

Andrzej Kmiecik

Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy

Filozoficzne aspekty komputerowych badań symulacyjnych w naukach społecznych

1. Geneza i aktualny stan badań

Idea badań symulacyjnych wywodzi się z prac Johanna von Neumanna (idea maszyny zdolnej do reprodukcji, nazwana później automatem komórkowym) i Stanisława Ulama (realizacja automatu komórkowego na papierze). Ideę tę udoskonalił później (1968) angielski matematyk John H. Conway w znanej „grze w życie” (*game of life*)¹. Nie było jednak jeszcze wtedy rozwiniętej technologii komputerowej, aby ideę takich badań urzeczywistnić².

Pierwotnie modelowano zachowania społeczne opierając się na modelach matematycznych składających się z układów różnego typu równań różniczkowych (cząstkowych jak i stochastycznych). Przykładem takich badań jest projekt zwany socjodynamiką. Jest to interdyscyplinarny projekt badawczy zrealizowany i rozwijany przez trzydzieści lat pod kierunkiem Wolfganga Weidlicha, profesora fizyki teoretycznej uniwersytetu w Stuttgarcie. Pojęciowo ten projekt mieści się w ogólnej teorii systemów. Ontologiczną podstawę socjodynamiki stanowi stratyfikacyjna ontologia Nicolai Hartmanna.

To podejście badawcze dostarcza pojęć, które służą projektowaniu modeli matematycznych dla ilościowo opisanych zjawisk społecznych. Jest ono interdyscyplinarne ponieważ używa pojęć tradycyjnie należących do różnych dyscyplin naukowych, jak: demografia, socjologia, politologia, ekonomia. Prócz tego

¹ W. Aspray, *John von Neumann and the Origins of Modern Computing*, The MIT Press. Cambridge, Massachusetts, London, England, 1990, s. 201. J. von Neumann, *Theory of Self-Reproducing Automata*, edited and completed by A.W. Burks, University of Illinois Press, Urbana, London 1966.

² Szczegółową historię początków badań symulacyjnych zob.: J. McLeod, *Advances in Simulation*, [w:] *Advances in Computers*, eds. F.L. Alt, M. Rubino, Academic Press, New York, London 1968 (9), s. 23-49.

odwołuje się do ogólnej teorii systemów, teorii układów dynamicznych³. Innym przykładem tego typu badań są prace Jamesa D. Murraya, obecnie emerytowanego profesora Oxfordu⁴.

Również swój udział w tworzeniu idei badań symulacyjnych w naukach społecznych mają Polacy: Klemens Szaniawski, Mieczysław Lubański, Jerzy Lechowski⁵ czy Janusz A. Hołyst wraz ze swoimi współpracownikami⁶.

Wraz z rozwojem technologii komputerowej pojawiło się duże zainteresowanie zastosowaniami w naukach społecznych modeli i metod opracowanych dla analizy układów fizycznych⁷. Pojawiły się odmienne, niż modelowane za pomocą układów równań różniczkowych, metody badań symulacyjnych. Co roku wzrasta liczba interdyscyplinarnych zespołów zajmujących się zagadnieniem symulacji zachowań społecznych. W Europie istnieje organizacja ESSA (*The European Social Simulation Association*) założona w 2003 r. i zrzeszającą badaczy symulacji zachowań społecznych, a internetowy periodyk JASSS (*The Journal of Artificial Societies and Social Simulations*) publikuje prace z tej dziedziny badań⁸. Sądząc po ilości publikacji największy udział w tych badaniach mają Niemcy, Austria, Włochy, Wielka Brytania, a poza Europą – USA, Brazylia, Indonezja.

W ostatnich latach łatwo można było zauważyć, że coraz więcej fizyków znajdowało zatrudnienie w bankach i innych instytucjach finansowych, na etatach specjalistów od modelowania dynamiki cen akcji, gry opcjami, określania wielkości ryzyka na giełdzie⁹. Czy rzeczywiście fizycy mają coś do zaproponowania ekonomistom i socjologom?

³ W. Weidlich, *Sociodynamics. A systematic Approach to Mathematical Modelling in the Social Sciences*, Harwood Academic Publishers, Amsterdam 2000. E. Ott, *Chaos w układach dynamicznych*, tł. S. Jankowski, WNT, Warszawa 1997.

⁴ J. D. Murray, *Wprowadzenie do biomatematyki*, tł. U. Borys, M. Bodnar, PWN, Poznań 2006. Zob. np. opis relacji drapieżnik – ofiara, s. 84. Strona domowa, zob. <http://www.amath.washington.edu/people/James.Murray/> (2012.05.20).

⁵ K. Szaniawski, *Problemy socjologii rozstrzygane przy użyciu metod matematycznych*, [w:] K. Szaniawski, *O nauce, rozumowaniu i wartościach. Pisma wybrane*, wybrał i opracował J. Woleński, wstępem opatrzyli S. Amsterdamski i J. Woleński, PWN, Warszawa 1994, s. 33-47. K. Szaniawski, *Uwagi o matematyzacji w socjologii*, tamże, s. 55-62. K. Szaniawski, *Modele matematyczne a rzeczywistość społeczna*, tamże, s. 63-67. M. Lubański, *Zagadnienia antropologiczne w aspekcie systemowo-informacyjnym*, *Roczniki Filozoficzne* 29 (1981), z. 3, s. 5-20. J. Lechowski, *Analiza możliwości modelowania elektrycznego przepływu informacji w organizmie człowieka*, „*Postępy cybernetyki*” 1983, z. 3, s. 18-38, oraz tamże 1987, z. 2, s. 31-66; J. Lechowski, *Pojęcia i oznaczenia wielkości przyjęte w metodzie modelowania charakterów ludzkich* M. Mazura, „*Postępy Cybernetyki*” 1987, z. 2, s. 41-52. J. Lechowski, *Szczęście jest dobrocią (Matematyczno-fizyczna interpretacja szczęścia)*, *Roczniki Filozoficzne* 39-40 (1991-1992), z. 3, s. 163-173.

