



DOI: 10.18276/sip.2016.44/3-03

Małgorzata Łatuszyńska*

Uniwersytet Szczeciński

SYMULACJA KOMPUTEROWA ZAMIAST TRADYCYJNEGO EKSPERYMENTU EKONOMICZNEGO

Streszczenie

Chociaż liczba eksperymentów realizowanych przez ekonomistów rośnie z każdym rokiem i metoda eksperymentalna weszła na stałe do metodologii nauk ekonomicznych, nie jest możliwe przeprowadzanie doświadczeń na całej gospodarce, a wielu zjawisk ekonomicznych nie można poddawać manipulacji eksperymentalnej z różnych względów – praktycznych, etycznych czy technologicznych. W takich przypadkach symulacja komputerowa może wspomóc ekonomię w osiągnięciu statusu pełnoprawnej nauki eksperymentalnej. Ale czy wartość epistemologiczna symulacji komputerowej dorównuje wartości poznawczej tradycyjnego eksperymentu ekonomicznego? Celem artykułu jest próba odpowiedzi na to pytanie.

Słowa kluczowe: symulacja komputerowa, ekonomia eksperymentalna

Wprowadzenie

Chociaż liczba eksperymentów realizowanych przez ekonomistów rośnie z każdym rokiem i metoda eksperymentalna weszła na stałe do metodologii nauk ekonomicznych, nie jest możliwe przeprowadzanie doświadczeń na całej gospodar-

* Adres e-mail: mlat@wneiz.pl.

ce, a wiele zjawisk ekonomicznych nie można poddawać manipulacji eksperymentalnej z różnych względów – praktycznych, etycznych czy technologicznych (Reiss, 2011, s. 243–244). W takich przypadkach symulacja komputerowa może wspomóc ekonomię w osiągnięciu statusu pełnoprawnej nauki eksperymentalnej między innymi dzięki (Łatuszyńska, 2015):

- a) użyciu modeli symulacyjnych do generowania danych potrzebnych do podejmowania decyzji przez uczestników eksperymentu ekonomicznego i/lub do wyznaczania efektów ich działań;
- b) korzystaniu z gotowych ekonomicznych gier symulacyjnych w trakcie eksperymentu;
- c) realizowaniu eksperymentu ekonomicznego za pomocą interaktywnego, wirtualnego środowiska symulacyjnego, tak zwanego świata wirtualnego.

W wielu przypadkach symulacja komputerowa może nawet zastąpić tradycyjny eksperyment, gdyż struktura metodologiczna symulacji jest podobna do eksperymentalnej (Hughes, 1999; Norton, Suppe, 2000), a jej epistemologia zbliżona do epistemologii eksperymentów (Peck, 2004; Grimm, Railsback, 2005, rozdz. 9; Korb, Mascaro, 2009; Reiss, 2011). Ale czy wartość epistemologiczna symulacji komputerowej dorównuje wartości poznawczej tradycyjnego eksperymentu ekonomicznego? Celem artykułu jest próba odpowiedzi na to pytanie.

1. Metoda eksperymentalna w ekonomii

Metoda eksperymentalna jest metodą uzyskiwania wiedzy naukowej przez dokonywanie zabiegów badawczych zwanych eksperymentami lub doświadczeniami, polegających na celowym wywołaniu określonego zjawiska lub działania obiektu/systemu w warunkach stworzonych przez eksperymentatora, a następnie badaniu jego przebiegu i cech (por. Stachak, 1997, s. 146).

Ekonomia przez lata była uważana za naukę, w której zastosowanie metody eksperymentalnej nie jest możliwe – podobnie jednak sądzono o wielu dziedzinach, których obecnie nie wyobrażamy sobie bez eksperymentów (Krawczyk, 2012). Pierwsze eksperymenty w ekonomii, dotyczące indywidualnych wyborów, przeprowadzono w latach trzydziestych XX wieku. Pionierem w tym zakresie był Thurstone (1931). Następnie pojawiły się badania eksperymentalne Chamberlina (1948) nad równowagą rynkową, a od roku 1950 zaczęto eksperymentować w Princeton

w zakresie teorii gier. Głównymi przedstawicielami tego nurtu byli: Nash, Milnor, Shubik i Shapley (Friedman, Cassar, 2004). Kolejnym ważnym krokiem w rozwoju ekonomii eksperymentalnej była konferencja RAND w Santa Monica (w 1952 r.), na której spotkali się badacze z zakresu teorii gier, psychologowie, cybernetycy oraz matematycy (Flood, 1952). Publikacja pokonferencyjna zawierała pięć referatów opisujących eksperymenty dotyczące gier lub indywidualnych wyborów. W tym samym czasie Allais (1953) opublikował wyniki badania eksperymentalnego podważające teorię oczekiwanej użyteczności. Inną ważną osobistością w ekonomii eksperymentalnej stał się Selten (1959), który na początku swojej kariery naukowej w Niemczech uruchomił długoterminowy eksperymentalny program badawczy w zakresie teorii oligopolu inspirowany częściowo przez publikacje RAND.

