

Anna Latawiec

Symulacja w świetle teorii gier

Studia Philosophiae Christianae 28/1, 53-68

1992

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

SYMULACJA W ŚWIETLE TEORII GIER

1. Symulacja a modelowanie. 2. Teoria gier: pojęcia, metodologia, wykorzystanie. 3. Refleksje nad wzajemnymi relacjami omawianych pojęć.

Pojawienie się kolejnych modeli mikrokomputerów personalnych, dostępnych coraz szerszemu kręgowi użytkowników przyczynia się do wzrastającego wykorzystania ich do prac twórczych, między innymi do tworzenia programów symulacyjnych i gier. Prezentowane rozważania uwypuklą relacje zachodzące między pojęciem symulacji, modelowania i gry symulacyjnej oraz ukażą ich naukową użyteczność.

1. SYMULACJA A MODELOWANIE

Łacińskie *simulatio* oznacza udawanie. Już intuicja nasuwa nam rozumienie symulacji jako naśladowanie zachowania się wybranego przedmiotu, grupy przedmiotów lub jakiegoś procesu z wykorzystaniem innego przedmiotu, grupy przedmiotów lub innego procesu. W publikacjach poświęconych prezentacji konkretnych przykładów symulacji często pomijane jest wyjaśnienie rozumienia omawianego pojęcia. Należy przypuszczać, iż powyższa sytuacja wynika z faktu takiego intuicyjnego pojmowania symulacji oraz zwracania szczególnej uwagi na sam przebieg procesu symulacyjnego, a pomijanie jego istoty. Jednocześnie pojawiają się coraz częściej prace, w których przede wszystkim omawia się znaczenie pojęcia symulacji¹. Można zauważyć, iż nowoczesny sprzęt komputerowy ma też wpływ na rozumienie pojęcia symulacji. Wiąże się to pojęcie z techniką numeryczną², programem kompu-

¹ Pritsker A. A. B., *Compilation of definitions of simulation*, Simulation, VIII 1979, 61—63 — autor przytacza ponad dwadzieścia określeń symulacji zebranych w literaturze anglojęzycznej.

² Naylor T. H., et al. *Computer Simulation Techniques*, New York 1966, 3.

terowym³, użyciem komputera⁴, modelowaniem na maszynie cyfrowej⁵, działaniem programu⁶.

W proponowanych wyjaśnieniach rozumienia pojęcia symulacji najczęściej podkreśla się wskazywanie celu podejmowanego badania⁷ oraz wiązanie symulacji z upływem czasu⁸. Cel badania symulacyjnego wpływa na sposób jego przeprowadzenia, zaś uchwycenie aspektu czasowego decyduje o możliwości zastosowania symulacji jako metody poznania.

Przytoczymy poniżej kilka propozycji ujęć pojęcia symulacji, które wydają się być szczególnie interesujące.

„Pojęcie symulacja, ściśle mówiąc, powinno być zarezer-

³ Stanislaw H., *Tests of computer simulation validity. What do they measure?*, Simulation and Games, vol. 17, num 2, 1986, 173—174; Proth J. M., Hillion H. P., *Mathematical tools in Production Management*, NY — London 1990, 26.

⁴ Zeigler B. P., *Theory of Modelling and Simulation*, NY 1976, 3; Schruben L. W., Margolin B. M., *Random Number Assignment in Statistically Designed Simulation and Distribution Sampling Experiments*, Journal of American Statistical Association, vol. 73, num. 363, sept 1978, 504; Bańka J., *Filozofia techniki. Człowiek wobec odkrycia naukowego i technicznego*, Katowice 1980, 137; Pabis St., *Metodologia i metody nauk empirycznych*, Warszawa 1985, 241.

⁵ Fishman G. S., *Concepts and Methods in discret Evant Digital Simulation*, New York 1973, 23; Zeigler B. P., *Theory of Modelling and Simulation*, New York 1976, 3; Stanislaw H., dz. cyt., 173—174.

