

Małgorzata Łatuszyńska*

Uniwersytet Szczeciński

SYMULACJA KOMPUTEROWA W EKONOMII EKSPERYMENTALNEJ

Streszczenie

Dzięki ciągłemu rozwojowi informatyki, realizacja badań eksperymentalnych w naukach ekonomicznych wspomagana jest komputerowo w coraz większym stopniu. Jedną z metod komputerowych, które mogą mieć duże znaczenie we wspieraniu realizacji laboratoryjnych eksperymentów ekonomicznych jest symulacja komputerowa. Celem artykułu jest analiza możliwości i kierunków zastosowania symulacji komputerowej w wspomaganiu badań eksperymentalnych w naukach ekonomicznych.

Słowa kluczowe: symulacja komputerowa, ekonomia eksperymentalna, gry symulacyjne, środowiska symulacyjne

Wprowadzenie

Metoda eksperymentalna jest metodą uzyskiwania wiedzy naukowej przez dokonywanie zabiegów badawczych zwanych eksperymentami lub doświadczeniami (Stachak, 1997, s. 146). Z kolei eksperyment to badanie określonego wycinka rzeczywistości, polegające na wywołaniu lub zmianie przebiegu pro-

* Adres e-mail: malgorzata.latuszynska@wneiz.pl.

cesów przez wprowadzenie do nich jakiegoś nowego czynnika i obserwacji zmian powstałych pod jego wpływem w celu wnioskowania o jego właściwościach (Zaczyński, 1995). Metoda ta pojawiła się w badaniach naukowych stosunkowo późno. Jej początki wywodzi się z XVII wieku od Simona Stevina, Williama Gilberta, Francisa Bacona oraz Galileusza (Kühne, 2005), a pierwsze zastosowania dotyczą fizyki. Nieco później metody tej użyto w laboratoriach chemicznych, a w drugiej połowie XIX w. eksperymenty pojawiły się w dziedzinie biologii. W początkach XX wieku zakres zastosowań omawianej metody poszerzył się również o psychologię (Friedman i Cassar, 2004).

Ekonomia przez lata była uważana za naukę, w której zastosowanie metody eksperymentalnej nie jest możliwe – podobnie sądzono o wielu dziedzinach, których obecnie nie wyobrażamy sobie bez eksperymentów (Krawczyk, 2012). W ostatnich latach podejście do ekonomii diametralnie się zmieniło. Wpłynęły na to przede wszystkim dwa czynniki: teorie ekonomiczne stały się wystarczająco dojrzałe, aby testować je eksperymentalnie, a ponadto opracowano użyteczne techniki, które w takich testach mogą być stosowane (Friedman i Cassar, 2004). Punktem kulminacyjnym rozwoju ekonomii eksperymentalnej było przyznanie w 2002 r. Nagrody Nobla dla Vernona Smitha i Daniela Kahnemana.

Dzięki ciągłemu postępowi w informatyce, realizacja badań eksperymentalnych w coraz większym stopniu wspomagana jest komputerowo. Jedną z metod komputerowych, które mogą mieć duże znaczenie we wspieraniu ekonomii eksperymentalnej jest symulacja komputerowa. Celem artykułu jest analiza możliwości i kierunków zastosowań symulacji komputerowej w badaniach eksperymentalnych w naukach ekonomicznych.

Symulacja komputerowa

Termin „symulacja” został zapożyczony dla potrzeb nauki z języka potocznego, gdzie „symulować” (łac. *simulo* – udaję) znaczy przyjmować wygląd czegoś innego, a także naśladować, odtwarzać coś innego (Tokarski, 1980, s. 720). W przypadku symulacji komputerowej mamy do czynienia z imitowaniem działania całego systemu lub też tylko naśladowaniem pewnej sytuacji poprzez użycie programów komputerowych. Bardziej szczegółowo można określić symulację komputerową słowami J. Tyszera jako „algorytmiczną metodę prowadzenia (za pomocą komputera) eksperymentów na modelach dynamicznych istniejących lub

projektowanych systemów” (Tyszer, 1990, s. 13). Obiektem, którym manipuluje się w trakcie badań symulacyjnych jest model. Model to pojęcie bardzo ogólne – oznacza reprezentację danego systemu w innej postaci niż w rzeczywistości. Pragmatyczna definicja modelu mówi, że: „jest to narzędzie, za pomocą którego można opisać system i jego zachowanie się w różnych warunkach zewnętrznych” (Findeisen, 1985, s. 303).

