

Anna Latawiec

Czy istnieje teoria symulacji i czy symulacja jest teorią?

Studia Philosophiae Christianae 27/2, 19-30

1991

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

ANNA LATAWIEC

CZY ISTNIEJE TEORIA SYMULACJI I CZY SYMULACJA JEST TEORIA?

1. Założenia metodologiczne, 2. Przegląd problemów podejmowanych z zakresu symulacji, 3. Próba rozwiązania zagadnienia.

Sledząc literaturę oraz wydarzenia w świecie naukowym, łatwo można zauważyć wzrastające zainteresowanie problematyką symulacji. Od lat pojawiają się znakomite czasopisma poświęcone tej problematyce, takie jak *Simulation*, czy *Simulation and Games*. Odbywają się ważne międzynarodowe konferencje i seminaria¹. W Polsce rozpoczyna działalność Polskie Towarzystwo Symulologiczne².

W niniejszym opracowaniu chodzi o podjęcie próby znalezienia odpowiedzi na pytanie; czy istnieje w ogóle teoria symulacji i czy symulacja jest teorią? Poszukiwania te oparto na określonych założeniach metodologicznych, powiązanych z podstawową problematyką dotyczącą symulacji. Dopiero bowiem stosowne ustalenia z metodologii i teorii nauki prowadzą do rozwiązań postawionego problemu.

1. ZAŁOŻENIA METODOLOGICZNE

Naturę poznania naukowego determinuje przedmiot, cel i metoda. Teoria jest systemem twierdzeń utworzonym w efekcie naukowego analizowania rzeczywistości³.

Często w zestawieniu z praktyką, ujmuje się teorię jako usystematyzowaną wiedzę wyjaśniającą daną dziedzinę rzeczywistości. W innym znaczeniu pojmowana jest jako teoria

¹ Takimi konferencjami są między innymi: *International Simulation and Gaming Association (ISAGA)*; *Modelling and Simulation-Proceedings of the 1990 European Simulation Multiconference*, 10—13 VI 1990 RFN; *Symulacyjne Modele Przedsiębiorstw*, organizowane przez Zakład Badań Operacyjnych AE Kraków, *Szkola Symulacji Systemów Gospodarczych* — PTE Katowice.

² Towarzystwo zostało powołane w Zakładzie Badań Operacyjnych AE w Krakowie przy współudziale uczestników *Szkoły Symulacji Systemów Gospodarczych* na posiedzeniu *Warsztatów Symulologicznych* w Krakowie.

naukowa, czyli logicznie spójny i uporządkowany system twierdzeń, oparty o określony zespół kryteriów naukowości adekwatnych do danej dziedziny wiedzy (przy uwzględnieniu jej rozwoju). W świetle współczesnej filozofii nauki teoria jest złożonym tworem obejmującym takie elementy jak; odpowiedni aparat pojęciowy, prawa, modele teoretyczne itp. Warto jednakże pamiętać, iż teoria naukowa nie jest jedynie zbiorem praw empirycznych. Składają się na nią także definicje, oraz zasady będące definicjami przez postulaty. Zdarza się przeto czasami, iż chcąc usunąć dostrzeżoną niezgodność teorii z doświadczeniem, dokonuje się zmiany jakiejś definicji wchodzącej w skład teorii, a czasem także zmiany jakiegoś twierdzenia⁴.

Nauki dzielimy na formalne, czyli matematyczne i formalno-logiczne oraz realne, czyli przyrodnicze i humanistyczne⁵. Poszczególne nauki różnią się między sobą dziedzinami, którymi się zajmują.