⁶ Lehman R. S., *Computer simulation and Modeling: an Introduction*, NY 1977, 8.

⁷ McLeod J., *Simulation Today—from Fuzz to Fact*, Simulation III, 1973, 9; Fishman G. S., dz. cyt., 14; Shannon R. E., *Systems Simulation: the Art and Science*. New Jersey 1975, 2; Bobiller P. A. — Kahan B. C., Probst A. R., *Simulation with GPSS and GPSS V*, New Jersey 1977, 6; Melaniuk M., *Symulacja a optymalizacja*, Prace Szkoły Symulacji Systemów Gospodarczych Partecznik '85, Katowice 1985, 39; Kazimierzczak J., *System cybernetyczny z zachowaniem celowym*, Warszawa 1978, 191; Pabis St., dz. cyt., 241.

⁸ Kiviat P. J., *Digital Computer Simulation: Modeling Concepts*, Memorandum RM-5378-PR, The Rand Corporation 1967, 4; Bonham-Carter G., Harbaugh J. W., *Simulation of geologic Systems: an overview*, Simulation 1969, vol. 12, nr 2, 82; Gordon G., *System Simulation*, New Jersey 1969, 17; Kleijnen J. P. C., *Statistical Techniques in Simulation: Part I*, New York 1974, 14; Gordon G., *The Application of GPSS V to Discrete System Simulation*, New Jersey 1975, 7; Schruben L. W., Margolin B. M., dz. cyt., 504; Matera A., *Symulacyjna gra kierownicza — pojęcia i struktura*, Prace Szkoły Symulacji Systemów Gospodarczych Lubachów '80, Wrocław-Gliwice 1980, 60; Ryś T., *Problemy symulacji cyfrowej dynamiki systemów na przykładzie specjalizowanego języka symulacyjnego „DYSMAP”*, Prace Szkoły Symulacji Systemów Gospodarczych Lubachów '80, Wrocław-Gliwice 1981, 93.

wowane dla oznaczenia użycia modelu w celu przeprowadzenia „eksperymentów” specjalnie skonstruowanych do badania wybranych aspektów obiektu modelowanego, czyli świata rzeczywistego lub systemu hipotetycznego, który ma być modelowany⁹.

„Symulacja jest konstruowaniem matematyczno-logicznego modelu systemu i eksperymentalną manipulacją na nim przy pomocy komputera”¹⁰.

„Symulacja jest 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 odwzorowywanych właściwym im modelem”¹¹.

„Symulacja jest to model operacyjny cech centralnych lub elementów rzeczywistego lub zaproponowanego systemu, procesu lub otoczenia. Definicja ta akcentuje najważniejsze wymiary symulacji, mianowicie:

- symulacja jest formą modelu,
- jest dynamicznym, w przeciwieństwie do statystycznego, modelem,
- zawiera tylko wyselekcjonowane elementy systemu,
- omawiane systemy mogą być kilku rodzajów”¹².

Cytowane określenia ukazują, iż trudno jest mówić o symulacji w oderwaniu od pojęcia modelu czy modelowania. Stąd też przechodzimy obecnie do rozważenia relacji zachodzących między pojęciem modelowania i symulacji. Ze względów metodologicznych proponujemy, aby następująco zestawić omawiane pojęcia:

model		symulator
rodzaje modeli		rodzaje symulatorów
modelowanie		symulacja.

⁹ McLeod J., *Simulation Today — and Yesterday*, Simulation V, 1972, 3.

¹⁰ Pritsker A. A. B., *The GASP IV Simulation Language*, NY 1974, 1.

¹¹ Matera A., dz. cyt. 60 — określenie uzupełnione przez Świtalski Wł., *Symulacyjne modele systemów ekonomicznych*, *Ekonomista* 1987, nr 6, 1202.

¹² Greenblat C. S., *Designing games and simulation. An Illustrated handbook*, London-New Delhi 1988, 14.