⁶ Listę publikacji dostępnych on-line zob. <http://www.if.pw.edu.pl/~jholyst/econom.htm> (2012.05.20). Więcej informacji na temat badań tej grupy badawczej zob. <http://ptf.fuw.edu.pl/fens/> (2012.0520).

⁷ I. Białynicki-Birula, I. Białynicka-Birula, *Modelowanie rzeczywistości. Jak w komputerze przegląda się świat ?*, WNT, Warszawa 2007.

⁸ <http://www.essa.eu.org/>; <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/JASSS.html> (2011.05.20).

⁹ B. Basu, B. K. Chakrabarti, S. R. Chakravarty, K. Gangopadhyay (eds): *Econophysics and Economics of Games, Social Choices and Quantitative Techniques*, Springer-Verlag, Dordrecht – Heidelberg – London - New York 2010. Autorami prac są fizycy i ekonomiści pochodzący z różnych krajów.

Kryzys finansowy przełomu 2008/2009 postawił pod znakiem zapytania wartość poznawczą symulacji ekonomicznych. Uczestnicy konferencji zorganizowanej w lutym 2009 r. przez BRE Bank opowiedzieli się przeciwko nadmiernemu stosowaniu matematyki w ekonomii. Stwierdzono wówczas, że źródłem tego kryzysu była chciwość bankowców¹⁰. Ta diagnoza to wskazówka, że w badaniach symulacyjnych należy uwzględnić określoną filozoficzną koncepcję człowieka, a nie tylko koncepcję zaczerpniętą z psychologii społecznej. Pomijanie filozoficznej koncepcji człowieka może być jednym ze źródeł błędnych rezultatów badań symulacyjnych w naukach społecznych, ale również źródłem błędnych decyzji, czy przewidywań¹¹.

Dalsze wywody poświęcę w następującej kolejności, aspektowi metodologicznemu, epistemologicznemu, antropologicznemu i ontologicznemu symulacji zachowań społecznych.

2. Aspekt metodologiczny

Przede wszystkim zwróćmy uwagę na to, że są to badania o charakterze interdyscyplinarnym. W tych badaniach używa się ewolucyjnych i dynamicznych modeli, pojawia się w nich problem złożoności, problem wyłaniania się pewnych struktur, problem całości i reprezentacji. To jest główny powód posługiwania się symulacjami komputerowymi w naukach społecznych¹². Dlatego też te badania są prowadzone przez zespoły złożone ze specjalistów z różnych dziedzin.

Wprowadźmy teraz pewne ustalenia terminologiczne dotyczące modelu, symulacji, procesu stochastycznego i złożoności. Co to jest więc model? Jest to pojęcie niewątpliwie wieloznaczne¹³. Ale u podstaw wszelkiego rozumienia modeli i symulacji leży pojęcie podobieństwa. Ono jest podstawą tworzenia modeli, a potem symulacji. Ogólnie mówiąc, idąc za Mieczysławem Lubańskim, model to reprezentacja otaczającego świata w umyśle człowieka. Uszczegóławiając to rozumienie powiemy, że modelem może być system założeń, pojęć i zależności między nimi pozwalający opisać (zamodelować) w przybliżony sposób jakiś

¹⁰ Ch. Goodhart, *Kryzys finansowy i przyszłość systemu finansowego! The financial crisis and the future of the financial system*, „Zeszyty BRE Bank – CASE”, nr 100 (2009), http://www.case.com.pl/upload/publikacja_plik/27152003_100.pdf (2011.01.11); zob. stronę główną http://www.case.com.pl/strona--ID-strona_glowna,id_nowosc-23840698,nlang-19.html.

¹¹ Z pominięciem odwołania się do filozoficznej koncepcji człowieka mamy do czynienia np. w raporcie Foresight Polska 2020.

¹² R. Conte, N Gilbert, *Introduction: Computer simulation for social theory*, [w:] N. Gilbert, R. Conte (eds), *Artificial societies. The computer simulation of social life*, UCL Press, London 1995, s. 1-12.

¹³ W. Sztöff, *Modelowanie i filozofia*, przeł. S. Jędrzejewski, PWN, Warszawa 1966. T.I. Ören, *Modeling and Simulation: a Comprehensive and Integrative View*, [w:] L. Yilmaz, T. Ören (eds), *Agent-Directed Simulation and Systems Engineering*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim 2009, s. 12 (1-36). Autor podaje listę 80 pojęć, które są pokrewne znaczeniowo z symulacją.

aspekt rzeczywistości. Model tylko reprezentuje system oryginalny. Stan modelu przedstawia tylko stan oryginału. Działanie oryginału daje nam dopiero historia stanów modelu. I to jest właśnie symulacja. Symulacja to proces konstruowania historii stanów modelu, który jest uważany za odpowiednik historii stanów oryginału. Symulacja jest więc procesem, a nie przedmiotem.

Symulację należy odróżnić od badań symulacyjnych. Przez te ostatnie rozumie się stosowanie symulacji w dociekaniach naukowych, ale w literaturze zwykle nie zwraca się uwagi na to rozróżnienie. Trzeba też odróżnić symulację komputerową od modelowania komputerowego. Pojęcie symulacji jest szersze od pojęcia modelowania. Modelowanie mówi tylko tyle, że wszystkie aspekty danego fragmentu rzeczywistości mają swoją komputerową reprezentację. Natomiast w symulacji dochodzi jeszcze możliwość manipulacji zawartością zmiennych.