Nauki formalne zwane też są dedukcyjnymi, zaś realne — indukcyjnymi⁶. Nauka dedukcyjna to taka, w której zdanie nie będące jej twierdzeniem pierwotnym zostaje uznane tylko wtedy, gdy na podstawie niezawodnych reguł wnioskowania wyprowadzone ono zostanie z twierdzeń poprzednio przyjętych⁷. Nauki formalne traktują o dziedzinach bardziej abstrakcyjnych. Zawierają one konstrukty formalne takie, jak: liczby, punkty, relacje między obiektami, a zwłaszcza działania na konstruktach⁸. Mówiąc o teorii w matematyce mamy na uwadze twierdzenie wyrażające np. określony, szczególnie związek między wielkościami (teoria funkcji, prawdopodobieństwa, itp.). Ogólnie można więc uznać, iż teoria nauk dedukcyjnych (formalnych) ma najbardziej sformalizowaną postać.

Nauka indukcyjna (realna) to ta, w której zdanie nie będące jej twierdzeniem pierwotnym zostaje uznane za jej twierdzenie zarówno wtedy, gdy zostanie ono wywnioskowane z twierdzeń przyjętych na drodze dedukcji, jak też i wtedy, gdy zostanie wywnioskowane w drodze indukcji⁹. Nauki realne

³ Por.: Kamiński St., *Pojęcie nauki i klasyfikacja Nauk*, Lublin 1981, 195; Majka J., *Metodologia nauk teologicznych*, Wrocław 1981, 102—103.

⁴ Pawłowski T., *Z metodologii nauk przyrodniczych*, Warszawa 1959, 11.

⁵ Ajdukiewicz K., *Logika pragmatyczna*, Warszawa 1965, 174.

⁶ *Tamże*, 179.

⁷ *Tamże*, 178.

⁸ Nowak L., *Wstęp do idealizacyjnej teorii nauki*, Warszawa 1977, 33.

⁹ Ajdukiewicz K., *dz. cyt.*, 178—179.

traktują o dziedzinach zawierających określonego rodzaju obiekty materialne i charakteryzujących je czynników oraz zależności między czynnikami¹⁰. W naukach tych teoria, nawet jeśli jest wyrażony językiem matematycznym, to jest twierdzeniem służącym do wyjaśniania zjawisk zachodzących w rzeczywistości, i w ten sposób ułatwiająca jej zrozumienie. Nie ma ona charakteru układu abstrakcyjnego, lecz już w swym założeniu posiada określone odniesienie do rzeczywistości. Związek między teorią i rzeczywistością jest dwustronny: teoria wyjaśnia zjawisko, a zjawisko potwierdza teorię. Jeżeli żadne zdanie jednostkowe dotyczące dziedziny, o której teoria traktuje, wynikające z twierdzeń tej teorii nie pozostaje w sprzeczności z żadnym zdaniem opisowym, empirycznym, to teoria ta uważana jest za adekwatną względem swej dziedziny; w przeciwnym razie adekwatność, czy ważność teorii zostaje zakwestionowana i jej aktualna postać upada¹¹.

W naukach humanistycznych, które nie są sformalizowane, teorie przyjmują nieco inne formy¹². Najprostszym rodzajem teorii jest tu typologia ujmująca podobieństwa zjawisk jedynie pod wskazanym względem, nie eliminująca przy tym przypadków niepowtarzalnych. Kryteria leżące u podstaw typologii nie mają charakteru ciągłości, ani jednorodności. Kolejną odmianą teorii to model, czyli uproszczony opis zjawiska. Właśnie to uproszczenie pozwala na korzystanie z modelu do interpretacji wielu zjawisk. Modele są wykorzystywane w naukach przyrodniczych. Innym jeszcze rodzajem teorii jest zasada, czyli zdanie opisujące stały bądź często powtarzający się ogół zjawisk: ich współistnienie lub współnastępowanie. A zatem na gruncie tych nauk teoriami są zdania wyrażające związki między zjawiskami i zmierzające do ustalenia charakteru tychże związków.