Symulacja komputerowa ma wiele zalet, które czynią ją atrakcyjnym narzędziem analizy (Fihman, 1981, s. 30–33). Po pierwsze może „skondensować” czas w takim stopniu, że istnieje możliwość „wysymulowania” kilku lat działalności systemu w ciągu minuty lub – w niektórych przypadkach – w ciągu kilku sekund, zależy to od stopnia skomplikowania problemu i możliwości komputera. Zdolność ta pozwala badaczowi rozważyć różnorodne plany, które chciałby zbadać w bardzo krótkim czasie, podczas gdy przeprowadzenie próby na każdym, realnym systemie (jeśli w ogóle byłoby możliwe) trwałoby bardzo długo. Symulacja komputerowa pozwala również na rozszerzenie czasu działania systemu, gdyż można przy jej pomocy zbadać szczegółową strukturę zmian, których nie można byłoby zaobserwować w czasie rzeczywistym. Każdy eksperyment symulacyjny, w odróżnieniu od eksperymentów laboratoryjnych można powtórzyć w tych samych warunkach. Wyniki eksperymentów da się bardzo łatwo przechowywać i porównywać.

Wymienione wyżej zalety symulacji komputerowej jako metody badania sprawiają, że sięga się po nią przy rozpatrywaniu różnorodnych problemów. Badacz wybierający symulację komputerową, powinien jednak wiedzieć, że opracowanie i uruchomienie programu symulacyjnego jest zajęciem trudnym i nie istnieje gwarancja, że wysiłek włożony w przygotowanie modelu zwróci się w postaci wartościowych wyników. Pozostaje niebezpieczeństwo, że model, jako uproszczony zapis rzeczywistości, nie obejmie wszystkich istotnych – z punktu widzenia celu badania – zależności, które istnieją w realnym systemie.

Formy wspomaganie eksperymentu metodami symulacji komputerowej

Eksperyment laboratoryjny w ekonomii polega na podejmowaniu przez osoby badane decyzji o charakterze ekonomicznym w warunkach kontrolowanych. Na zakończenie sesji najczęściej 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, w których bodźce materialne stosuje się rzadko. Wypłaty pieniężne upodabniają sytuację eksperymentalną do rzeczywistego wyboru ekonomicznego, który zazwyczaj ma wymierne skutki finansowe (Kopczewski i Maławski, 2007).

Niezależnie od rodzaju motywacji do przeprowadzenia badań eksperymentalnych i rodzaju eksperymentu, istotą tej metody badawczej jest precyzyjne zaplanowanie prowadzonych doświadczeń. Ogólna procedura badania eksperymentalnego składa się z następujących etapów (Zellner i Rossi, 1986; Croson, 2002): określenie celu eksperymentu, przeprowadzenie studium wykonalności, opracowanie projektu eksperymentu, przeprowadzenie konsultacji i eksperymentu pilotażowego, gromadzenie danych podczas eksperymentu właściwego, analizowanie danych, raportowanie wyników.

Jednoznaczne określenie celu eksperymentu jest pierwszym warunkiem dobrego podejścia metodologicznego. Celem może być na przykład zweryfikowanie teorii lub zbadanie anomalii występujących w ramach określonego zjawiska ekonomicznego. Podczas drugiego etapu procedury opracowuje się studium wykonalności, w którym ustala się, czy sformułowane cele mogą być zrealizowane i w jaki sposób. Krok ten powinien obejmować przegląd dotychczasowych badań i danych, dotyczących celów obecnego eksperymentu. W tym momencie należy również rozważyć, jakie zmienne niezależne brane będą pod uwagę w eksperymencie.