Ogólnie mówiąc, celem symulacji komputerowej jest przeprowadzenie kilkuset (czy nawet kilkuset tysięcy) eksperymentów polegających na zmianie wartości poszczególnych zmiennych, eksperymentów niemożliwych do przeprowadzenia w realnym świecie¹⁴.

Teraz przejdźmy do pojęcia procesu stochastycznego. Jest ono związane ze zjawiskami ewoluującymi w czasie. Procesy stochastyczne opisują układy losowe, w których rozkłady prawdopodobieństwa zmieniają się w czasie. Przykładem takiego procesu może być wędrówka pijaka do domu. Załóżmy, że idzie on po jednowymiarowej ścieżce, i że może dać jeden krok do przodu albo jeden krok wstecz. Wtedy prawdopodobieństwo tego, że może on zrobić w swojej wędrówce krok do przodu, zmienia się w czasie w miarę trzeźwienia¹⁵.

Procesy stochastyczne do fizyki weszły dzięki pracom Einsteina i Smoluchowskiego na temat ruchów Browna. Ale również odgrywają ważną rolę w badaniu problemów w dziedzinie biologii, nauk społecznych, teorii zarządzania, ekonomii. Czynnikiem, który to umożliwia jest to, że układy ekonomiczne i społeczne składają się zwykle z dużej liczby oddziaływujących na siebie elementów. Dlatego wprowadza się tu modele układów nieuporządkowanych, nieliniowe modele dynamiczne prowadzące do chaosu deterministycznego.

W naukach społecznych procesy stochastyczne stosuje się do opisu procesów formowania opinii publicznej, procesów migracji ludności, tworzenia się siedlisk, współzawodnictwo technologii, modelu ruchu strumienia przechodniów i strumienia samochodów.

Jako przykład zastosowania pojęcia procesów stochastycznych w ekonomii można podać teorię Blacka-Scholesa w inżynierii finansowej, nagrodzoną nagrodą Nobla w dziedzinie ekonomii w 1997 roku. Teoria ta pozwala na wycenę wartości

¹⁴ J. Banks (ed.), *Handbook of Simulation. Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice*, John Wiley & Sons, Inc., New York 1998.

¹⁵ D. Kannan, *An Introduction to Stochastic Processes*, North Holland, New York, Oxford 1979, s. 1-37. Jest to moja swobodna interpretacja przykładu zawartego w: C.V. Heer, *Statistical Mechanics, Kinetics Theory, and Stochastic Processes*, Academic Press, New York, London 1972, s. 74, 79.

tw. finansowych instrumentów pochodnych. Rezultaty tej teorii są obecnie podważane (ze względu na niemożliwość przewidzenia załamania rynku)¹⁶.

Trzecim pojęciem związanym z symulacjami komputerowymi jest pojęcie złożoności. Pojęcie to pojawiło się na gruncie badań strukturalistycznych. Te procesy są złożone, które zachodzą nieliniowo. Ich teoria to teoria złożoności, a filozofia – to filozofia systemów złożonych¹⁷. Pierwotnie w badaniach takich systemów korzystano z teorii równań różniczkowych, jak np. czynił to wspomniany W. Weidlich, twórca socjoniki. Ale wraz z pojawieniem się komputerów zaczęto konstruować sztuczne społeczności (*artificial societies*), złożone z agentów (*agents*), które rozwijały się w sztucznym środowisku. Tworzone sztuczne społeczności dotyczyły nie tylko społeczności ludzkich, pewnych aspektów ich zachowań, np. emocjonalnych, ale również kolonii mrówek, czy rojów pszczół¹⁸.

Wiedząc teraz, że w badaniach symulacyjnych mamy do czynienia z procesami, które są stochastyczne i złożone, i że ich badanie ma charakter interdyscyplinarny możemy pokusić się o pewną typologię tych badań.

2.1. Typy metod badania

Na podstawie przeglądu literatury dotyczącej tego tematu daje się zauważyć następujące podstawowe i najbardziej popularne typy badań symulacyjnych w naukach społecznych¹⁹:

- 1) modelowanie i symulacja oparte na równaniach różniczkowych,
- 2) modelowanie i symulacje agentowe (*ABS, Agent-Based Systems*),
- 3) modelowanie i symulacje oparte na algorytmach automatów komórkowych (*cellular automata*).

Oczywiście istnieją też inne podejścia, np. stosujące sztuczne sieci neuronowe, sieci boolowskie, algorytmy memetyczne (hybrydowe algorytmy ewolucyjne) czy też algorytmy będące połączeniem algorytmów genetycznych z algorytmami automatów komórkowych i inne²⁰. Ale – jak sądzę – pewne uwagi

¹⁶ A. Janicki, A. Izdorczyk, *Komputerowe metody w modelowaniu stochastycznym*, WNT, Warszawa 2001, s. 41.

¹⁷ J.S. Lansing, S.S. Downey, *Complexity and Anthropology*, [w:] C. Hooker (ed.), *Philosophy of Complex Systems*, Elsevier B.V., Oxford 2011, s. 569-601. P. Coveney, R. Highfield, *Granice złożoności. Poszukiwania porządku w chaotycznym świecie*, przedmową opatrzył B. Blumberg, przeł. P. Amsterdamski, Prószyński i S-ka, Warszawa 1997.

¹⁸ Zob. C. Castelfranchi, E. Werner (eds.), (1994), *Artificial Social Systems 4th European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World, MAAMAW '92, S. Martino al Cimino, Italy, July 29-31, 1992. Selected Papers*, Springer-Verlag, Heidelberg. F. L. Severance (2001), *System Modeling and Simulation. An Introduction*, John Wiley & Sons, Ltd.