Poza naukami teoretycznymi, o których już wspomniano, możemy mówić o naukowym ujęciu praktyki. Majka J.¹³ zauważa, iż w tym przypadku koncentrujemy się na tym, co zostało wytworzone, lub jak się to wytwarzanie dokonuje. Takim właśnie wypowiedaniem się o praktyce są, jego zdaniem, nauki humanistyczne. Teoria w naukach praktycznych przyjmuje najczęściej potrójną formę: wartościowania, dyrektywy, lub normy etycznej, prawnej lub konwencjonalnej.

¹⁰ Nowak L., *dz. cyt.*, 33.

¹¹ Popper K. R., *Logika odkrycia naukowego*, Warszawa 1977, 90—94.

¹² Majka J., *dz. cyt.*, 104—105.

¹³ *Tamże*, 107—108.

2. PRZEGLĄD PODEJMOWANYCH PROBLEMÓW Z ZAKRESU SYMULACJI

W 1976 roku ukazała się *Theory of Modelling and Simulation* B. P. Zeiglera¹⁴. Tytuł publikacji sugeruje istnienie teorii symulacji. Dokonajmy zatem przeglądu zagadnień podejmowanych na gruncie tak zwanej teorii symulacji.

Istnieje bardzo bogata literatura dotycząca samej definicji pojęcia symulacji. I tak między innymi Pritsker A. A. B.¹⁵ w swym artykule przytoczył ponad dwadzieścia określeń symulacji, jakie udało mu się zgromadzić w oparciu o literaturę; podaje też własne określenie: Proponuje, by przez symulację rozumieć „reprezentację dynamicznego zachowania się systemu przez zmianę jego ze stanu do stanu zgodnie z dobrze określonymi regułami działania”¹⁶. W literaturze polskiej pojawiają się także interesujące propozycje. Melaniuk M.¹⁷ przyjmuje, że symulacją jest odwzorowanie zachowania się realnego systemu za pomocą utworzonego modelu tego systemu przy ściśle określonym celu tego odwzorowania.

Matera A.¹⁸ podaje, iż symulacja to badanie złożonego systemu przedmiotowego rzeczywistego lub hipotetycznego przez obserwowanie zmian zachodzących w upływającym czasie w dynamicznym modelu tego systemu pod wpływem zmieniających się warunków wewnętrznych i zewnętrznych w stosunku do systemu.

Świtalski Wł.¹⁹ uważa, iż symulacja polega na budowaniu i stosowaniu zjawisk i procesów w celu oceny i badania zachowania się modelu w zmieniających się warunkach zewnętrznych i wewnętrznych.

Wielgus M.²⁰ definiuje symulację jako technikę numeryczną,

¹⁴ Zeigler P., *Theory of Modelling and Simulation*, N. York—London 1976.

¹⁵ Pritsker A. A. B., *Compilation of definitions of simulation*, *Simulation* 33(1979)2, 61—63.

¹⁶ *Tamże*, 61.

¹⁷ Melaniuk M., *Symulacja a optymalizacja*, Prace Szkoły Symulacji Systemów Gospodarczych, Partecznik '85, Katowice 1985, 39.

¹⁸ Matera A., *Symulacyjna gra kierownicza — pojęcia i struktura*, Prace Szkoły Symulacji Systemów Gospodarczych, Lubachów '80, Wrocław—Gliwice 1980, 60.

¹⁹ Świtalski Wł., *Gry symulacyjne*, Prace Szkoły Symulacji Systemów Gospodarczych, Trzebieszowice '82, Wrocław 1982, 189.

²⁰ Wielgus M., *Przegląd języków symulacyjnych w aspekcie modelowania złożonych procesów ekonomicznych*, Materiały na Seminarium Symulacyjne modele przedsiębiorstw, Kraków '88, Kraków 1988, 104.

pozwalającą na dokonywanie eksperymentów na modelach, które przy pomocy komputera opisują zachowanie się systemu w przeciągu danego okresu czasu.