Na kolejnym etapie przygotowuje się projekt (scenariusz) eksperymentu oraz materiały, które są konieczne do jego przeprowadzenia. W tej fazie podejmuje się decyzje dotyczące doboru uczestników oraz ich podziału na grupę kontrolną i grupę badanych. Gotowy projekt eksperymentu powinien być skonsultowany ze specjalistami z dziedziny, której dotyczy badanie oraz z doświadczonymi eksperymentatorami. Korzystne jest również przeprowadzenie eksperymentu pilotażowego według opracowanego scenariusza. Działania te mają na celu eliminację niepożądanych niespodzianek podczas realizacji docelowego eksperymentu. Gdy wszelkie niedociągnięcia zostaną już poprawione, przeprowadza się właściwe sesje eksperymentu. Zgromadzone w ich trakcie dane są następnie analizowane tak, aby możliwe było uzyskanie odpowiedzi na postawione pytania badawcze oraz sprawdzenie istotności otrzymanych wyników. Na końcowym etapie procedury dokonuje się prezentacji rezultatów w formie przystępnej dla ich końcowego odbiorcy.

Zarówno podczas przygotowywania projektu eksperymentu, jak i w fazie jego realizacji można zastosować metody symulacji komputerowej. Zakres wspomaganie eksperymentu ekonomicznego tymi metodami może wahać się od (1) użycia konkretnego modelu symulacyjnego do generowania danych, potrzebnych do podejmowania decyzji przez uczestników eksperymentu i/lub do wyznaczania efektów ich działań, poprzez (2) zastosowanie gotowych gier symulacyjnych, aż po (3) wykorzystanie interaktywnego, wirtualnego środowiska symulacyjnego, możliwie najbardziej zbliżonego do realnego, które może służyć także do rejestracji odpowiedzi, reakcji i działań uczestników eksperymentu.

Modele symulacyjne w eksperymencie ekonomicznym

Zastosowanie konkretnego modelu symulacyjnego do wspomaganie eksperymentu ekonomicznego realizowane jest najczęściej poprzez implementację modeli naśladujących określone procesy czy też zjawiska ekonomiczne w specjalistycznym oprogramowaniu eksperymentalnym. Wśród różnych typów oprogramowania można wyróżnić trzy kategorie (Kowal, Kopczewski i Borowski, 2008): programy dedykowane, serwisy eksperymentalne oraz środowiska programistyczne. W każdym z tych rodzajów specjalistycznego oprogramowania eksperymentalnego mogą pojawić się aplikacje (moduły), które wykorzystują na dość ograniczonym zakresie modele symulacyjne. Zestawiono je w tabeli 1.

Programy dedykowane są aplikacjami stworzonymi dla danego eksperymentu ekonomicznego z dokładnie ustalonym algorytmem jego przebiegu. W tej grupie dominują aplikacje pisane jako aplety Java lub dynamiczne strony WWW.

Serwisy eksperymentalne pozwalają na wykonywanie przez użytkowników wybranego ze zbioru dostępnych eksperymentów, bez prawa modyfikowania aplikacji, ale z możliwością określania parametrów eksperymentu. Umożliwiają także automatyczne generowanie wykresów pokazujących przebieg eksperymentu i eksportowanie jego wyników.

Najbardziej zaawansowaną formą oprogramowania eksperymentalnego są kompletne środowiska programistyczne do tworzenia eksperymentów. Charakteryzują się tym, że eksperymentator ma możliwość implementowania własnych pomysłów na prowadzone badania. W takim środowisku tworzy się, korzystając z dedykowanego lub ogólnie znanego języka oprogramowania, personalizowane skrypty odpowiadające wymaganiom prowadzonych eksperymentów. Zastoso-

wanie takiego rodzaju oprogramowania pozwala na dużo bardziej elastyczne, niż w przypadku pozostałych rozwiązań, dopasowywanie narzędzia do oczekiwań badaczy.