¹⁹ O trudnościach dotyczących systematyki tych zob. N. David, M. Bruno Marietto, J. Simao Sichman, H. Coelho, *The Structure and Logic of Interdisciplinary Research in Agent-Based Social Simulation*, "Journal of Artificial Societies and Social Simulation", 2004, vol. 7, no. 3, <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/7/3/4.html>>. (2012.05.20).

²⁰ E. Alba, B. Dorronsoro, *Cellular Genetic Algorithms*, Springer Science + Business Media, LLC, 2008.

wypowiedziane pod adresem symulacji agentowych i symulacji z użyciem automatów komórkowych dotyczą też tych wymienionych tylko z nawy.

Modelowaniu za pomocą równań różniczkowych jest poświęcona rozległa literatura, sięgająca również filozofii matematyki, a ogólniej mówiąc – filozofii nauki. Jest ono związane również z pytaniem, dlaczego przyroda jest matematyczna²¹. Współcześnie to pytanie należy postawić w całym zakresie nauk realnych, a nie tylko przyrodniczych: dlaczego przyroda, jak i świat przedmiotów kultury odpowiadają na pytania postawione w języku matematyki? Pomijam to podejście ze względu na jego rozległość i ograniczę się tylko do podejścia drugiego i trzeciego.

2.2. Podejście agentowe

Powstanie symulacji agentowych jest związane z nazwiskiem informatyka Craiga Reynoldsa. Model ten rozwinęli później Joshua M. Epstein oraz Robert Axtell. Agent to autonomiczny program komputerowy, zdolny do niezależnego działania w środowisku, które jest dynamiczne i nieprzewidywalne. Podejście to jest związane z ontologią Arystotelesa, gdyż właśnie z inspiracji tą ontologią powstał paradygmat programowania obiektowego, będący podstawą dla tworzenia agentów. Posługuje się on pojęciem obiektu, wzorowanego na substancji. Natomiast agent jest właśnie obiektem uzupełnionym o dodatkową warstwę abstrakcji, umożliwiającą podejmowanie decyzji. Dlatego w projektowaniu agentów używa się również tzw. logiki BDI (*Believes, Desires, Intentions*), budowanej na systemach S4 lub S5 Lewisa²². Ale samo już modelowanie za pomocą agentów wymaga sięgnięcia do kognitywistyki, psychologii, antropologii²³.

W języku naturalnym taki agent, inaczej mówiąc bot, jest reprezentowany przez podmiot zdania orzeczeniowego, jak np. w zdaniu „Jan śpi”. Internetowym przykładem agentów mogą być „pająki” – skrypty pisane w języku Ruby, które wędrują w Internecie od serwera do serwera i zbierają informacje, przysyłając je następnie do właściciela tego skryptu.

Technologię badań agentowych (ABS) stosuje się obecnie w badaniach dynamiki rynku, zarządzania, relacje klient-instytucja, badanie złożonych systemów społeczno-ekonomicznych. Badacze stosujący technologie agentowe

²¹ Zob. np. A. Żuchowski, *Wybrane modele dynamiki zachowań obiektów, osobników i ich zespołów*, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 2005. R. Thom, *Parabole i katastrofy. Rozmowy o matematyce, nauce i filozofii z Giulio Giorella i Simoną Morini*, przeł. i przedmową opatrzył R. Duda, PIW, Warszawa 1991. E. Kącki, M. Woźniakowski, *Modelowanie analogowe, hybrydowe oraz cyfrowa symulacja maszyn analogowych*, PWN, Warszawa 1979.

²² B. Edmonds, *How Formal Logic Can Fail to Be Useful for Modelling or Designing MAS*, [w:] G. Lindemann, D. Moldt, M. Paolucci (eds.), *Regulated Agent-Based Social Systems. First International Workshop, RASTA 2002 Bologna, Italy, July 16, 2002. Revised Selected and Invited Papers*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2004, s. 1-15. A. Srbijinović, O. Škunca, *An Introduction to Agent Based Modelling and Simulation of Social Processes*, “Interdisciplinary Description of Complex Systems 1”, 2003, no. 1-2, s. 1-8.

²³ G. Trajkovski, *An Imitation-based Approach to Modeling Homogenous Agents Societies*, Idea Group Publishing, Hershey, London, Melbourne, Singapore 2006.

używają takich socjologicznych pojęć jak: negocjacja, interakcja, kontrakty, zgoda, organizacja, kohezja, porządek społeczny, współpraca²⁴. I tak jak w socjologii spotykamy wiele problemów metodologicznych związanych z badaniami ilościowymi, jakościowymi²⁵, tak również jest w przypadku badań symulacyjnych zachowań społecznych. Poniżej przedstawione problemy dotyczą szczególnie badań z użyciem systemów agentowych²⁶. Zwłaszcza chodzi tu o problemy dotyczące kalibracji systemu, wrażliwość analizy oraz o walidację symulacji. Problem kalibracji systemu dotyczy dobrania parametrów tak, aby model był maksymalnie zgodny z rzeczywistością. Z kolei wrażliwość analizy dotyczy metod różnicowania danych wejściowych modelu: jaka musi być różnica na wejściu systemu pomiędzy dwiema danymi, aby na jego wyjściu pojawiła się obserwowalna różnica? Szczególnie trudnym problemem jest walidacja (ogólna ważność) symulacji, gdyż chodzi tu o jej prawdziwość²⁷. Przez walidację rozumie się stopień podobieństwa (stopień homomorfizmu) zachodzącego pomiędzy dwoma systemami, z których jeden jest traktowany jako reprezentacja drugiego. Problem w tym, że we współczesnej literaturze nie ma precyzyjnej definicji ani jakiegóż szczególnej metodologii związanej z pojęciem walidacji. Jako przykład ilustrujący intuicje związane z testem walidacyjnym podaje się zwykle test Turinga dotyczący sztucznej inteligencji. Wymienia się również pięć typów ważności: 1) ważność teorii (*theory validity*) – ważność teorii ze względu na rzeczywistość; 2) ważność modelu (*model validity*) – ważność modelu ze względu na teorię; 3) ważność programu (*program validity*) – ważność programu symulującego ze względu na model; 4) ważność operacyjna (*operational validity*) – ważność pojęć teoretycznych ze względu na swoje wskaźniki; 5) ważność empiryczna (*empirical validity*) – ważność twierdzeń empirycznie prawdziwych ze względu na swoje wskaźniki. Tradycyjna teoria socjologiczna uwzględnia ważność teorii, ważność operacyjną i empiryczną, natomiast badania symulacyjne muszą uwzględnić je wszystkie.