Znaczne przyspieszenie rozwoju ekonomii eksperymentalnej nastąpiło w latach sześćdziesiątych XX wieku. Właśnie wtedy Siegel i Fouraker (1960) przeprowadzili eksperymenty w zakresie negocjacji. Potem ukazała się praca Smitha (1962) przedstawiająca wyniki eksperymentu zrealizowanego na podstawie pomysłu Chamberlina. Inni badacze prowadzący eksperymenty ekonomiczne w latach sześćdziesiątych to między innymi Friedman oraz Hoggatt, a także Battalio i Kagel (Friedman, Cassar, 2004).

W latach siedemdziesiątych zeszłego stulecia z wielu różnych badań i podejść w ekonomii eksperymentalnej zaczęła się wyłaniać wspólna metodologia. W tym samym okresie w Stanach Zjednoczonych powstały pierwsze laboratoria zajmujące się ekonomią eksperymentalną. W latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych nastąpił znaczny rozwój programu badań ekonomii eksperymentalnej i zaczął się zaznaczać coraz większy jej wpływ na inne dyscypliny nauk społecznych (Guala, 2010). Punktem kulminacyjnym było przyznanie w 2002 roku Nagrody Nobla dla Smitha i Kahnemana.

W literaturze przedmiotu opisuje się wiele rodzajów i typów eksperymentów, jakie mogą być realizowane na gruncie nauk ekonomicznych i nie tylko (np. Harrison, List, 2004; Kopczewski, Malawski, 2007; Babbie, 2013). Interesującą typologię eksperymentów zaprezentowaną w tabeli 1 przedstawia Vallverdú (2014).

Tabela 1. Typy eksperymentów

Eksperyment	materialny	rzeczywisty (naturalny)	<i>in vivo</i>
		laboratoryjny (sztuczny)	<i>in vitro</i>
	niematerialny	myślowy (niem. <i>gedankenexperiment</i>)	<i>in mente</i>
		obliczeniowy	<i>in silico</i>
			<i>in virtuo</i>
	hybrydowy	obliczeniowo-materialny	<i>in mixtura</i>

Źródło: Vallverdú (2014), s. 7.

Tradycyjnym typem eksperymentów są eksperymenty materialne, do których zaliczamy eksperymenty rzeczywiste oraz laboratoryjne. Eksperymenty rzeczywiste są przeprowadzane w naturze (*in vivo*). Przykładem takiego eksperymentu ekonomicznego, jak podaje Apanowicz (1997, s. 37), może być badanie popytu na rynku kapitałowym światowym, krajowym lub w wymiarze lokalnym (miejscowym) albo też notowań walut w określonych sytuacjach gospodarczych. Niestety tego typu eksperymenty mają ograniczone zastosowanie, gdyż nie można w sposób dowolny zmieniać sytuacji gospodarczej – trzeba czekać, aż zmieni się w sposób naturalny.

Bardziej popularnym w naukach ekonomicznych typem eksperymentu jest eksperyment laboratoryjny (*in vitro*), który jest realizowany w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych. Nie czeka się tu, aż jakieś zjawisko wystąpi w sposób naturalny, lecz wywołuje się je na żądanie. Eksperymenty ekonomiczne tego rodzaju polegają na podejmowaniu przez osoby badane decyzji o charakterze ekonomicznym w sytuacjach kontrolowanych. Na zakończenie sesji eksperymentalnej z reguły wypłaca się jej uczestnikom sumy pieniężne – tym większe, im więcej „zarobili” podczas eksperymentu, a więc im lepsze decyzje podejmowali. Ten element odróżnia większość eksperymentów ekonomicznych od badań psychologicznych. Jego zadaniem jest stworzenie uczestnikom motywacji do podejmowania jak najlepszych ich zdaniem decyzji i poważnego traktowania badania. Ma on także upodobnić sytuację eksperymentalną do rzeczywistej, w której podjęte decyzje mają konkretne skutki finansowe (Kopczewski, Malawski, 2007). Przegląd licznych zastosowań eksperymentów laboratoryjnych w ekonomii jest przedstawiony w publikacji Duffy’ego (2014).

Omówione dwa rodzaje eksperymentów są związane z materialnymi doświadczeniami, ale eksperymenty mogą być również niematerialne. W tej kategorii znajdują się eksperymenty myślowe (*in mente*), zazwyczaj realizowane w ramach filozofii i nauk matematycznych, ale także w innych dyscyplinach, w tym w ekonomii. Przykłady zastosowań ekonomicznych można znaleźć między innymi w publikacji (Krugman, Wells, 2009).