Uważa się, że najbardziej interesująca propozycja pochodzi od R. E. Shannona²¹. Jego zdaniem, symulacja to proces tworzenia modelu rzeczywistego systemu oraz prowadzenia eksperymentów na tym modelu w celu zrozumienia zachowania się systemu, lub oceny rozmaitych strategii dla działania tych systemów.

Ten wycinkowy zaledwie przegląd definicji pojęcia symulacji ukazuje zależność sposobu rozumienia pojęcia od punktu widzenia autorów, którzy je określają.

Innym zagadnieniem, poza sprawą definiowania, jest sposób przeprowadzania symulacji²². Pierwszym krokiem w procesie symulacji jest dokładne określenie celu jego podejmowania. Zestawienia możliwych celów dokonał J. Zieliński²³. Celem symulacji może więc być:

- ocena, na ile system o danej strukturze odpowiada pewnym konkretnym kryteriom,
- zestawienie konkurencyjnych systemów nastawionych na wykonanie określonej funkcji lub też zestawienia kilku metod,
- ocena zachowania się systemu w pewnym zestawie warunków roboczych,
- analiza całości, wykrywanie czynników, które mają największy wpływ na system,
- optymalizacja, wskazanie takiego zestawu czynników, przy którym uzyskuje się najlepsze reakcje systemu w całości,
- wykrywanie związków fizycznych, czyli określenie charakteru zależności między dwoma lub więcej czynnikami i ustalenie reakcji systemu.

Inny zestaw celów badań symulacyjnych podali J. Rajski i J. Tyszer w swej pracy poświęconej modelowaniu i symulacji²⁴. Ich zdaniem, celem symulacji może być:

- wyznaczenie ilościowych charakterystyk pracy systemu w określonych warunkach i przy określonych zasadach pracy,

²¹ Shannon R. S., *Systems Simulation: the Art and the Science*, New Jersey 1975, 2.

²² Por.: Fischman G. S., *Symulacja komputerowa. Pojęcia. Metody*, Warszawa 1981; Zeigler B. P., *dz. cyt.*; Barton R. F., *Wprowadzenie do symulacji i gier*, Warszawa 1974 i inni.

²³ Zieliński J., *Inżynieria systemowa*, Łódź 1984, 69.

²⁴ Rajski J., Tyszer J., *Modelowanie i symulacja cyfrowa*, Poznań 1986, 26.

- zbadanie wpływu zmian zasad pracy systemu na jego charakterystyki,
- zbadanie wpływu zmian warunków pracy systemu na jego charakterystyki,
- ułatwienie zrozumienia funkcjonowania systemu,
- uchwycenie pewnych cech systemu, które nie pozwalają na pełne wykorzystanie jego możliwości,
- określenie wartości pewnych zasobów systemu, które pozwalają na jego bardziej efektywną pracę.

Jednocześnie formułuje się uzasadnienie podejmowania symulacji²⁵. Badanie symulacyjne uzasadnione jest w każdym przypadku, gdy narzędzia analityczne w pracy są niemożliwe do wykorzystania lub niewskazane; gdy metody analityczne prowadzą do rozwiązania problemu zbyt wolno i mało efektywnie; gdy wszystkie inne metody zostały odrzucone lub uznane za nie dające gwarancji osiągnięcia oczekiwanych wyników; gdy istnieje udokumentowane przekonanie o sukcesie przeprowadzonej symulacji, gdy z racji ogromnej ilości obliczeń i konieczności skrócenia czasu należy wprowadzić użycie komputera; i gdy wreszcie sam proces symulacji może dostarczyć interesujących informacji o naturze procesów zachodzących w badanym systemie.

Ustalenie celu i zasadności przeprowadzenia badania symulacyjnego winien stanowić jego pierwszy krok. W metodologii procesu symulacji przytacza się szereg etapów²⁶. Etap pierwszy to określenie systemu, czyli sformułowanie problemu wraz z jasnym wskazaniem celu modelowania. Wł. Turski²⁷ określanie celu i zakresu badania nazywa specyfikacją problemu. A zatem przy specyfikacji chodzi o wyraźne określenie granic między systemem badanym a jego środowiskiem, wskazanie istotnych relacji, wybór parametrów, zmiennych, podanie ich miar.