Z pragmatycznego punktu widzenia model jest konkretnym, interpretacyjnym wyrazem teorii, albo jednej lub kilku hipotez¹³. Wyraz „interpretacyjny” oznacza, że modele nie są tworem natury, lecz zbudowane przez człowieka. Podkreślamy, iż tłem dla konkretyzacji przy budowie modelu jest istniejąca teoria pierwotna. Model, który przedstawia hipotezę jest oparty na istniejącej teorii, może również obejmować hipotetyczne warianty, a więc niekoniecznie przedstawiać coś, co już istnieje¹⁴.

Model jest zbiorem instrukcji służących do wygenerowania danych w postaci wykresu¹⁵. Na podstawie modelu możemy obserwować reakcje układu. A zatem model może być rozumiany jako układ fizyczny lub symboliczny, który pod względem formalnym odtwarza oryginał. Model i oryginał są powiązane pewnym morfizmem, czyli podobieństwem formy¹⁶. O morfizmach, z racji modelowania można mówić w dwu aspektach: izomorfizmie struktury i zachowania. Z pierwszą sytuacją spotykamy się, gdy wszystkie elementy i powiązania układu A są wzajemnie jednoznacznie przyporządkowane elementom i powiązaniom układu B (analogicznie, jak negatyw i pozytyw)¹⁷, zaś z sytuacją drugą spotykamy się, gdy przestrzenie wejścia i wyjścia tych układów są wzajemnie przyporządkowane w taki sposób, że zachowana jest wzajemnie jednoznaczna odpowiedniość między transformacjami¹⁸. Jeśli więc model i oryginał posiadają strukturę izomorficzną, to jest to model struktury; a jeśli wykazują zachowanie izomorficzne — to mówimy o modelu zachowania się¹⁹.

Zazwyczaj model odtwarza tylko częściowy przebieg procesu lub tylko jedną jego funkcję, przez co ułatwia jego badanie.

Najczęściej modele dzielimy na fizyczne i symboliczne²⁰.

¹³ Barton R. F., *Wprowadzenie do symulacji i gier*, Warszawa 1974, 35.

¹⁴ *Tamże*, 36.

¹⁵ Zeigler B. P., *Teoria modelowania i symulacji*, Warszawa 1984, 25.

¹⁶ Wartak J. *Metody cybernetyczne w biologii i w medycynie*, Warszawa 1966, 56.

¹⁷ Mynarski S., *Elementy teorii systemów i cybernetyki*, Warszawa 1979, 47.

¹⁸ *Tamże*, 47.

¹⁹ *Tamże*, 47—48.

²⁰ Taki podział proponuje między innymi: Wartak J., *Metody cybernetyczne... dz. cyt.*, 57; por. także Pabis St., *dz. cyt.*, 77—79 — autor ten nazywa je odpowiednio materialnymi i abstrakcyjnymi. Modele

Te ostatnie z kolei, obejmują modele logiczne i matematyczne. Modele fizyczne stanowią materialne odwzorowanie układów rzeczywistych. Modele logiczne odwzorowują zachowanie się układu poprzez zespół zależności logicznych, matematyczne zaś — stanowią zbiór związków, relacji matematycznych między zmiennymi. Często jedną ze zmiennych jest czas, a wówczas model taki przedstawia zachowanie się lub historię układu, czyli następstwo stanów w czasie²¹.

Z innego punktu widzenia można podzielić modele na doświadczalne, matematyczne, logiczne i teoretyczne²². Pierwsze z nich buduje się i stosuje w bezpośrednich badaniach. Są to więc jakby kopie, modele w skali oraz modele działające i odwzorowujące przebieg procesów (faktycznie są to modele fizyczne). Stosuje się je wówczas, gdy nie ma odpowiednich równań matematycznych, gdy eksperymenty na oryginale są trudne bądź, gdy równania do rozwiązania są zbyt zawiłe. Jeden model fizyczny tworzy się po to, by posłużyć jako model innego układu fizycznego. Modele logiczne stanowią zbiór obiektów spełniających aksjomaty i twierdzenia jakiegoś formalnego systemu dedukcyjnego.