Następny typ eksperymentu niematerialnego to eksperyment obliczeniowy oparty na symulacji komputerowej – z wcześniej ustalonym i stałym przebiegiem (*in silico*) lub z możliwością wprowadzania zakłóceń do uruchomionego modelu (*in virtuo*). W literaturze ekonomicznej można znaleźć wiele przykładów eksperymentów obliczeniowych nazywanych również eksperymentami numerycznymi, symulacyjnymi lub komputerowymi (zob. Vallverdú, 2014, s. 7; Parker, 2009), przykładowo w publikacjach (Duffy, 2001; Tesfatsion, 2002; van Dinther, 2008; Heckbert, 2009).

Ostatni typ eksperymentów to eksperymenty hybrydowe będące połączeniem eksperymentów materialnych i niematerialnych. Przykładem takich eksperymentów mogą być eksperymenty prowadzone z wykorzystaniem ekonomicznych gier symulacyjnych stanowiących pewien układ, którego podstawowym elementem jest model rzeczywistości (model symulacyjny) wprawiany w ruch decyzjami uczestników gry. Szerzej na temat możliwości użycia takich gier w ekonomii eksperymentalnej w (Łatuszyńska, 2015).

2. Symulacja komputerowa w ekonomii

W 1967 roku Naylor, Burdick i Sasser (1967, s. 1316) zdefiniowali symulację komputerową jako technikę numeryczną do prowadzenia eksperymentów na niektórych typach modeli matematycznych i logicznych opisujących zachowanie się systemu ekonomicznego na maszynie cyfrowej w dłuższym okresie czasu. Wskazali również, że zasadniczą różnicą między eksperymentem symulacyjnym a tradycyjnym jest to, że eksperyment symulacyjny jest przeprowadzany na modelu systemu gospodarczego, a nie na rzeczywistym systemie. Ta definicja jest zbieżna z podawanymi w literaturze współczesnej.

Metody symulacji komputerowej są rozwijane od wczesnych lat sześćdziesiątych ubiegłego stulecia. Pionierem w ich zastosowaniu w naukach ekonomicznych był March i jego współpracownicy (Cyert, March, 1963; Cohen, March, Olsen, 1972).

Tabela 2. Ogólna charakterystyka własności wybranych metod symulacji komputerowej

Zorientowana na badanie systemu jako całości, skupia się na modelowaniu wielkości zagregowanych	Zorientowana na badanie procesów, skupia się na modelowaniu systemu w szczegółach	Zorientowana na badanie obiektów jednostkowych (tzw. agentów); skupia się na modelowaniu agentów i interakcji między nimi
Elementy systemu jednorodne; przyjmowanie założenia o podobieństwie cech elementów; uśrednianie wartości	Niejednorodne elementy	Niejednorodne obiekty (agenty)
Brak reprezentacji na poziomie mikro	Elementy na poziomie mikro są obiektami pasywnymi przepływającymi przez system w odzwierciedlanym procesie (nie przypisuje się im inteligencji ani możliwości decyzyjnych)	Obiekty na poziomie mikro są aktywnymi agentami, które współdziałają między sobą i z otoczeniem oraz podejmują autonomiczne decyzje
Odzwierciedlanie dynamicznego zachowania poprzez pętle sprzężeń zwrotnych	Odzwierciedlanie dynamicznego zachowania poprzez zdarzenia	Odzwierciedlanie dynamicznego zachowania poprzez decyzje i interakcje agentów
Formalizacja matematyczna oparta na koncepcji „poziom-strumień”	Formalizacja matematyczna oparta na koncepcji „zdarzenie-działanie-proces”	Formalizacja matematyczna oparta na koncepcji „agent-śro-dowisko”
Użycie funkcji ciągłych lub quasi-ciągłych w opisie zjawiska upływu czasu	Użycie funkcji dyskretnych w opisie zjawiska upływu czasu	Użycie funkcji dyskretnych w opisie zjawiska upływu czasu
Eksperymentowanie poprzez zmiany w strukturze systemu	Eksperymentowanie poprzez zmiany struktury procesu	Eksperymentowanie poprzez zmiany reguł zachowania agentów (wewnętrzne/zewnętrzne reguły) i struktury systemu
Struktura systemu jest stała	Proces jest stały	Struktura systemu nie jest stała

Źródło: opracowanie na podstawie: Behdani (2012).

