobro x, bo...”) pozwala na określenie całościowych efektów dla badanego układu (np. „rynek dóbr X ma tendencję wzrostową”)⁵¹. Jeśli przyjmiemy, za Randem i Rolandem⁵², że najczęściej stosowanymi w badaniu zachowania konsumentów metodami są: modelowanie analityczne, modelowanie empiryczne i statystyczne, modelowanie systemowo-dynamiczne oraz prowadzenie eksperymentów empirycznych w zakresie wyborów konsumenta, to można wskazać dla każdej z tych metod komplementarną rolę symulacji wieloagentowej (por. tabela 2).

Jak wskazuje analiza tabeli, symulacja wieloagentowa może stanowić naturalne uzupełnienie dla innych metod. Największą korzyścią ze stosowania tego podejścia w badaniu zachowania konsumentów jest to, że działania firm i konsumentów mogą być tu modelowane zgodnie z teoriami zachowania, a wyniki eksperymentów poddawane walidacji w stosunku do danych empirycznych, w związku z czym model może być użyty do predykcji.

Podsumowanie

Przedstawione w artykule rozważania pozwalają na sformułowanie ogólnego wniosku, że symulacja wieloagentowa jest metodą, która może być i jest stosowana z powodzeniem do badania zachowania konsumentów. Przemawiają za tym m.in. następujące przesłanki⁵³: 1) pozwala na prowadzenie eksperymentów z uwzględnieniem niejednorodnej złożoności zarówno na poziomie indywidualnego konsumenta, jak i złożonego środowiska marketingowego; 2) daje możliwość modelowania interakcji między konsumentami-agentami, co zwiększa wiarygodność wyników badań, bo modelowany rzeczywisty świat składa się z jednostek wchodzących ze sobą w interakcje; 3) za pomocą komputera można przeprowadzać praktycznie nieograniczoną liczbę eksperymentów w krótkim czasie (bez szkody dla ludzi i środowiska), co umożliwi badanie wpływu wielu kombinacji czynników wpływających na zachowania konsumentów.

Oprócz niezaprzeczalnych zalet omawianej metody, należy wskazać również na pewne trudności, które mogą pojawiać się podczas jej stosowania. Najbardziej istotny problem może dotyczyć braku odpowiednich danych, a w konsekwencji trudności w identyfikacji reguł zachowania w modelu. Kolejna kwestia to konieczność posiadania przez badacza zaawansowanych umiejętności programistycznych. Pierwszą trudność można jednak rozwiązać poprzez przeprowadzenie odpowiednio zorganizowanych badań ankietowych, na podstawie których, posługując się np. teorią zbiorów przybliżonych, można wykryć reguły zachowania się badanych grup konsumentów. Natomiast drugie ograniczenie można przezwyciężyć poprzez użycie odpowiedniego pakietu symulacyjnego (np. AnyLogic, Swarm, NetLogo⁵⁴).

Autorki aktualnie opracowują procedurę badawczą łączącą metody symulacji wieloagentowej, badań ankietowych oraz teorię zbiorów przybliżonych, której celem jest opra-

⁵¹ Ch. North, M. Macal, J. St. Aubin, P. Thimmapuram, M. Bragen, J. Hahn, J. Karr, N. Brigham, M. E. Lacy, D. Hampton, *Multiscale Agent-Based Consumer Market Modeling*, „Complexity” 2010, Vol. 15, Issue 5, s. 37-47, dostępny w Internecie: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cplx.20304/pdf>.

⁵² W. Rand, R. T. Rust, *Agent-Based Modelling in Marketing: Guidelines for Rigor*, *op. cit.*

⁵³ W. Rand, R. T. Rust, *Agent-Based Modelling in Marketing: Guidelines for Rigor*, *op. cit.* oraz P. Twomey, R. Cadman, *Agent-based modelling of customer behaviour in the telecoms and media markets*, *op. cit.*

⁵⁴ Przegląd dostępnych pakietów do symulacji wieloagentowej zaprezentowano (w:) A. Łatuszyńska, *Analiza porównawcza oprogramowania do symulacji wieloagentowej*, „Studia Informatica” nr 27, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego” 2011, nr 643, s. 7-20.

cowanie wieloagentowego modelu zachowania konsumentów na rynku urządzeń elektrycznych.

Multi-Agent-Based Simulation in Examining Consumers' Behaviour

Summary

This article aims to identify opportunities and benefits resulting from using multi-agent-based simulation in investigations of consumers' behaviour. There is described the essence of the method and there are discussed the main directions of its applications and identified complementarities to other approaches, which are used in the analysed scientific area.

Key words: multi-agent-based simulation, consumer behaviour.

Многоагентное моделирование в изучении поведения потребителей

Резюме

Цель рассуждений – указать на возможности и выгоды применения многоагентного моделирования для изучения поведения потребителей путем приближения его сущности, обсуждения основных направлений применений и указать на комплементарность по отношению к другим подходам, применяемым в анализируемой области.

Ключевые слова: многоагентное моделирование, поведение потребителей.