Tabela 1

Wybrane specjalistyczne aplikacje eksperymentalne

Nazwa aplikacji	Twórca/ producent	Wybrani użytkownicy	Obszar zastosowań	Strona www
Programy dedykowane				
JessX	School of Engineering Ecole Centrale de Lille	University of Lille	Symulacja wybranych rynków finansowych, np. rynku akcji, obligacji oraz rynku bankowego i umożliwienie uczestnikom eksperymentu interakcji na tych rynkach	rb.ec-lille.fr/jessx/index.php
Rotman Interactive Trader	Rotman School of Management at the University of Toronto	University of Toronto	Symulacja rynków sterowanych zleceniami; eksperymenty dotyczące aukcji i giełdy	rit.rotman.utoronto.ca/software.asp
Serwisy eksperymentalne				
EconPort	Georgia State University	University of Canterbury Shanghai Jiaotong University University of Haifa	Symulacja aukcji w celu testowania popytu konsumentów; badania teorii oczekiwanej użyteczności	econport.org/content/experiments.html
Środowiska programistyczne				
z-Tree	Urs Fischbacher i Stefan Schmid University of Zurich	Shanghai Jiaotong University Florida State University San Francisco State University University of Munich Yale University	Symulacja rynku i różnych rodzajów aukcji w celu realizacji eksperymentów od podstaw i z wykorzystaniem predefiniowanych w aplikacji elementów	iew.uzh.ch/ztree/index.php
LabSEE	Laboratorium Ekonomii Eksperymentalnej na WNE UW	Uniwersytet Warszawski	Projektowanie i przeprowadzanie eksperymentów z wykorzystaniem predefiniowanych w aplikacji elementów, w tym symulacji oraz gier decyzyjnych	labsee.pl/menu/id-10/labsee-xp.html
SWIEE (Swarm Web Interface for Experimental Economics)	Riccardo Boero	University of Pavia University of Torino University of Piemonte	Wykorzystanie symulacji wieloagentowej do tworzenia eksperymentów w naukach społecznych	swiee.econ.unito.it

Źródło: opracowanie własne na podstawie podanych w tabeli stron internetowych.

Gry symulacyjne

Podczas realizacji eksperymentu ekonomicznego można posłużyć się również gotowymi grami symulacyjnymi. Nie należy oczywiście utożsamiać samego eksperymentu laboratoryjnego z grą symulacyjną (Kopczewski, 2010), ale może ona pomóc stworzyć taką sytuację decyzyjną, która pozwala na testowanie zgodności wyborów uczestników z teoretycznym modelem ekonomicznym.

Gra symulacyjna jest specyficznym połączeniem trzech elementów: gry (rozumianej jako zbiór reguł), roli (przypisanej każdemu z uczestników) oraz symulacji. Pojęcie „gra symulacyjna” może być zatem rozumiane jako pewien układ, którego podstawowym elementem jest model rzeczywistości (model symulacyjny), wprawiany w ruch decyzjami (reguły gry) uczestników gry (gracze/role) (Rizzi i Woźniakiewicz, 2008, s. 58; Wiącek-Janka, 2011, s. 84). Gry dotyczące procesów i zjawisk ekonomicznych nazywane są ekonomicznymi grami symulacyjnymi, grami symulacyjnymi biznesu lub symulacyjnymi grami kierowniczymi bądź decyzyjnymi. Ekonomiczne gry symulacyjne z reguły są programami komputerowymi tworzonymi w oparciu o modele matematyczne, które odzwierciedlają z pewnym uproszczeniem określone zjawiska lub procesy ekonomiczne, np. funkcjonowanie przedsiębiorstwa w warunkach konkurencyjnych (Wawrzeniuk-Kulik, 2013, s. 306–307). Przykłady takich gier zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Przykłady ekonomicznych gier symulacyjnych

Nazwa gry	Producent/ autor gry	Opis	Strona www
1	2	3	4
Market-place	Innovative Learning Solutions, Inc.	Program symulacyjny naśladowujący konkurencyjny, ciągle ewoluujący rynek. Gra pokazuje konsekwencje finansowe decyzji podjętych przez uczestnika oraz ich oddziaływanie na całe przedsiębiorstwo, łącząc każdą z nich ze zmianą przepływu gotówki i osiąganym wynikiem finansowym	www.marketplace-simulation.com
Beat the Market	Steven Gold Saunders College of Business	Symulacja rynku monopolistycznego dająca możliwość eksperymentowania w zakresie podejmowania decyzji dotyczących zarządzania firmą w warunkach konkurencji doskonałej	www.goldsimulations.com