Wczesne prace badawcze w tym zakresie odegrały dużą rolę w rozwoju teorii organizacji (Lomi, Larsen, 1996), jednak w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku metody symulacyjne znalazły się poza głównym nurtem nauk ekonomicznych (Harrison i in., 2007). Co prawda w latach osiemdziesiątych opublikowano kilka opracowań dotyczących zastosowań symulacji w wiodących czasopismach (Burton, Obe, 1980; Malone, 1986; Masuch, LaPotin, 1989; Padgett, 1980) oraz

monografiach (np. Nelson, Winter, 1982) ale bez zauważalnej regularności aż do lat dziewięćdziesiątych. Dopiero od tego czasu obserwuje się znaczny wzrost zainteresowania symulacją w naukach ekonomicznych, o czym świadczy stale wzrastająca liczba publikacji przedstawiających wyniki badań uzyskanych z wykorzystaniem jej metod (Fontana, 2006; Harrison, 2007). Szukając frazy *symulacja komputerowa* w bazach danych najlepszych czasopism, uzyskuje się rosnącą z roku na rok liczbę trafień (Vallverdú, 2014).

Zgodnie z literaturą (np. Behdani, 2012; Borshchev, 2013, s. 37) w odniesieniu do problemów ekonomicznych najczęściej wykorzystuje się trzy metody symulacji komputerowej, dla których stworzono specjalistyczne narzędzia komputerowe i języki symulacyjne:

- metodę dynamiki systemowej¹,
- symulację zdarzeń dyskretnych²,
- symulację wieloagentową³.

Szczegółowe przedstawienie właściwości każdej z wymienionych metod symulacyjnych jest poza zakresem tego artykułu, ale w tabeli 2 zestawiono syntetycznie najważniejsze ich cechy (ze wskazaniem różnic oraz podobieństw).

3. Symulacja komputerowa a eksperyment

Obserwując najnowsze trendy, można stwierdzić, że symulacja komputerowa staje się coraz bardziej istotnym elementem dzisiejszych badań naukowych. Widoczna jest również tendencja polegająca na zacieraniu się granic pomiędzy eksperymentem tradycyjnym a symulacją komputerową (Parke, 2014), co zauważają filozofowie nauki, poświęcając coraz większą uwagę zarówno eksperymentom (np. Hacking, 1983; Franklin, 1990; Radder, 2003; Weber, 2004), jak i symulacji (np. Humphreys, 2004; Winsberg, 2010, Weisberg, 2013), a także ich metodologicznym oraz epistemologicznym różnicom i podobieństwom (np. Barberousse, Franceschelli, Imbert, 2008; Guala, 2002; Morgan, 2003, 2005; Peck, 2004; Grossklags, 2007; Morrison, 2009; Parker, 2009; Winsberg; 2009; Grüne-Yanoff, Weirich; 2011; Peschard, 2012; Vallverdú, 2014; Roush, 2015). Niektórzy z nich

¹ Szerzej na temat podstaw metodycznych tej metody w (Łatuszyńska, 2008).

² Więcej na temat symulacji zdarzeń dyskretnych w (Banks, Carson, Nelson, Nicol, 2005).

³ O symulacji wieloagentowej m.in. w (North, Macal, 2007; Łatuszyńska, 2010).

pytają, czy symulacja komputerowa może być uważana za eksperyment, podczas gdy inni widzą symulację komputerową jako zastępczą w stosunku do eksperymentów naukowych.

Wielu filozofów nauki zwraca uwagę, że pomimo niezaprzeczalnego związku symulacji komputerowej z eksperymentami występują między nimi istotne różnice (Grüne-Yanoff, Weirich, 2011). Najbardziej podstawową, sygnalizowaną we wspomnianej definicji Naylora i in. (1967, s. 1316), jest różnica w relacjach podobieństwa eksperymentów i symulacji w odniesieniu do rzeczywistych systemów będących przedmiotem badania (zwanymi systemami docelowymi). Zwracają na nią uwagę także Gilbert i Troitzsch (1999), mówiąc, że w tradycyjnym eksperymencie kontroluje się rzeczywiste obiekty, natomiast w symulacji model, a nie sam obiekt. Rozwijając myśl Simona (1969), Guala (2005, s. 214–215) odnosi się do podobnego problemu, wskazując, że w tradycyjnym eksperymencie mamy do czynienia z takimi samymi materialnymi przyczynami, jakie występują w systemie rzeczywistym, podczas gdy w symulacji nie, a relacja między modelem symulacyjnym (który nie jest materialny) i systemem docelowym jest tylko abstrakcyjna i formalna.