Na drugim etapie ma miejsce tworzenie modelu. Model systemu jest ilościową i jakościową reprezentacją statycznej i dynamicznej struktury systemu. Model pozwala ukazać wpływ istotnych czynników z punktu widzenia badań na zachowanie się systemu. Ponieważ model przedstawia system, stany modelu przedstawiają stany systemu. Można zatem odnieść stany systemu do stanów modelu. Problemem pozostaje

²⁵ Tamże, 27.

²⁶ Tamże, oraz: Shannon R. E., *Systems Simulation — the Art and the Science*, Englewood Cliffs 1979.

²⁷ Turski Wł., *Propedeutyka informatyki*, Warszawa 1975.

ustalenie stopnia szczegółowości modelu w zestawieniu z systemem rzeczywistym. Im więcej szczegółów zostanie uwzględnionych, tym bardziej model zbliża się do rzeczywistości. Zaleca się zatem przyjęcie modularnej struktury modelu, która pozwala na dodawanie lub usuwanie pewnych modułów w modelu w zależności od potrzeb. Modularność modelu polega na jego rozbiciu na funkcjonalnie zamknięte moduły odpowiadające na przykład elementom symulowanego systemu, obiektem zewnętrznym, generatorom strumieni zegara itp. Przy tworzeniu modułów należy mieć na uwadze minimalizację powiązań między poszczególnymi modułami, co w przyszłości ułatwia wzajemną ich wymianę. Istnieje szereg korzyści płynących z modularności modelu²⁸. Warto pamiętać, iż nie istnieją żadne prawa tworzenia modeli, jest to sztuka sama w sobie. Podobnie sztuką jest weryfikacja modelu. Dobre wyniki daje metoda iteracji, czyli kolejnych przybliżeń. Proces iteracji stosuje się tak długo, aż kolejny otrzymany model osiągnie największy stopień adekwatności do rozwiązania postawionego problemu.

Następnym krokiem jest przygotowanie danych. Charakter danych wejściowych i zakres ich zmienności wynikają z teorii o modelowanym systemie. W większości przypadków modele symulacyjne mają odniesienie do realnie istniejących systemów rzeczywistych. Z tego powodu dane wejściowe są ściśle związane z danymi empirycznymi, jakimi dysponuje twórca modelu. Sposób wykorzystania danych empirycznych rzutuje na sposób wykorzystania modelu. Jeśli dane empiryczne wykorzystuje się jako bezpośrednie dane do programu symulacyjnego, to uzyskujemy wiedzę jedynie o przeszłości systemu. Wykorzystanie danych empirycznych do określania teoretycznych rozkładów prawdopodobieństw oraz automatycznego generowania liczb losowych według tych rozkładów daje możliwość przeprowadzenia badań prognozowania bez angażowania pamięciowych struktur danych. Najkorzystniejszy jest kolejny przypadek, gdy dane te wykorzystuje się do utworzenia empirycznych rozkładów prawdopodobieństwa i generowania odpowiednich liczb losowych. Daje to możliwość prognozowania przy pamiętaniu jedynie wstępnego rozkładu empirycznego²⁹.

²⁸ Tymi korzyściami są między innymi: niezależna realizacja poszczególnych elementów modelu, możliwość sparаметryzowania poszczególnych modułów, możliwość kreowania różnych wariantów modelu złożonych z istniejących modułów.

²⁹ Franta W. R., *The process view simulation operating and Programming Systems*, NY 1972.

Zaprogramowanie modelu pociąga za sobą wybór odpowiedniego języka programowania, wyboru sprzętu komputerowego. W chwili, gdy mikrokomputery stały się dostępne dla każdego, wybór ten jest sterowany wielkością pamięci komputera, sposobem modyfikacji struktury modelu, umiejętnościami użytkownika itp.