Modele teoretyczne stanowią myślowe konstrukcje służące wyjaśnieniu obserwowanych zjawisk. Często stanowią one wyobraźalny mechanizm, proces w oparciu o analogię z jakimiś mechanizmami lub procesami. Od modeli matematycznych różnią się tym, że z zamierzenia mają odzwierciedlać głęboką strukturę rzeczywistości, a wykorzystuje się je do tworzenia teorii wyjaśniających zjawiska.

Modele matematyczne to symboliczne przedstawienia ilościowych wartości zmiennych, występujących w układach fizycznych lub społecznych. Stanowią symboliczne przedstawienia niektórych aspektów jakiegoś systemu fizycznego. Stosuje się je przede wszystkim do przewidywania zachowania się tego systemu. System pierwotny przypominają jedynie pod względem struktury formalnej. Mogą być prezentowane w postaci analitycznej (równań, wzorów), tabelarycznej (macierzy, wektorów), graficznej (wykresów, diagramów, rysunków). Stanowią opis związków występujących między wyróżniony-

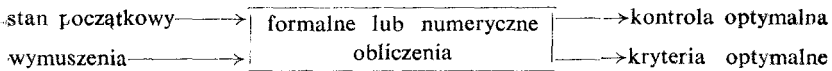
abstrakcyjne dzieli na podobne informacyjnie i podobne strukturalnie. Do modeli podobnych strukturalnie należą, jego zdaniem, modele matematyczne.

²¹ Por. Wartak J., *dz. cyt.*, 57—58.

²² Barbour I. G., *Mity, modele, paradygmaty*, Kraków 1984, 41—53 — przy czym szczególną rolę i szczególne miejsce, jego zdaniem, warto przyznać modelom teoretycznym.

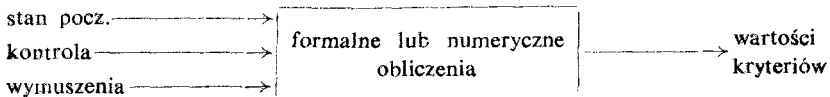
mi cechami badanego obiektu fizycznego lub abstrakcyjnego. W pierwszym przypadku dokonuje się idealizacji obiektu fizycznego, w drugim — interpretacji matematycznej obiektu abstrakcyjnego²³. Model matematyczny jest zbiorem równań użytych do opisu systemu fizycznego.

Przyjrzymy się bliżej modelom matematycznym. Można wyróżnić ich dwa typy²⁴. Pierwszy z nich daje się przedstawić w następującej postaci:²⁵



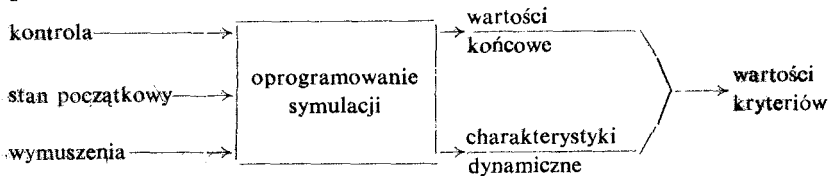
Ten typ modeli zawiera tradycyjne modele matematyczne, jak modele programowania liniowego, modele programowania dynamicznego.

Drugi typ modeli matematycznych posiada następującą postać:²⁶



Ten typ jest bardzo podobny do schematu symulacji, przy czym różnica dotyczy zawartości skrzynki; w symulacji używane jest programowanie symulacyjne, zaś w omawianym typie modelowania **matematycznego** — formalne lub numeryczne obliczenia.

Schemat symulacji może więc być ujęty w następującej postaci:²⁷



Konsekwentnie wnioskujemy, że modele matematyczne należy wiązać z procesem symulacji. Nadajemy im postać równań opisujących badaną rzeczywistość.