Według Parker (2009) kryterium rozróżniającym symulację komputerową i eksperymenty tradycyjne nie może być tożsamość „materiału” używanego w różnych systemach. Symulacja jest rodzajem reprezentacji opisującej sekwencję czasową stanów, podczas gdy eksperyment jest rodzajem działalności badawczej polegającej na wprowadzaniu interwencji do systemu eksperymentalnego. Choć symulacja komputerowa *per se* może nie jest eksperymentem, badania symulacyjne tak, ponieważ również dokonuje się podczas nich interwencji w celu zbadania, jak analizowane właściwości systemu zmieniają się w związku z tą interwencją. System eksperymentalny podlegający bezpośredniej interwencji w trakcie badań symulacyjnych jest materialnym/fizycznym systemem, a mianowicie komputerem z oprogramowaniem, zatem eksperymenty komputerowe są materialnymi eksperymentami w dosłownym sensie.

Morgan (2002, 2003), zgadzając się z poglądem, że wiele badań symulacyjnych można zakwalifikować jako eksperymenty materialne, zwraca jednak uwagę na ich „stopień materialności” (Morgan, 2003, s. 231) powodujący, że eksperymenty tradycyjne mają większą wartość poznawczą w stosunku do symulacji komputerowej. Z tym poglądem polemizuje Parker (2009), twierdząc, że nawet jeśli docelowy i eksperymentalny system wykonane są z tych samych materiałów, nie zawsze są

one podobne we wszystkich istotnych aspektach, a tym samym wnioski dotyczące systemu docelowego mogą być nieuzasadnione. W niektórych przypadkach naukowcy mogą mieć powody, by sądzić, że wyniki eksperymentu komputerowego z większym prawdopodobieństwem zapewniają pożądane informacje na temat systemu docelowego niż wyniki tradycyjnego eksperymentu, w którym układy eksperymentalny i docelowy są wykonane z tych samych materiałów.

Podobne zdanie wyraża Reiss (2011), potwierdzając co prawda, że systemy, za pomocą których realizowana jest symulacja komputerowa, różnią się w bardziej lub mniej istotny sposób od systemów, w jakich prowadzi się tradycyjne eksperymenty laboratoryjne, ale ta różnica nie dostarcza powodu przeciwko traktowaniu wyników symulacji jako wartościowych. Wartość symulacji zależy bowiem od tego, czy wnioskowanie przeprowadzone na podstawie wyników eksperymentu symulacyjnego, dotyczące poprawności formalnej modelu (weryfikacja – walidacja wewnętrzna) oraz relacji do system docelowego (walidacja zewnętrzna), zostało dostatecznie dobrze uzasadnione. Wartości epistemologicznej symulacji komputerowej również broni Winsberg (2009), stwierdzając, że uzasadnienie eksperymentu symulacyjnego opiera się na naszym zaufaniu do wiedzy, na podstawie której został zbudowany model symulacyjny. Winsberg zaprzecza opinii Morgan, jakoby eksperymenty tradycyjne miały większą wartość poznawczą niż symulacja, ale podkreśla, że wiedza potrzebna do zrealizowania dobrej symulacji różni się od wiedzy potrzebnej do przeprowadzenia dobrego eksperymentu. Podobnie sądzi Parke (2014), konkludując, że różnice między eksperymentem i symulacją nie powinny być podstawą osądów na temat mocy epistemologicznej.

W literaturze przedmiotu wyrażany jest także dość często pogląd, że eksperymenty symulacyjne mają wręcz przewagę nad eksperymentami laboratoryjnymi (np. Humphreys, 2004, s. 115; Reiss, 2011, s. 244). Z jednej strony symulacja komputerowa pozwala na zbadanie większej klasy ekonomicznych zjawisk empirycznych, ponieważ wymaga mniej restrykcyjnej idealizacji. Z drugiej zaś nie podlega takim praktycznym ograniczeniom tradycyjnych eksperymentów, jak wysoki koszt, często nieetyczność, utrudnienia techniczne. Inne zalety, jakie ma symulacja w stosunku do tradycyjnych eksperymentów, to:

- a) możliwość precyzyjnego powtórzenia;
- b) możliwość zmiany parametrów, które nie mogą być zmieniane w systemie rzeczywistym;

- c) większa elastyczność i możliwość zmiany warunków początkowych i brzegowych;
- d) znacznie niższe koszty (finansowe i etyczne);
- e) szybsza realizacja eksperymentu.