Następnym ważnym krokiem procesu symulacji jest ocena adekwatności modelu, czyli walidacja. Stan ten polega na sprawdzeniu zachowania się modelu w porównaniu z systemem rzeczywistym. Określenie zasadności modelu oznacza poddanie go próbie, czy odpowiada on rzeczywistości. Jest oczywiste, iż nie jest możliwa jednoznaczność. Walidacja koncentruje się na określeniu stopnia zgodności modelu z opisywanym przez niego systemem. W tym celu przeprowadza się szereg testów empirycznych. Jeśli podczas takiego testowania wiarygodności modelu nie następuje jej podważenie, to wzrasta stopień zaufania do modelu³⁰.

Ostatnim etapem jest interpretacja wyników symulacji oraz dokumentacja modelu. Zadanie to realizowane jest na podstawie planu eksperymentów. Dokonuje się zestawienia wejścia i wyjścia. Dobry program powinien zawierać elementarne moduły wstępne oceny wyników symulacji, zwłaszcza w zakresie podstawowych statystyk, średniej, wariancji, regresji, korelacji, podstawowych testów statystycznych.

Dokumentacja modelu winna obejmować takie elementy jak: charakterystykę analizowanego systemu z podaniem warunków początkowych, cel i zakres badanego systemu, projekt modelu i tabulogram programu, plan eksperymentów, wykaz danych wejściowych wykorzystywanych w kolejnych przebiegach eksperymentu, zestawienie poszczególnych przebiegów, analizę i ocenę tychże przebiegów, wnioski z przeprowadzonych badań, zalecenia do dalszych eksperymentów oraz wskazówki co do wykorzystania modelu i dalszych badań³¹.

Ze względów metodologicznych wylicza się również szereg rodzajów błędów, jakie są popełniane przez twórców modeli

³⁰ Metody oceny adekwatności są następujące: obserwacje pracującego modelu przez osoby nie związane z opracowywaniem modelu, przesłedzenie w odwrotnym kierunku toku rozumowania przyjętego w trakcie opracowania modelu, sprawdzenie, czy model nie generuje wyników absurdalnych dla typowych danych wejściowych oraz sprawdzenie, czy generowane wyniki mają sens, i czy istnieje ich interpretacja w rzeczywistym systemie; por.: Rajski J., Tyszer J., *dz. cyt.*, 22–23.

³¹ *Tamże*, 26.

symulacyjnych oraz ze sposobami ich unikania³². Wśród najczęstszych błędów pojawiają się: niewłaściwie dobrany poziom szczegółowości, tj. zagubienie się w nieistotnych szczegółach; użycie niewłaściwego języka programowania; znikoma lub nieistniejąca dokumentacja; użycie niesprawdzonego modelu; korzystanie z przestarzałych narzędzi oraz niepublikowanych wyników sytuacji.

Na zakończenie prezentacji problematyki podejmowanej na gruncie symulacji warto wspomnieć o zakresie obejmującym te badania oraz wskazać przykłady dobrze opracowanych modeli symulacyjnych. Właściwie trudno podać dziedzinę, w której nie podejmuje się prób wykorzystania symulacji w badaniu systemów rzeczywistych, czy abstrakcyjnych. Symulacja pojawia się zarówno w teorii, jak i w praktyce. W naukach formalnych korzysta się z niej rzadziej, zaś w realnych — bardzo często. Istnieje duża grupa modeli symulujących zjawiska ekonomiczne, psychologiczne, biologiczne³³.