²³ Mynarski S., *dz. cyt.*, 49.

²⁴ Proth J. M. Hillion H. P., *dz. cyt.*, 33.

²⁵ *Tamże*, 33.

²⁶ *Tamże*, 36.

²⁷ *Tamże*, 30.

W podejmowanych rozważaniach zaproponowano zestawienie pojęcia modelu z pojęciem symulatora. Symulator może być rozumiany bądź jako urządzenie służące do odwzorowywania zachowania się systemu dzięki posiadaniu przez niego cech charakterystycznych analogicznych do cech systemu fizycznego, bądź też jako urządzenie wykorzystywane przez człowieka w wykonywaniu określonych zadań, do współdziałania w pracach operatorskich, lub do trenowania człowieka²⁸. Jest więc symulator swoistym modelem fizycznym odwzorowującym stan fizyczny obiektu modelowanego. A zatem symulator, będąc szczególnym typem modelu fizycznego, można uznać za należący do podklasy modeli w ogólności. Podporządkowanie symulatorów modelom wydaje się być zabiegiem metodologicznie poprawnym.

Pośród różnych typów modeli związanych z pojęciem symulacji, pojawia się w literaturze model symulacyjny. Rozumie się przez niego model matematyczny w postaci komputerowej²⁹. Model symulacyjny³⁰ jest modelem dynamicznym związanym ze zmianami stanu w czasie. Przez stan modelu rozumie się wartości zmiennych w danej chwili. Czas rzeczywisty, jaki wiąże się z modelem symulacyjnym, to czas zegarowy, czas w jakim funkcjonują systemy przedmiotowe. Czas rzeczywisty jest w modelu symulacyjnym reprezentowany przez zmienną modelu symulacyjnego zwaną czasem symulowanym.

Model symulacyjny charakteryzuje się szeregiem własności³¹, jak: przedstawia całość lub część systemu przedmiotowego, może być wykonywany lub modyfikowany, jedną z jego zmiennych jest czas lub liczba powtórzeń, jego przeznaczeniem jest ułatwienie poznania systemu przedmiotowego. A zatem jest częściowym opisem systemu przedmiotowego, służy wyjaśnieniu jego działania w przeszłości, pozwala przewidzieć jego działanie w przyszłości, służy istniejącej teorii, za pomocą której poznajemy system przedmiotowy. Modele symulacyjne posiadają więc wszystkie ogólne cechy modeli i tworzone są jako konkretny wyraz teorii lub hipotezy.

Pojęcie modelu już intuicyjnie kojarzymy z pojęciem mo-

²⁸ *The SCS Definitions of Terms for Analog and Hybrid Computers, Simulations* 3 (1976) 86.

²⁹ *Tamże*, 86.

³⁰ Barton R. F., *dz. cyt.*, 38.

³¹ *Tamże*, 36—37.

delowania, to zaś jawi się nam w proponowanych określeniach symulacji. Wydaje się, iż szczególnie ważne jest uchwycenie różnic i podobieństw w rozumieniu tych dwu pojęć: modelowania i symulacji. Metoda modelowania jest pewnym substytutem metody dedukcyjnego tworzenia teorii pozwalającą na wzorowanie się na rozwiązaniach wcześniej przyjętych oraz konstruowania rozwiązań analogicznych³². Modelowanie polega więc na odwzorowaniu określonych charakterystyk jednego obiektu (oryginału) przez odpowiednie charakterystyki modelu³³. Modelowanie pozwala na eksperymentalne badanie różnych aspektów złożonego zachowania systemów biologicznych i dzięki temu umożliwia weryfikację hipotez formułowanych w celu wyjaśnienia danego procesu, lub też umożliwia opracowanie nowych koncepcji. Modelowanie pozwala praktycznie sprawdzić hipotezy o mechanizmie działania układów, a także w oparciu o badanie zachowania się modelu można sformułować kolejne hipotezy. W modelowaniu na pierwsze miejsce wysuwa się problemy badawcze³⁴.