1	2	3	4
Global Management Challenge	SDG Simuladores E Modelos De Gestão, S.A.	Gra z obszaru tzw. <i>general management</i> . Jej celem jest możliwie pełne oddanie codziennej pracy wyższej kadry kierowniczej przedsiębiorstwa, które produkuje bliżej nieokreślone trzy produkty przemysłowe i prowadzi ich sprzedaż na trzech różnych rynkach zbytu	www.worldgmc.com
Sim Venture	Venture Simulations Ltd.	Obszary biznesowe będące przedmiotem gry obejmują: marketing i sprzedaż (badania rynkowe, ustalanie cen, kanały sprzedaży i promocje sprzedaży), działalność operacyjną (projekty produktów, zaopatrzenie, produkcja, kontrola jakości), finanse, organizację (zasoby, wymogi prawne, szkolenia, zarządzanie czasem i wydajność)	www.simventure.co.uk
Industry-Masters Realtime	Tycoon Systems Inc.	Gra obejmuje zagadnienia takie jak: zarządzanie strategiczne, popyt, podaż, mechanizm cenowy, cykl życia produktu, ekonomika skali, konkurencja branżowa, przepływy środków pieniężnych, koncepcja benchmarkingu. Symulacja może dotyczyć wielu rynków	realtime.industrymasters.com
TOPSIM General Management II	TATA Interactive Systems GmbH	Gra dająca możliwość eksperymentowania w zakresie podejmowania decyzji z udziałem wielu użytkowników wcielających się w role osób pracujących na wirtualnym rynku. Dostępna w wielu wariantach – od zarządzania ogólnego, przez logistykę, marketing, project management – po produkcję	www.topsim.com
UGS® GAME STANDARD	UGS® ULM	Gra umożliwiająca symulację działalności gospodarczej na etapie początkowym oraz działań przygotowujących do założenia przedsiębiorstwa w różnych warunkach otoczenia. Dostępnych jest 10 scenariuszy, w których gracze zakładają lub przejmują przedsiębiorstwa z różnych branż. Istnieje również możliwość zaprojektowania własnego scenariusza	www.ugs.de
INNOV8	IBM	Gra pozwalająca na lepsze zrozumienie wagi właściwego zarządzania procesami biznesowymi dla całego systemu biznesowego	www.ibm.com/innov8
Go Venture-World	GoVentureOasis.com	Gra umożliwiająca symulację działalności przedsiębiorstwa w warunkach współpracy i konkurencji z innymi przedsiębiorstwami. Gracze mogą wcielić się w role przedsiębiorców, inwestorów, bankierów, prawników lub marketingowców	www.goventure-world.com
SimCEO	Jetlag Learning based in Hendersonville	Uczestnicy gry tworzą firmy, kupują/sprzedają akcje i reagują na codzienne komentarze medialne (rzeczywiste lub fikcyjne), testując wpływ swoich decyzji na zachowanie się rynku	www.simceo.org
Gazillionaire	LavaMind	Gra dotycząca popytu i podaży na rynku, w której gracze podejmują decyzje ekonomiczne w zakresie wysokości marż, dotyczące marż, nad głową, stanowią salda, wzrost, inwestycje	www.gazillionaire.com

Źródło: opracowanie własne na podstawie stron internetowych (Classroom Aid, 2012; Ranker, 2015) oraz (Poszewiecki, Bizon i Kulawczuk, 2012; Serman, 2014).

Wymienione w tabeli 2 ekonomiczne gry symulacyjne są tylko nielicznymi przykładami płatnych i darmowych gier dostępnych w Internecie. W globalnej sieci można zapoznać się z rankingiem popularności dużej liczby ekonomicznych gier symulacyjnych (Ranker, 2015).

Wirtualne środowiska symulacyjne

Obiecującą formą wspomagania badań eksperymentalnych w naukach ekonomicznych mogą być interaktywne, wirtualne środowiska symulacyjne, tzw. światy wirtualne – jak najbardziej zbliżone do realnego – które mogą służyć do rejestracji odpowiedzi, reakcji i działań uczestników eksperymentu.

Najczęściej pod pojęciem świata wirtualnego rozumie się rzeczywistość tworzoną za pomocą techniki komputerowej. Ten typ rzeczywistości wspomagany jest przez różnego rodzaju programy komputerowe (graficzne, akustyczne, komunikatory czy proste edytory) symulujące warunki zbliżone do istniejących w rzeczywistości naturalnej. Atrakcyjność świata wirtualnego może być zwielokrotniona przez różnego typu rozwiązania techniczne, takie jak systemy umożliwiające umieszczenie użytkownika w polu oddziaływania różnorodnych bodźców (wirtualne hełmy, rękawice), specjalne okulary, gry zręcznościowe, przygodowe itp. Dzięki nim można symulować wkładanie towarów do koszyka w sklepie lub wrzucanie kart wyborczych do urn (Sitarski, 2002; Latawiec, 2003).