Aby lepiej wyrazić ideę ogólnej ważności zestawmy ją z pojęciem dokładności. Przede wszystkim walidność i dokładność mają różną wartość rozstrzygania. Walidacja jest rozstrzyganiem typu tak/nie, natomiast dokładność jest mierzona w skali od zero do 100%. Model może być niedokładny, ale walidny ze względu na cel (np. w zarządzaniu model analizy SWOT). Oznacza to, że model może być

²⁴ F. López y López, M. Luck, *A Model of Normative Multi-agent Systems and Dynamic Relationships*, [w:] G. Lindemann, D. Moldt, M. Paolucci (eds.), *Regulated Agent-Based Social Systems*. First International Workshop, RASTA 2002 Bologna, Italy, July 16, 2002, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2004, s. 259-280.

²⁵ N.K. Denzin, I.S. Lincoln, *Wprowadzenie. Dziedzina i praktyka badań jakościowych*, przeł. K. Podemski, [w:] N.K. Denzin, I.S. Lincoln (red.), *Metody badań jakościowych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009, t. 1, s. 19-62.

²⁶ M. Richiardi, R. Leombruni, N. Saam, M. Sonnese, *A common protocol for agent-based social simulation*, "Journal of Artificial Societies and Social Simulation", 2006, vol. 9, no. 1, <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/9/1/15.html>>. (2012.05.20).

²⁷ G. Küppers, J. Lenhard, *Validation of Simulation: Patterns in the Social and Natural Sciences*, "Journal of Artificial Societies and Social Simulation", 2005, vol. 8, no. 4, <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/8/4/3.html>> (2012.05.20).

nadal użyteczny nawet wtedy, gdy jest niedokładny. Jest to związane z tym, że walidacja zakłada pewną strukturę przekonań występujących u badacza. Badacz wyznacza cel symulacji i walidacji, ale cel ten nie jest czymś arbitralnym, opiera się na łańcuchu przekonań. Dlatego mówi się, że walidacja nic nam nie mówi obiektywnego o rzeczywistości. W pierwszym rzędzie odnosi się ona do subiektywnej części symulacji, opartej na przekonaniach, do tego jak model powinien się zachowywać ze względu na cel. W walidacji nie chodzi zatem o związek z rzeczywistością w sensie korespondencyjnej teorii prawdy, która wiąże model z rzeczywistością²⁸.

2.3. Stosowanie algorytmu automatów komórkowych

Kolejne popularne podejście w badaniach symulacyjnych w naukach społecznych opiera się na algorytmach automatów komórkowych.

Mają one zastosowanie tam, gdzie istotny jest nieciągły charakter czasu i przestrzeni i gdzie istnieje ograniczona liczba stanów oddziałujących obiektów. Ten paradygmat jest związany z socjologiczną teorią wpływu społecznego Biba Latané'a, rozwijaną także przez fizyków. Podstawą tej teorii jest założenie istnienia pola wpływu społecznego, które jest tworzone dzięki wymianie informacji między członkami danej grupy społecznej. Ono jest odpowiedzialne za zmiany opinii każdego osobnika. Teoria ta wyjaśnia zjawisko grupowania się ludzi o podobnych poglądach, zjawisko polaryzacji społecznej, powstawanie dyktatury²⁹.

Co to jest automat komórkowy? Jest to obiekt matematyczny. Funkcjonuje on w społeczności innych komórek-automatów, umieszczonych na płaszczyźnie (albo w przestrzeni wielowymiarowej), podzielonej na trójkąty lub kwadraty czy też pola pięciokątne itd. Jest to tzw. teselacja płaszczyzny. Prosty modelem tego podziału mogą być szachy. Ewolucją układu komórek sterują ustalone wcześniej reguły rozwoju. A „umiejętności poznawcze” takiego układu ograniczają się do „spoglądania” w bezpośrednie otoczenie, czyli do sąsiednich komórek. Oddziaływanie lokalne komórek są zdolne doprowadzić do samoorganizacji w makroskali. Cechą tego podejścia jest założenie, że całe uniwersum jest obliczalne³⁰.

²⁸ A. Schmid, *What is the truth*, „Journal of Artificial Societies and Social Simulation”, 2005, vol. 8, no. 4, <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/8/4/5.html>> (2012.05.20).