W modelowaniu istotna jest zasadność modelu, którą mierzy się stopniem zgodności między danymi z systemu rzeczywistego a danymi generowanymi przez model. Zasadność tę daje nam zestawienie³⁵:

dane z systemu rzeczywistego = dane generowane przez model.

Zestawiając pojęcie modelowania i symulacji można zauważyć, iż modelowanie dotyczy głównie zależności pomiędzy systemami rzeczywistymi a modelami, zaś symulacja wiąże się głównie z zależnościami pomiędzy komputerami a modelami³⁶.

Symulacja dotyczy wierności, z jaką komputer wykonuje instrukcje wymagane przez model. Wierność ta jest związana z poprawnością programu realizowanego przez model³⁷.

Powyższe rozważania pozwalają zauważyć, iż istnieje zależność typu modelowania od użytego rodzaju modelu, to jest — za pomocą modeli fizycznych wykonujemy modelowanie fi-

³² Nowak L. *Wstęp do idealizacyjnej teorii nauki*, Warszawa 1977, 122.

³³ Mynarski S., *dz. cyt.*, 46.

³⁴ Wartak J., *dz. cyt.*, 159—161.

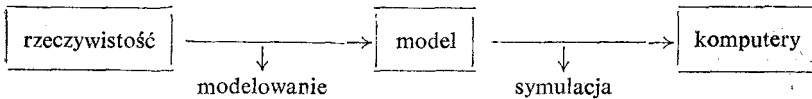
³⁵ Zeigler B. P., *Teoria modelowania...* *dz. cyt.*, 25.

³⁶ *Tamże*, 23.

³⁷ *Tamże*, 29.

zyczne, zaś za pomocą modeli matematycznych — modelowanie matematyczne, itp.

Chcąc bardziej jeszcze przybliżyć oba pojęcia, czyli modelowania i symulacji, możemy powiedzieć, iż modelowanie to tworzenie modelu, zaś symulacja to odwzorowanie systemu rzeczywistego za pomocą komputera. Schematycznie różnice te można nakreślić następująco:



Obie metody służą poznaniu rzeczywistości, przy czym w procesie symulacji jest to poznanie pośrednie poprzez odpowiednio skonstruowany model. W efekcie procesu modelowania powstają modele. Jeśli w wyniku modelowania otrzymujemy model matematyczny, to dalszym procesem poznawczym może być proces symulacji. Modelowanie może być i często jest celem samym w sobie, podczas gdy symulacja następuje dopiero po procesie modelowania.

2. TEORIA GIER: POJĘCIA, METODOLOGIA, WYKORZYSTANIE

O teorii gier można mówić w dwu znaczeniach: w znaczeniu teorii gier symulacyjnych wywodzących się z gier wojennych, oraz o teorii gier matematycznych związanej przede wszystkim z nazwiskiem Johna von Neumanna. Najstarsza gra wojenna, o której posiadamy informacje, powstała 3000 lat temu w Chinach³⁸, lecz prawdziwy rozkwit gier wojennych przypada na wiek XVIII we Francji³⁹. „Nowa gra wojenna” opracowana w 1798 roku posiadała bardzo realistyczny charakter, bogaty zbiór reguł, rozbudowany model. Jednocześnie bogactwo wymaganych rekwizytów, jak mapy, szachownice,

³⁸ Wilson A., *The Bomb and the Computer. War Gaming from Ancient Chinese Mapboard to Atomic Computer*, New York 1968; Wilson A., *War Gaming*, London 1968 — cyt. za: Mańkowski M., *Współczesne symulacyjne modele walki*, Prace Szkoły Symulacji Systemów Gospodarczych Trzebiezowice '82, Wrocław 1983, 23.