Dokładna liczba dostępnych w Internecie światów wirtualnych nie jest znana. Niektóre źródła podają, że jest ich co najmniej sto, a inne, że nawet kilkaset. Jedną z list tzw. „serious virtual worlds” można znaleźć w publikacji de Freitas (2008, s. 44–47). Bardziej znane wirtualne światy to w kolejności alfabetycznej: *Active Worlds* (www.activeworlds.com), *Blue Mars* (www.bluemars.com), *Open Sim* (www.opensim.pl), *Reaction Grid* (reactiongrid.com), *Second Life* (secondlife.com), *SmallWorlds* (www.smallworlds.com) czy *World of Warcraft* (www.warcraft.com). Warto również wspomnieć wirtualny świat pod nazwą *Symulator zachowań konsumentów na rynku* skonstruowany przez zespół naukowców z Uniwersytetu Szczecińskiego (Łatuszyńska i Nermend, 2008).

Idea realizacji kontrolowanych eksperymentów ekonomicznych w wirtualnych światach jest intrygująca i ma wiele zalet (Bainbridge, 2007; Castranova 2006; Innocenti 2013). Światy te mają miliony użytkowników, a w każdym momencie wielu z nich znajduje się *on line*. Ponadto, populacja użytkowników

jest znacznie bardziej zróżnicowana pod względem społeczno-ekonomicznym aniżeli próba w standardowym eksperymencie laboratoryjnym, gdzie najczęściej uczestnikami są studenci (Duffy, 2011).

Wirtualnym światem, jaki zyskał największe uznanie w ekonomii eksperymentalnej jest *Second Life*, który został udostępniony przez firmę Linden Lab. w 2003 r. i od tego czasu zdołał zgromadzić miliony użytkowników. Bloomfield (2007) argumentuje, że *Second Life* jest idealnym środowiskiem do prowadzenia badań eksperymentalnych ze względu na swoją bogatą wirtualną gospodarkę, naturalnie rozwijające się rynki i aktywną działalność handlową użytkowników. Ponadto *Second Life* wyposażony jest w narzędzia graficzne i skryptowe, które umożliwiają konstruowanie wirtualnych laboratoriów z wyposażeniem (rys. 1), jakie mogą automatycznie rekrutować potencjalnie tysiące uczestników eksperymentów przy stosunkowo niskich kosztach.



Rys. 1. Środowisko eksperymentu ekonomicznego w *Second Life*

Źródło: opracowanie na podstawie: (Duffy, 2011; Chesney, Swee-Hoon i Hoffmann, 2009).

Przykłady użycia wirtualnego świata *Second Life* w eksperymentach ekonomicznych opisują m.in. Chesney, Swee-Hoon i Hoffmann (2007), Atlas (2008), Duffy (2011), Fiedler, Haruvy i Xin Li (2011).

Podsumowanie

Większość eksperymentów laboratoryjnych w naukach ekonomicznych przeprowadza się obecnie z wykorzystaniem komputerów. Przynosi to eksperymentatorom liczne korzyści, zarówno teoretyczne, jak i praktyczne. Jedną z metod komputerowych, które mogą mieć duże znaczenie we wspieraniu ekspe-

rymentów ekonomicznych jest symulacja komputerowa. Wspomaganie to może polegać nie tylko na użyciu konkretnego modelu symulacyjnego do generowania danych potrzebnych do podejmowania decyzji przez uczestników eksperymentu i/lub do wyznaczania efektów ich działań, czy też na korzystaniu z gotowych ekonomicznych gier symulacyjnych, ale także na realizacji eksperymentu za pomocą interaktywnego, wirtualnego środowiska symulacyjnego – świata wirtualnego.