²⁹ B. Latané, *The psychology of social impact*, „American Psychologist”, 1981, vol. 36, no 4, s. 343-356. B. Latané, J.H. Liu, A. Nowak, M. Bonevento and Long Zheng, *Distance Matters: Physical Space and Social Impact*, „Personality and Social Psychology Bulletin”, 1995, vol. 21, no 8, s. 795-805. B. Latané, *Dynamic Social Impact. Robust Predictions from Simple Theory*, [w:] R. Hegselmann, U. Mueller, K.G. Troitzsch (eds.), *Modelling and simulation in the social sciences from the philosophy of sciences point of view*, Dordrecht, Boston, New York, Kluwer Academic Publishers 1996, s. 287-310.

³⁰ T. Toffoli, *Cellular Automata Mechanics*, „Technical Report”, 1977, no 208, The University of Michigan. A.G. Hoekstra, J. Kroc, P.M.A. Slood, *Introduction to Modeling of Complex Systems Using Cellular Automata*, [w:] A.G. Hoekstra, J. Kroc, P.M.A. Slood (eds.), *Simulating Complex Systems by Cellular Automata*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010, s. 1-27.

Ze względu na swoją autonomię i lokalność działania automaty komórkowe w pewnej mierze przypominają swoim działaniem wieloprocesorowe, równoległe pracujące maszyny. Dane są zawarte w komórkach a ich zawartość zmienia się synchronicznie w każdym kroku. Stan komórki zależy tylko od stanu komórek sąsiednich z poprzedniej generacji. Najbardziej znanym współcześnie automatem komórkowym jest gra „życie” (*Game of life*), skonstruowana w 1968 r. przez amerykańskiego matematyka Johna Conwaya. Tworzone obecnie automaty komórkowe wykorzystuje się do symulowania działania praw przyrody, a właściwie mówiąc – emuluje się ich działania. Wystarczy tylko skonstruować zbiór reguł ustalających zależność zachowania się danej komórki od pozostałych a wyrażający działanie danego prawa³¹.

W naukach przyrodniczych wykorzystuje się je do symulacji zjawisk występujących w przyrodzie, jak np. przenikanie zanieczyszczeń przez glebę, przepływu lawy wulkanicznej³², rozwoju życia³³. Można je również wykorzystać do symulacji zachowań w społecznościach ludzi np. do badań nad współpracą³⁴, do określenia preferencji wyborczych. W takich badaniach można wykorzystać diagramy Woronia, zwane inaczej wielokątami sąsiedztwa, które są stosowane m.in. w archeologii, ekologii, ekonomii³⁵.

Wyżej wymienione obszary zastosowania automatów komórkowych mogą być podstawą do wykorzystania diagramów do symulacji zachowań etycznych czy religijnych. W takich badaniach trzeba wpiery ustalić reguły danych zachowań ludzkich a następnie przełożyć je na reguły zachowania się automatu³⁶.

Kończąc aspekt metodologiczny dotyczący symulacji zwróćmy jeszcze uwagę na ograniczenia związane z nimi. Przede wszystkim, istniejącym symulacjom brak jest powszechnie uznanych standardów metodologicznych. Poza tym, symulacje nie oświetlają badacza co do tego, jak ludzie oddziałują na siebie, jeśli

³¹ A. Stasiewicz, *C++*. *Calkiem inny świat*, Helion, Gliwice, brak daty wydania, s. 200. Zob. również stronę <http://www.generation5.org/> (2012.05.20). J.L. Schiff, *Cellular Automata. A Discrete View of the World*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey 2008, s. 93-95.

³² W. Spataro, D. D'Ambrosio, R. Rongo, G. A. Trunfio, *An Evolutionary Approach for Modelling Lava Flows Through Cellular Automata*, [w:] P.M.A. Soot, B. Chopard, A.G. Hoekstra (eds.), *Cellular Automata*. 6th International Conference on Cellular Automata for Research and Industry, ACRI 2004 Amsterdam, The Netherlands, October 25–27, 2004 Proceedings, Springer, Berlin, Heidelberg, New York 2004, s. 725-734.

³³ A. Adamatzky (ed.), *Game of Life Cellular Automata*, Springer, London–Dordrecht–Heidelberg–New York 2010. M. Komosiński, A. Adamatzky (eds.), *Artificial Life Models in Software*, Springer-Verlag Limited, Dordrecht, Heidelberg, London, New York 2009.

³⁴ L. Gulyás, T. Płatkowski, *On Evolutionary 3-Person Prisoner's Dilemma Games on 2-D Lattice*, [w:] P.M.A. Soot, B. Chopard, A.G. Hoekstra (eds.), *op. cit.*, s. 831-840.

³⁵ F.P. Preparata, M.I. Shamos, *Geometria obliczeniowa. Wprowadzenie*, przeł. T. Żmijewski, Helion, Gliwice 2003, s. 187-221. G. Woronoi był rosyjskim matematykiem na emigracji.

³⁶ A. Kmiecik, *Globalizacja w świetle dokumentów misyjnych Kościoła rzymsko-katolickiego. Próba określenia warunków dla symulacji komputerowej*, „*Studia Religioznawcze*”, 2007, 2 (224), s. 68-74.

nie zostało to zaprogramowane w modelu. Po prostu badacz musi to wiedzieć, musi wiedzieć co bada³⁷.

3. Aspekt epistemologiczny

Wiadomo, że poznanie ludzkie jest aspektowe. Ideałem jest uzyskanie w danym aspekcie poznania absolutnie wiernego. Niektórzy filozofowie podkreślają, że ten ideał jest osiągnięty drogą kolejnych przybliżeń, często korzystając z metody prób i błędów. W poznaniu naukowym często zamiast rzeczywistości bada się jej model i sprawdza się, na ile wnioski płynące z modelu są zgodne z rzeczywistością. Tworząc zatem ciąg coraz bardziej adekwatnych modeli dochodzi się do coraz wierniejszego odzwierciedlenia rzeczywistości. Mówi się również nie tylko o modelach naukowych, ale i modelu filozoficznym, którym są koncepcje filozoficzne leżące u podstawy teorii naukowych³⁸.