³⁹ Marczak I., *Zastosowanie symulacji w dydaktyce w XVIII wieku we Francji*, Prace Szkoły Symulacji Systemów Gospodarczych Miłków '83, Katowice 1984, 47—58 — bardzo interesująca prezentacja zastosowań symulacji oraz symulacyjnych gier w dydaktyce na podstawie przytoczonych trzech przypadków.

sztynne zasady przyczyniły się do zawężenia grona jej użytkowników⁴⁰. Kolejne gry wzbogacano o kierowników rozgrywek, wprowadzano rozluźnianie zasad, możliwość dodatkowych analiz przebiegu rozgrywek, wprowadzano modele matematyczne.

Okazuje się, iż gry wojenne mają i dziś duże zastosowanie dydaktyczne w armii⁴¹. Niewątpliwym przyczynkiem do znacznego rozwoju gier wojennych było pojawienie się komputerów, a co za tym idzie — możliwość szybkiego przetwarzania bardzo dużej ilości informacji w znacznie skróconym czasie, wykorzystanie bogatej grafiki i dynamiki obrazu.

Natomiast teoria gier matematycznych stanowi nowszą dziedzinę badań matematyki wykorzystującą algebrę wyższą, głównie rachunek macierzowy, analizę matematyczną, topologię, rachunek prawdopodobieństwa, równania całkowe i różniczkowe. Za twórcę tego działu przyjęto uważać von Neumanna⁴². Istnieje szereg prostych gier jak: *Bluff*, *Kooperacja*, *Śmiecie*, *Stagnacja*, w których wykorzystuje się wspomniane działy matematyki. Posłużymy się grą *Śmiecie*, jako ilustracją wykorzystania matematyki w teorii gier. Jest to gra wieloosobowa. Odzwierciedla ona zjawisko zaśmiecania ulic. Każdy z uczestników posiada niepotrzebny śmieć. Może go wrzucić do kosza lub upuścić na ulicę. Jeśli decyduje się upuścić, to musi wyrzucić dwie kostki do gry. W przypadku dwu jedynek płaci mandat w wysokości 1 dolara. Prawdopodobieństwo zapłacenia mandatu jest takie, jak właśnie wyrzucenie dwu jedynek, czyli $1/36$. Wybranie drugiej możliwości, czyli wrzucenie do kosza jest równoznaczne z zaplaceniem 5 centów, co jest wynikiem opłacania służb porządkowych wywożących śmieci, bądź też może być traktowane jako opłata związana z wykonaniem dodatkowej pracy na dojście do kosza. Po wykonaniu przez wszystkich graczy wybranego ruchu, następuje podliczenie wszystkich papierów

⁴⁰ Danecka E., Soniewicki B., *Rola komputerowych gier symulacyjnych w kształceniu kadr ekonomicznych*, w: *Informatyka w dydaktyce*, Kołobrzeg 1978, 318.

⁴¹ Dotyczy to zarówno szkolenia armii polskiej (por. Mańkowski M. *dz. cyt.*, 23—28), jak i armii amerykańskiej (por. Dąbrowski P. J., *Modele symulacyjne prostych gier wojennych*, Prace Szkoły Symulacji Systemów Gospodarczych, Węgierska Górka '88, Katowice 1988, 27—40).

⁴² Neumann von J., Morgenstern O., *Theory of Games and economic behaviour*, 1944; Neumann von J., *Zur Theorie der Gesellschaftsspiele* *Mathematische Annalen* 1928.

rzuconych na ulicę. Każdy gracz, bez względu na wykonany przez siebie ruch, musi jeszcze zapłacić po 1/10 centa za każdy śmieć rzucony na ulicę⁴³.

W podejmowanych rozważaniach interesować nas będą przede wszystkim symulacyjne gry decyzyjne w pierwszym rozumieniu, wywodzące się z gier wojennych. Najogólniej można powiedzieć, iż symulacyjna gra (decyzyjna) to taki eksperyment z modelem symulacyjnym, w którym bierze udział wielu uczestników przyjmujących określone role przewidziane w scenariuszu gry. Poszczególne role mają określone zestawy decyzji, z których wynikają określone, możliwe do oceny skutki oraz wytyczne dotyczące kolejnych decyzji⁴⁴.