Symulacja komputerowa nie tylko wspomaga realizację laboratoryjnego eksperymentu ekonomicznego, ale może go także zastępować, gdyż epistemologia symulacji jest zasadniczo epistemologią eksperymentalną. W literaturze przedmiotu prowadzi się od lat szeroką dyskusję na ten temat (Guala, 2002; Morgan, 2003; Grossklags, 2007; Parker, 2009) i wykazuje następujące zalety tego podejścia (Reiss, 2011): możliwość precyzyjnego powtórzenia eksperymentu symulacyjnego, możliwość zmiany parametrów (które nie mogą być zmieniane w systemie rzeczywistym), znacznie niższe koszty eksperymentowania (finansowe i etyczne) oraz krótszy czas realizacji eksperymentu.

Bibliografia

- Atlas S. (2008), *Inductive Metanomics: Economic Experiments in Virtual Worlds*, „Journal of Virtual World Research”, no. 1 (1), s. 1–15.
- Bainbridge W.S. (2007), *The Scientific Research Potential of Virtual Worlds*, „Science”, no. 317, s. 472–476.
- Behdani B. (2012), *Evaluation of Paradigms for Modeling Supply Chains as Complex Sociotechnical Systems*, w: *Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference*, red. C. Laroque, J. Himmelspach, R. Pasupathy, O. Rose, A.M. Uhrmacher, IEEE, Piscataway, New Jersey, s. 3794–3808.
- Bloomfield R. (2007), *Worlds for Study: Invitation*, www.papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=988984 (18.01.2015).
- Borshchev A. (2013), *The Big Book of Simulation Modelling*, Anylogic North America.
- Castranova E. (2006), *On the Research Value of Large Games: Natural Experiments in *Norrath and Camelot**, „Games and Culture”, no. 1 (2), s. 163–186.
- Chesney T., Swee-Hoon C., Hoffmann R. (2009), *Virtual World Experimentation: An Exploratory Study*, „Journal of Economic Behavior & Organization”, no. 72, s. 618–635.
- Classroom Aid. (2012), *Business Simulation Games Could Build Hands-on Business Experience*, www.classroom-aid.com/2012/11/09/15-business-simulation-games-could-build-hands-on-business-experience/ (18.01.2015).

- Crosan R. (2002), *Why and How to Experiment: Methodologies from Experimental Economics*, „University of Illinois Law Review”, no. 4, s. 921–945.
- de Freitas S. (2008), *Serious Virtual Worlds. A scoping study*, Serious Games Institute Coventry University Enterprises Ltd., www.webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140702233839/; www.jisc.ac.uk/media/documents/publications/seriousvirtual-worldsv1.pdf (18.01.2015).
- Duffy J. (2011), *Trust in Second Life*, „Southern Economic Journal”, vol. 78, no. 1, s. 53–62.
- Fiedler M., Haruvy E., Xin Li S. (2011), *Social Distance in a Virtual World Experiment*, „Games and Economic Behavior”, no. 72, s. 400–426.
- Findeisen W. (red.) (1985), *Analiza systemowa – podstawy i metodologia*, PWN, Warszawa.
- Friedman D., Cassar A. (2004), *Economics Lab: An Intensive Course in Experimental Economics*, Routledge, London and New York.
- Grossklags J. (2007), *Experimental Economics and Experimental Computer Science: A Survey*, w: *Proceedings of the Workshop on Experimental Computer Science (ExpCS'07)*, ACM Federated Computer Research Conference (FCRC), San Diego.
- Guala F. (2002), *Models, Simulations, and Experiments*, w: *Model-Based Reasoning: Science, Technology, Values*, red. L. Magnani, N.J. Nersessian, Kluwer, New York, s. 59–74.
- Innocenti A. (2013), *Economic Experiments in Low Immersive Virtual Environments. A Methodological Assessment, IV Joint Workshop Rutgers-Siena on Cognitive Sciences*, Rutgers University, Center for Cognitive Sciences, Luiss University, Roma, www.ruccs.rutgers.edu/tempdocs/Innocenti_Paper_Confirmed.pdf (18.01.2015).
- Kopczewski T. (2010), *Eksperymenty ekonomiczne on-line w nauczaniu oraz w badaniach społecznych*, w: *E-learning w szkolnictwie wyższym – potencjał i wykorzystanie*, red. M. Dąbrowski, M. Zając, Fundacja Promocji i Akredytacji Kierunków Ekonomicznych, Warszawa, s. 63–71.
- Kopczewski T., Malawski M. (2007), *Ekonomia eksperymentalna: wprowadzenie i najnowsze badania*, „Decyzje”, nr 8, s. 79–100.
- Kowal P., Kopczewski T., Borowski R. (2008), *Oprogramowanie do tworzenia eksperymentów ekonomicznych online*, „Ekonomia”, nr 21, s. 79–100.
- Krawczyk M. (2012), *Podstawy – filozofia metody eksperymentalnej w ekonomii*, w: *Ekonomia eksperymentalna*, red. M. Krawczyk, Oficyna Wolters Kluwer Business, Warszawa, s. 17–32.
- Kühne U. (2005), *Die Methode des Gedankenexperiments*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main.