Podsumowanie

Przedstawione w artykule rozważania dają podstawy do stwierdzenia, że symulacja komputerowa jest istotną metodą współczesnych badań eksperymentalnych w ekonomii, a jej wartość poznawcza nie jest niższa od wartości epistemologicznej eksperymentów tradycyjnych. Niektórzy autorzy twierdzą wręcz, że symulacja komputerowa jest epistemologicznym silnikiem naszych czasów (Ihde, 2006; Tolk i in., 2013). Są też tacy, którzy postrzegają symulację komputerową jako trzeci sposób uprawiania nauki – obok teorii i eksperymentu (Kleiber, 1999, s. 30; Axelrod, 1997). W tym ujęciu pozwala ona na sugerowanie teorii oraz na wykonanie dokładnych obliczeń. Jej rola w stosunku do eksperymentu sprowadza się do modelowania rzeczywistych procesów, analizy danych, sterowania aparaturą oraz sugerowania pewnych doświadczeń. Z kolei w relacji odwrotnej teoria dostarcza równań do modeli symulacyjnych oraz wspomaga interpretację wyników, natomiast zadaniem eksperymentu w stosunku do procesów symulacji jest przede wszystkim generowanie danych liczbowych. Podkreślenia wymaga fakt, iż symulacja komputerowa nie jest w tym ujęciu metodą alternatywną do eksperymentu i budowania teorii, żyjącą „swoim życiem”, tylko narzędziem w stosunku do nich komplementarnym.

Symulacja komputerowa bazuje na ugruntowanych zasadach teoretycznych, a właściwie wykorzystana daje informacje na temat systemów, dla których dane doświadczalne są rzadkością, dzięki czemu ma szansę być najlepszym sposobem radzenia sobie ze złożonością teorii i praktyki ekonomicznej. Jest metodą bardzo pomocną w przezwyciężaniu niedoskonałości i ograniczeń ludzkiego poznania, które wynikają z trudności przetwarzania ogromnej ilości informacji, z jaką obecnie mamy do czynienia w działalności naukowej.

Literatura

- Apanowicz, J. (1997). *Zarys metodologii prac naukowych z organizacji i zarządzania*. Gdynia: WSAiB.
- Allais, M. (1953). Le Comportement de L'homme Rationnel Devant le Risque: Critique des Postulats et Axiomes de L'ecole Americane. *Econometrica*, 21, 503–546.
- Axelrod, R. (1997). Advancing the Art of Simulation in Social Science. W: R. Conte, R. Hegselmann, P. Terna (red.), *Simulating Social Phenomena* (s. 21–40). Berlin: Springer.
- Babbie, E. (2013). *Podstawy badań społecznych*. Warszawa: PWN.
- Banks, J., Carson, J., Nelson, B., Nicol, D. (2005). *Discrete-Event System Simulation*. London: Pearson.
- Barberousse, A., Franceschelli, S., Imbert, C. (2008). Computer Simulations as Experiments. *Synthese*, 169 (3), 557–574.
- Behdani, B. (2012). Evaluation of Paradigms for Modeling Supply Chains as Complex Sociotechnical Systems. W: C. Laroque, J. Himmelspace, R. Pasupathy, O. Rose, A.M. Uhrmacher (red.), *Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference* (s. 3794–3808). New Jersey: IEEE.
- Borshchev, A. (2013). *The Big Book of Simulation Modelling*. North America: Anylogic.
- Burton, R.M., Obe B. (1980). A Computer Simulation Test of the M-Form Hypothesis. *Administrative Science Quarterly*, 25, 457–466.
- Chamberlin, E. (1948). An Experimental Imperfect Market. *Journal of Political Economy*, 56, 95–108.
- Cohen, M.D., March, J.G., Olsen, J.P. (1972). A Garbage Can Model of Organizational Choice. *Administrative Science Quarterly*, 17, 1–25.
- Cyert, R.M., March, J.G. (1963). *A Behavioral Theory of the Firm*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Dinther van, C. (2008). Agent-Based Simulation for Research in Economics. W: C.W. Dettlef Seese, F. Schlottmann (red.), *Handbook on Information Technology in Finance* (s. 421–442). Berlin–Heidelberg: Springer.
- Duffy, J. (2001). Learning to Speculate: Experiments with Artificial and Real Agents. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 25 (3–4), 295–319.
- Duffy, J. (2014). *Macroeconomics: A Survey of Laboratory Research*. Working Paper No. 334. Pittsburgh: University of Pittsburgh.
- Flood, M. (1952). *Some Experimental Games*. Research Memorandum RM-789. Santa Monica: RAND Corporation.