3. PRÓBA ROZWIĄZANIA ZAGADNIENIA

Przytoczone dane sugerują, iż na symulację można spojrzeć niejako z dwu stron. Skoro symulacja polega na modelowaniu wybranego fragmentu rzeczywistości, to uzyskiwane w jej wyniku modele same stanowią pewne teoretyczne ujęcie swoich prototypów. Stąd język symulacji jest językiem pierwszego stopnia, czyli językiem przedmiotowym. Jednocześnie jednak modele symulacyjne same mogą być przedmiotem badań w języku drugiego stopnia, czyli w metajęzyku. Ten metajęzyk może być językiem teoriosystemowym, teoriomnogościowym, cybernetycznym, czy jeszcze innym. W publikacjach poświęconych symulacji znajdujemy również takie właśnie ujęcia³⁴.

³² Annino J. S., Russel E. C., *The ten most frequent causes of simulation analysis failure — and how to avoid them*. *Simulation* 32(1979)6, 137—140.

³³ Przykładami takich modeli są: model rodziny pszczołej podany przez Migacz A., Tadeusiewicz R., *The computer model of Bee colony*, *Systems science* 9(1983)3, 83—95; model symulujący zmiany sytuacji rynkowej w Polsce w latach 1983—1985, *Prace Szkoły Symulacji Systemów Gospodarczych*, Miłków '83, Wrocław 1983, 103—110 podany przez Pawilno-Pacewicz J. oraz inne.

³⁴ Switalski Wi., *Symulacyjne modele systemów ekonomicznych*, *Ekonomista* 1987 nr 6, 1201—1214; Latwiec A., *Symulacja zjawisk biologicznych widziana systemowo*, *St. Phil. Christ.* 26(1990)2, 37—53; Nowakowski M., *Nieokreśloność — rozmyte modele — symulacja*, *Prace Szkoły Symulacji Systemów Gospodarczych*, Miłków '83, Wrocław 1983,

Z drugiej strony ujęcie symulacji wiąże się z podejściem praktycznym. Symulacja jest tu traktowana na równi z innymi, może bardziej znanymi metodami naukowymi. Z tego punktu widzenia interesuje nas ona jedynie jako środek prowadzący do określonego celu. Stąd właśnie w literaturze znajdujemy wskazówki, jak postępować, by w sposób najbardziej efektywny uzyskać wiarygodne wyniki. Podaje się także metody weryfikacji modeli uzyskanych na drodze symulacji⁸⁵ a także optymalizacji⁸⁶. Warto wspomnieć także, iż istnieje bogato rozwinięta teoria weryfikacji oraz optymalizacji, które wykorzystuje się w procesie symulacji. Wiadomo nadto, iż z symulacji korzysta się często wówczas, gdy charakter badanego systemu nie pozwala na bezpośrednią interwencję w system rzeczywisty. Z takimi przypadkami mamy do czynienia między innymi wówczas, gdy systemem badanym jest człowiek, jego mózg, ważny dział przemysłu, sytuacja w danej grupie społecznej, itp. Nie można bowiem podjąć bezpośrednich badań diagnostycznych, czy prognostycznych ingerując w pracę mózgu człowieka, w pracę przedsiębiorstwa obserwując reakcje na wywoływane sztucznie zmiany, czy wreszcie wywoływać zamieszki w grupie społecznej, a wszystko to w celu zbadania wybranych systemów przedmiotowych. W tego typu sytuacjach tworzy się odpowiednie modele symulacyjne, uwzględniające najbardziej istotne wpływy czynników i obserwuje się zachowania modeli. Eksperyment symulacyjny daje tu odpowiedź na podstawowe pytania. Częstym pytaniem jest: co by było, gdyby...? Na takie pytanie nie można uzyskać odpowiedzi bez podjęcia ryzyka, gdy badamy bezpośrednio system rzeczywisty.

Wydaje się, iż na postawione w tytule pytanie można odpowiedzieć w sposób następujący: Kiedy korzystamy z symulacji

79—102; Norris A., *On defining the simulation process*, *Simulation* 1969, nr 9, 199—200.