Aspekt ten dotyczy badania warunków, które sprawiają, że można traktować symulację, będącą historią stanów modelu, jako narzędzie badań³⁹. Jednak epistemologiczny status symulacji pozostaje niejasny. Dyskusje te toczą się na łamach JASSS oraz liście dyskusyjnej simsoc⁴⁰. Szczególnie ważna jest tu relacja symulacji do epistemologicznych pojęć jak prawda, rozum, uzasadnianie (*justification*), przekonanie (*belief*). Pojęcie prawdy, uzasadniania, przekonania to kluczowe pojęcia współczesnej epistemologii⁴¹. W związku z tym powstaje np. pytanie, jakie koncepcje prawdy są właściwie stosowalne do symulacji?

Chcąc zrozumieć epistemologiczny sens symulacji trzeba odnieść się do tych trzech podstawowych pojęć. Nie wystarczy praktykę i teorię symulacji umieścić w ramach filozofii nauki (teoria, eksperyment, pomiar, obserwacja jako elementy naukowej metody)⁴².

³⁷ C. Goldspink, *Methodological Implications of Complex Systems Approaches to Sociality: Simulation as a foundation for knowledge*, "Journal of Artificial Societies and Social Simulation", 2002, vol. 5, no. 1, <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/5/1/3.html>>. (2012.05.20). K.A. Richardson, *Methodological Implications of Complex Systems Approaches to Sociality: Some Further Remarks* "Journal of Artificial Societies and Social Simulation", 2002, vol. 5, no. 2, <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/5/2/6.html>>. (2012.05.20).

³⁸ M. Lubański, *Informacja – system*, [w:] M. Heller, M. Lubański, S.W. Ślaga (red.), *Zagadnienia filozoficzne współczesnej nauki. Wstęp do filozofii przyrody*, ATK, Warszawa 1982, s. 157-159. A.B. Stępień, *Aktualne spory a naturę i rolę poznania*, ZN KUL 21(1978), nr 1 (81), s. 34-39.

³⁹ J. Becker, B. Niehaves, K. Klöse, *A Framework for Epistemological Perspectives on Simulation*, "Journal of Artificial Societies and Social Simulation", 2005, vol. 8, no. 4 <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/8/4/1.html>> (2012.05.206).

⁴⁰ <https://www.jiscmail.ac.uk/cgi-bin/webadmin?A0=SIMSOC> (2012.05.20).

⁴¹ R. Audi, *Epistemology. A Contemporary Introduction to the Theory of Knowledge*, Routledge, London, New York 1998, s. 213-247.

⁴² A. Schmid, *What is truth of simulation?*, "Journal of Artificial Societies and Social Simulation", 2005, vol. 8, no. 4 <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/8/4/5.html>> (2012.05.206).

Zwróćmy uwagę przede wszystkim na koncepcje prawdy, zwłaszcza korespondencyjną⁴³. Trzeba je odnieść do praktyki symulacji, metodologii, walidacji. Dlaczego właśnie należy zwrócić uwagę na korespondencyjną koncepcję prawdy? Bo każdy, kto się zajmuje tworzeniem modelu, symulacji, jeśli mają one być stosowalne do rzeczywistości, to musi odnieść się jakoś do rzeczy będącej „na zewnątrz” symulacji, na zewnątrz modelu. W przeciwnym razie, jeśli symulacja nie ma do czynienia z prawdą, to mamy grę video, a ta na pewno nie dostarcza wiedzy naukowej.

Każda teoria prawdy jest związana z jakąś perspektywą filozoficzną. Przyjmując więc korespondencyjną teorię prawdy odnosimy się w jakiś sposób do naukowego realizmu, obok fundacjonalizmu, instrumentalizmu czy falsyfikacjonizmu⁴⁴. Przyjmując w konsekwencji naukowy realizm musimy stwierdzić, że zachodzi jakiś obiektywny związek pomiędzy symulacją a istniejącymi rzeczami. Czy można zatem mówić – w tym kontekście – o prawdziwości symulacji? W literaturze spotkamy następującą jej definicję⁴⁵: „symulacja jest prawdziwa wttw, gdy odpowiada pewnym faktom w rzeczywistości”. Ale ta definicja rodzi pytania, chociażby takie, które wiąże się z „wyobrażalnością” symulacji. Z takim przypadkiem mamy do czynienia w symulacjach kosmologicznych, gdy wartości parametrów użytych w symulacji nie występują w przyrodzie. Poza tym, jeśli mówimy o zgodności symulacji z rzeczywistością, to pojawia się pytanie: czym jest rzeczywistość?

4. Aspekt antropologiczny

Ten aspekt symulacji jest związany z przyjmowaną w niej koncepcją człowieka. Zagadnienie to było już podejmowane w polskiej literaturze⁴⁶. Aktualnie istnieje kilkadziesiąt systemów (czyli architektur) reprezentacji ludzkiego zachowania⁴⁷. Emocje, osobowość są istotne w ludzkiej aktywności. W symulacji agent musi je rozpoznać i w stosunku do nich odpowiednio się społecznie zachować⁴⁸, a ko-

⁴³ Historię tej koncepcji zob. C.P. Long, *Aristotle on the Nature of Truth*, Cambridge University Press, New York 2011, s. 21-48.

⁴⁴ L. BonJour, *Epistemology. Classic Problems and Contemporary Responses*, Rowman & Littlefield Publishers, Inc., Lanham, Boulder, New York, Toronto, Plymouth (UK) 2010, s. 177-202.