- Fontana, M. (2006). Simulation in Economics: Evidence on Diffusion and Communication. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 9 (2) 8. Pobrane z: jasss.soc.surrey.ac.uk (15.06.2016).
- Franklin, A. (1990). *Experiment, Right or Wrong*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Friedman, D., Cassar, A. (2004). *Economics Lab: An Intensive Course in Experimental Economics*. London–New York: Routledge.
- Gilbert, N., Troitzsch K.G. (1999). *Simulation for the Social Scientist*. Milton Keynes: Open University Press.
- Grimm, V., Railsback, S. (2005). *Individual-Based Modeling and Ecology*. Princeton: Princeton University Press.
- Grossklags, J. (2007). Experimental Economics and Experimental Computer Science: A Survey. W: *Proceedings of the Workshop on Experimental Computer Science (ExpCS'07)*. San Diego: ACM Federated Computer Research Conference.
- Grüne-Yanoff, T., Weirich, P. (2011). The Philosophy and Epistemology of Simulation: A Review. *Simulation & Gaming*, 41 (1), 20–50.
- Guala, F. (2002). Models, Simulations, and Experiments. W: L. Magnani, N.J. Nersessian (red.), *Model-Based Reasoning: Science, Technology, Values* (s. 59–74). New York: Kluwer.
- Guala, F. (2005). *The Methodology of Experimental Economics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Guala, F. (2010). Experimental Economics, History of. W: S. Durlauf, L. Blume (red.), *Behavioural and Experimental Economics* (s. 99–106). London: Macmillan Publishers Ltd.
- Hacking, I. (1983). *Representing and Intervening: Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Harrison, G.W., List J.A. (2004). Field Experiments. *Journal of Economic Literature*, 42, 1009–1055.
- Harrison, J.R., Lin, Z., Carroll, G.R., Carley, K.M. (2007). Simulation Modeling in Organizational and Management Research. *Academy of Management Review*, 32 (4), 1229–1245.
- Heckbert, S. (2009). Experimental Economics and Agent-Based Models. W: R.S. Anderssen, R.D. Braddock, L.T.H. Newham (red.), *18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation* (s. 2997–3003). Modelling and Simulation Society of Australia. Pobrane z: mssanz.org.au/modsim09/ (15.06.2016).
- Hughes, R. (1999). The Ising Model, Computer Simulation, and Universal Physics. W: M. Morgan, M. Morrison (red.), *Models as Mediators* (s. 96–145). Cambridge: Cambridge University Press.

- Humphreys, P. (2004). *Extending Ourselves: Computational Science, Empiricism, and Scientific Method*. New York: Oxford University Press.
- Ihde, D. (2006). Models, Models Everywhere. *Sociology of the Sciences Yearbook*, 25, 79–86.
- Kleiber, M. (1999). Modelowanie i symulacja komputerowa – moda czy naturalny trend rozwojowy nauki. *Nauka*, 4, 29–41.
- Kopczewski, T., Malawski, M. (2007). Ekonomia eksperymentalna: wprowadzenie i najnowsze badania. *Decyzje*, 8, s. 79–100.
- Korb, K.B., Mascaro, S. (2009). The Philosophy of Computer Simulation. W: C. Glymour, W. Wei, D. Westerstahl (red.), *Logic, Methodology and Philosophy of Science: Proceedings of the Thirteenth International Congress* (s. 306–325). London: College Publications.
- Krawczyk, M. (2012). Podstawy – filozofia metody eksperymentalnej w ekonomii. W: M. Krawczyk (red.), *Ekonomia eksperymentalna* (s. 17–32). Warszawa: Wolters Kluwer.
- Krugman, P., Wells, R. (2009). *Macroeconomics*. New York: Worth Publishers.
- Lomi, A., Larsen, E.R. (1996). Interacting Locally and Evolving Globally: A Computational Approach to the Dynamics of Organizational Populations. *Academy of Management Journal*, 39, 1287–1321.
- Łatuszyńska, M. (2008). *Symulacja komputerowa dynamiki systemów*. Gorzów Wielkopolski: Wyd. PWSZ.
- Łatuszyńska, A. (2010). Symulacja wieloagentowa w zastosowaniach biznesowych. *Studia i Materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą*, 28, 160–170.
- Łatuszyńska, M. (2015). Symulacja komputerowa w ekonomii eksperymentalnej. *Studia Informatica*, 36, 5–18.
- Malone, T.W. (1986). Modeling Coordination in Organizations and Markets. *Management Science*, 33, 1317–1332.
- Masuch, M., LaPotin, P. (1989). Beyond Garbage Cans: An AI Model of Organizational Choice. *Administrative Science Quarterly*, 34, 38–67.
- Morgan, M. (2002). Model Experiments and Models in Experiments. W: L. Magnani, N. Nersessian (red.), *Model-Based Reasoning: Science, Technology, Values* (s. 41–58). New York: Kluwer.
- Morgan, M. (2003). Experiments without Material Intervention: Model Experiments, Virtual Experiments and Virtually Experiments. W: H. Radder (red.), *The Philosophy of Scientific Experimentation* (s. 217–235). Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Morgan, M. (2005). Experiments Versus Models: New Phenomena, Inference and Surprise. *Journal of Economic Methodology*, 12 (2), 317–329.