⁸⁵ Por.: Wandor B. W., *Weryfikacja modeli — problem ciągle aktualny*. Prace Szkoły Symulacji Systemów Gospodarczych, Miłków '83, Wrocław 1983, 207—231; Radościński E., *Kilka uwag o weryfikacji modeli*, Prace Szkoły Symulacji Systemów Gospodarczych, Węgierska Górka '86, Katowice 1986, 101—108; Szczurowski L., *Weryfikacja i walidacja komputerowych modeli symulacyjnych*, Prace Szkoły Symulacji Systemów Gospodarczych, Węgierska Górka '86, Katowice 1986, 127—155.

⁸⁶ Por.: Fishman G. S., *Symulacja komputerowa. Pojęcia. Metody*, Warszawa 1981, 23—24; Melaniuk M., *Symulacja a optymalizacja*, Prace Szkoły Symulacji Systemów Gospodarczych, Partecznik '8, Katowice 1985, 39—43.

jako metody, to mamy do czynienia z naukowym ujęciem praktyki. Korzystamy z metody naukowej w wielu dziedzinach (nauka, gałęzie przemysłu, rozrywka). W takim ujęciu mówimy o teorii stosowanej w praktyce. Symulacja ma tu swój własny, ściśle określony system przedmiotowy, czyli swój własny przedmiot badania. Przedmiot ten jest poddawany eksperymentowi symulacyjnemu, według ściśle określonych zasad, w określonym celu. Przedmiot badany może pochodzić z różnych dziedzin wiedzy i życia.

W przypadku symulacji ujmowanej jako przedmiot badania naukowego, odpowiedź na postawione pytanie wydaje się być nieco trudniejsza. Inne analogiczne teorie, takie jak teoria informacji, gier, decyzji wyrosła z teorii matematycznej. Mają zastosowanie w ekonomii, psychologii, metodologii nauk itp. Z symulacją spotykamy się od najwcześniejszych lat dziecięcych (zabawy dziecięce), w marzeniach, od dawna już w grach wojennych. Właśnie gry wojenne doczekały się wielu poważnych opracowań naukowych³⁷. Na sposób definiowania symulacji ma wpływ cel, jaki przyświeca twórcy modelu. W tym znaczeniu symulacja jest objęta przez szereg teorii, z których każda może zajmować się innym aspektem procesu symulacji.

Symulacja jest zatem nie tylko ważnym narzędziem czy metodą praktyki naukowego poznawania świata, lecz sama jest teorią, czy raczej opisem teorii, na ile modele symulacyjne stanowią adekwatne odwzorowanie swych prototypów pod wybranym względem: będąc zaś obiektem badań owe modele, prototypy i stosunki między nimi sprawiają, iż powstaje wiele teorii symulacji dopełniających się wzajemnie lub konkurencyjnych.

EXISTE-T-IL UNE THÉORIE DE LA SIMULATION ET LA SIMULATION EST-ELLE UNE THÉORIE?

Résumé

Dans le présent article il s'agit d'essayer de répondre à la question s'il existe une théorie de la simulation et si la simulation est elle-même une théorie.

Après avoir esquissé les principes méthodologiques et avoir passé

³⁷ Por.: Marczak I., *Zastosowanie symulacji w dydaktyce w XVIII w. we Francji*, Prace Szkoły Symulacji Systemów Gospodarczych, Miłków '83, Wrocław 1983, 47—58; Mańkowski M., *Współczesne, symulacyjne modele walki*, Prace Szkoły Symulacji Systemów Gospodarczych, Trzebiezowice '82, Wrocław 1983, 23—38.

en revue les problèmes liés à la simulation a été admise la solution suivante. La simulation n'est pas seulement un instrument important ou une méthode de la pratique de la connaissance du monde; c'est aussi une théorie, ou plutôt une description de la théorie qui établit pour combien les modèles simulationnistes sont une application, une projection de leurs prototypes à partir d'un point de vue choisi. En tant que objet de recherche, ces modèles, ces principes et les relations entre eux déterminent en tant que causes l'existence de plusieurs théories de la simulation qui sont complémentaires ou concurrentielles entre elles.