⁴⁵ A. Schmid, *op. cit.*, punkt 3.5.

⁴⁶ Zob. M. Lubański, *Zagadnienie antropologiczne w aspekcie systemowo-informacyjnym*, „Roczniki Filozoficzne”, 29 (1981), z. 3, s. 5-20.

⁴⁷ K.A. Gluck, R.W. Pew, M.J. Young, *Background, Structure, and Preview of the Model Comparison*, [w:] K.A. Gluck, R.W. Pew (eds.), *Modeling Human Behavior with Integrated Cognitive Architectures. Comparison, Evaluation, and Validation*, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Mahwah, New Jersey London 2005, s. 3-12. Wspomniana lista jest na s. 5.

⁴⁸ E. Hudlicka, *Increasing SIA Architecture Realism by Modeling and Adapting to Affect and Personality*, [w:] K. Dautenhahn, A.H. Bond, L. Cañamero, B. Edmonds (eds.), *Socially Intelligent Agents. Creating Relationships with Computers and Robots*, Kluwer Academic Publishers, Boston, Dordrecht, London 2002, s. 53-60.

mórka musi je mieć zaimplementowane w postaci odpowiednich reguł. Jak się wydaje, w symulacjach zapomina się o pewnych cechach natury ludzkiej, które można określić wspólnym mianem kondycji ludzkiej. Można ją wyrazić w postaci następujących twierdzeń: 1) człowiek jest za słaby ontologicznie, aby stanowić prawa moralne; 2) natura ludzka jest niezmienna; 3) każdy człowiek doświadcza przygodności bytowej, stąd płynie konieczność zawierzenia (zaufanie) i tendencja do umacniania siebie w bycie. Nie zależy też zapominać tu o „wtórności” bytowej społeczeństwa względem tworzących je jednostek.

Te trzy twierdzenia dają się przełożyć na reguły automatu komórkowego. Można to pokazać na przykładzie „Gry w życie” J.H. Conwaya. W pierwszym przypadku, komórka jako reprezentant człowieka, nie ustala reguł życia i śmierci, według których komputer zlicza sąsiadów i wstawia lub usuwa pionki. W drugim przypadku mamy do czynienia z niezmiennością „natury” komórki. Chyba że używając algorytmów genetycznych pozwolimy na jej ewolucję. Wtedy pojęcie automatu komórkowego staje się bardzo złożone. Byłoby to podobne do próby gry w szachy, gdy pionki mogą się zmieniać w pewnych okolicznościach w figury i odwrotnie. Trzecie twierdzenie jest respektowane w ten sposób, że dana komórka jest zależna od innych komórek na różne sposoby.

Tezy te powinny być respektowane w symulacji zachowań ludzkich ze względu na problem prawdziwości symulacji. Oczywiście, można je modyfikować dla potrzeb symulacji wprowadzając prawdopodobieństwo „przestrzegania” tych reguł przez losowo wybrane komórki lub komórki spełniające jakieś inne warunki.

Do tych tez, które można potraktować jako aksjomaty, można dodać aksjomat o myśleniu przyczynowo-skutkowym, który powinien być przełożony na odpowiednie reguły zachowań jakiejś komórki. W ten sposób aksjomaty te tworzą model filozoficzny leżący u podstawy symulacji. Jeśli prześledzimy *Reguły Kartezjusza*⁴⁹, to może się okazać, że również i one mogą być podstawą filozoficzną dla symulacji za pomocą automatów komórkowych.

5. Aspekt ontologiczny

Na koniec zwróćmy uwagę na założenia ontologiczne związane z symulacjami. Tak jak język niesie z sobą perspektywę ontologiczną, tak też jest w przypadku używanych tu narzędzi. Wyżej powiedzieliśmy, że technologie agentowe są – poprzez paradygmat programowania obiektowego – związane z ontologią substancjalistyczną. Dlatego „zachowania” agentów można upodobnić do zachowań ludzi-substancji.

⁴⁹ A. Dumitriu, *History of Logic*, Abacus Press, Tunbridge Wells, Kent 1977, t. 3. s. 35. R. Descartes, *Reguły kierowania umysłem. Poszukiwanie prawdy poprzez światło naturalne*, przełożył, wstępem i przypisami opatrzył L. Chmaj, Wyd. „Antyk”, Kęty 2002.

Z kolei aspekt ontologiczny dotyczący automatów komórkowych jest związany z pojęciem formy i wzorca oraz rozwoju. Są to pojęcia występujące w ontologii Platona i mają one szczególne znaczenie w symulacjach w dziedzinie biologii⁵⁰.

Przedstawione tu cztery aspekty wskazują na pewną przydatność filozofii w tworzeniu modeli wykorzystywanych w symulacji. Przydatne są więc analizy jakie prowadzili egzystencjaliści, dialogiści, itp. Pomagają one ustalić reguły zachowań, np. dla agentów posiadających „zmysł” moralny w dylemacie więźnia, czy reguły działania dla automatu komórkowego.

Andrzej Kmiecik

Philosophical Aspects of Computer Research Simulation in Social Sciences

Abstract

In this article I will try to describe four philosophical aspects of the computer simulation of social behavior. These aspects are the following: methodological, concerning mainly agent based systems and cellular automata systems, epistemological, anthropological and ontological. In conclusion we can state that philosophical analyses of human existence are valuable for making models of human behavior.

Keywords: cellular automata systems, agent-based systems, social simulation.

⁵⁰ A. Deutsch, S. Dorman, *Cellular Automaton. Modeling of Biological Pattern Formation. Characterization, Application and Analysis*, Birkhäuser, Boston, Basel, Berlin 2005, s. 5.