- Morrison, M. (2009). Models, Measurement and Computer Simulation: The Changing Face of Experimentation. *Philosophical Studies*, 143 (1), 33–57.
- Naylor, T.H., Burdick, D.S., Sasser, W.E. (1967). Computer Simulation Experiments with Economic Systems: The Problem of Experimental Design. *Journal of the American Statistical Association*, 62 (320), 1315–1337.
- Nelson, R.R., Winter, S.G. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge: Belknap Press of Harvard University Press.
- North, M.J., Macal, C.M. (2007). *Managing Business Complexity – Discovering Strategic Solutions with Agent-Based Modeling and Simulation*. New York: Oxford University Press.
- Norton, S., Suppe, F. (2000). Why Atmospheric Modeling is Good Science. W: C. Miller, P. Edwards (red.), *Changing the Atmosphere: Expert Knowledge and Environmental Governance* (s. 67–107). Cambridge: MIT Press.
- Padgett, J.F. (1980). Managing Garbage Can Hierarchies. *Administrative Science Quarterly*, 25, 583–604.
- Parke, E.C. (2014). Experiments, Simulations, and Epistemic Privilege. *Philosophy of Science*, 81 (4), 516–536.
- Parker, W. (2009). Does Matter Really Matter? Computer Simulations, Experiments and Materiality. *Synthese*, 169, 483–496.
- Peck, S.L. (2004). Simulation as Experiment: A Philosophical Reassessment for Biological Modeling. *Trends in Ecology and Evolution*, 19 (10), 530–534.
- Peschard, I. (2012). Is Simulation an Epistemic Substitute for Experimentation? W: S. Valenti (red.), *Simulations and Networks* (s. 1–26). Paris: Hermann.
- Radder, H. (red.). (2003). *The Philosophy of Scientific Experimentation*. Pittsburg: University of Pittsburgh Press.
- Reiss, J. (2011). A Plea for (Good) Simulations: Nudging Economics Toward an Experimental Science. *Simulation & Gaming*, 42 (2), 243–264.
- Roth, A.E. (1995). Introduction to Experimental Economics. W: J. Kagel, A.E. Roth (red.), *Handbook of Experimental Economics* (s. 3–109). Princeton: Princeton University Press.
- Roush, S. (2015). *The Epistemic Superiority of Experiment to Simulation*. Berkeley: University of California. Pobrane z: philsci-archive.pitt.edu/11110/ (15.06.2016).
- Selten, R., Sauermann, H. (1959). Ein Oligopolexperiment. *Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft*, 115, 427–471.
- Siegel, S., Fouraker, L.E. (1960). *Bargaining and Group Decision Making. Experiments in Bilateral Monopoly*. New York: McGraw-Hill.

- Simon, H.A. (1969). *The Sciences of the Artificial*. Cambridge: MIT Press.
- Smith, V.L. (1962). An Experimental Study of Competitive Market Behavior. *Journal of Political Economy*, 70 (2), 111–137.
- Stachak, S. (1997). *Wstęp do metodologii nauk ekonomicznych*. Warszawa: Książka i Wiedza.
- Tesfatsion, L. (2002). Agent-Based Computational Economics: Growing Economies from the Bottom Up. *Artificial Life*, 8 (1), 55–82.
- Thurstone, L.L. (1931). The Indifference Function. *Journal of Social Psychology*, 2, 139–167.
- Tolk, A., Heath, B.L., Ihrig, M., Padilla, J.J., Page, E.H., Suarez, E.D., Szabo, C., Weirich, P., Yilmaz, L. (2013). Epistemology of Modeling and Simulation. W: *Proceedings of the 2013 Simulation Conference WSC* (s. 1152–1166). Washington.
- Vallverdú, J. (2014). What Are Simulations? An Epistemological Approach. *Procedia Technology*, 13, 6–15.
- Weber, M. (2004). *Philosophy of Experimental Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Weisberg, M. (2013). *Simulation and Similarity. Using Models to Understand the World*. Oxford: Oxford University Press.
- Winsberg, E. (2009). A Tale of Two Methods. *Synthese*, 169 (3), 575–592.
- Winsberg, E. (2010). *Science in the Age of Computer Simulation*. Chicago: University of Chicago Press.

COMPUTER SIMULATION RATHER THAN TRADITIONAL EXPERIMENT

Abstract

Even though the number of experiments conducted by economists is growing every year and the experimental method has become for good a part of economics methodology, it is not possible to do experiments on the economy as a whole and many economic phenomena cannot be subject to experimental manipulation for a variety of reasons – practical, ethical or technological. In such cases the computer simulation can support economics in achieving a status of a fully-fledged experimental science. But does the epistemological value of com-

puter simulation match the cognitive value of traditional economic experiment? This article attempts to answer that question.

Keywords: computer simulation, experimental economics

JEL codes: A10, C6