- Latawiec A. (2003), *Rzeczywistość a świat wirtualny*, „Prace Naukowe Instytutu Organizacji i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej”, vol. 74, nr 15, s. 121–131.
- Łatuszyńska M., Nermend K. (2008), *Badania marketingowe w Internecie przy użyciu symulatora*, w: *Fenomen Internetu*, red. A. Szewczyk i E. Krok, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin, s. 515–521.
- Morgan M.S. (2003), *Experiments without material intervention: Model experiments, virtual experiments and virtually experiments*, w: *The philosophy of scientific experimentation*, red. H. Radder, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh, s. 217–235.
- Parker W. (2009), *Does matter really matter? Computer simulations, experiments and materiality*, „Synthese”, no. 169, s. 483–496.
- Poszwiecki A., Bizon W., Kulawczuk P. (red.) (2012), *Symulacje menedżerskie i studia przypadków*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Ranker (2015), *The Best Economic Simulation Games of All Time*, www.ranker.com/list/all-economic-simulations-list/reference?page=2 (18.01.2015).
- Reiss J. (2011), *A Plea for (Good) Simulations: Nudging Economics Toward an Experimental Science*, „Simulation & Gaming”, no. 42 (2), s. 243–264.
- Rizzi P., Woźniakiewicz, J. (2008), *Perspektywy zastosowania gier symulacyjnych w edukacji – teoria i praktyka*, „Homo Communicativus”, nr 3 (5), s. 57–63.
- Sitariski P. (2002), *Rozmowa z cyfrowym cieniem. Model komunikacyjny rzeczywistości wirtualnej*, RABID, Kraków.
- Stachak S. (1997), *Wstęp do metodologii nauk ekonomicznych*, Książka i Wiedza, Warszawa.
- Sterman J. (2014), *Interactive Web-based Simulations for Strategy and Sustainability: The MIT Sloan Learning Edge Management Flight Simulators. Part II*, „System Dynamics Review”, vol. 30, no. 3, s. 206–231.
- Tokarski J. (red.) (1980), *Słownik wyrazów obcych*, PWN, Warszawa.
- Tyszer J. (1990), *Symulacja cyfrowa*, WNT, Warszawa.
- Wawrzeńczyk-Kulik M. (2013), *Symulacyjna gra decyzyjna jako narzędzie wspomagające nauczanie w ramach przedmiotu „Podstawy przedsiębiorczości”*, „Zeszyty Naukowe WSEI”, Seria EKONOMIA, nr 6 (1), s. 303–321.
- Wiącek-Janka E. (2011), *Games&Decisions*, Poznań University of Technology, Poznań.
- Zaczyński W. (1995), *Praca badawcza nauczyciela*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne Warszawa.
- Zellner A., Rossi P.E. (1986), *Evaluating the Methodology of Social Experiments*, w: *Lessons from the Income Maintenance Experiments*, red. A. Munnell, Federal Reserve Bank of Boston, Boston, s. 131–166.

COMPUTER SIMULATION IN EXPERIMENTAL ECONOMICS**Summary**

With the continuous development of information technology, the realization of experimental research in economics is increasingly assisted by computers. One of computer methods, which may be important in supporting the realization of laboratory economic experiments is computer simulation. The aim of the article is to analyze the possibilities and directions of computer simulation applications in supporting experimental research in economics.

Translated by Małgorzata Łatuszyńska

Keywords: computer simulation, experimental economics, simulation games, simulation environments