Poprawnie skonstruowane gry symulacyjne winny posiadać następujące własności:

- precyzyjnie nakreślony cel — jest to zrozumiałe zwłaszcza, gdy uświadomimy sobie powiązanie gier symulacyjnych z samą symulacją⁴⁵,
- mały stopień skomplikowania zasad, prosty scenariusz⁴⁶. Prostość uzyskuje się poprzez niezbyt rozbudowaną ilość parametrów. Upływ czasu symuluje się poprzez skróconą skalę czasu. Sytuację taką daje wprowadzenie sprzężenia zwrotnego w ciągu: sytuacja aktualna — podjęta decyzja — symulacja — wynik decyzji — nowa sytuacja⁴⁷.
- duży stopień wiarygodności scenariusza — ta własność jest uzależniona od przeznaczenia gry.

W grach o przeznaczeniu dydaktycznym duże znaczenie przypisuje się możliwości gromadzenia doświadczeń będących zarówno konsekwencją pojedynczych decyzji w przebiegu symulacji, jak i z całej rozgrywki. Podejście takie jest związane z zasadą *learning by doing*. Pomyślne wyniki podejmo-

⁴³ Schwartz J. T., *Matematyka jako narzędzie do wyjaśniania zjawisk ekonomicznych. Dwanaście eseów*, red. Steen L. A., Warszawa 1983, 296—298.

⁴⁴ Switalski Wł., *Gry symulacyjne*, Prace Szkoły Symulacji Systemów Gospodarczych Trzebiezowice '82, Wrocław-Gliwice 1982, 194 a także: Marczak I., *dz. cyt.*, 47—48.

⁴⁵ Kübgee J. M., Craft C. J., Nanus B., *Management Games*, N York 1961, 95 i nast.

⁴⁶ Shubik M., *The uses and Methods of Gaming. An Annotated Bibliography*, Amsterdam 1975, 105.

⁴⁷ Switalski Wł., *Gry symulacyjne... dz. cyt.*, 195 oraz: Carlson J. G. H., Misshauk J. M., *Introduction to Gaming: Management Decision Simulations*, N York 1972, 11 i nast.

wanych decyzji są zazwyczaj nagradzane i winny mieć charakter mobilizujący, dopingujący, zaś decyzje błędne są karane. Atrakcyjność gry jest zwykle podnoszona przez element losowy, z jakim spotykamy się także w sytuacjach rzeczywistych. W każdej grze powinien być zwycięzca, jak również dostatecznie silny bodziec do przemyślenia decyzji prowadzących do osiągnięcia celu.

Przytoczony zarys teorii gier symulacyjnych ukazuje ich złożoność, a także ogromne znaczenie, ściśle powiązanie z problematyką symulacji. Porównując schemat przebiegu symulacji ze schematem tworzenia gry symulacyjnej dostrzeżemy istnienie szeregu podobieństw, a także pojawienie się szeregu nowych etapów w konstruowaniu gry. Bardzo ważnym krokiem jest precyzyjne określenie celu gry, wskazanie jej przeznaczenia. W grach dydaktycznych istotne jest testowanie wiedzy graczy lub za pomocą gry — wprowadzenie wiadomości. Gra może służyć do nauczania istoty samej symulacji, jej metodologii, wprowadzania do metodologii podejmowania decyzji itp.

Kolejny etap to sformułowanie systemu przedmiotowego, czyli systemu który chcemy poznać, który jest przedmiotem naszego badania lub doświadczenia. Gra powinna być związana z systemem charakteryzującym się prostotą, jakimś odniesieniem do rzeczywistości, uchwyceniem zależności między podejmowanymi decyzjami i ich konsekwencjami (kary, nagrody), winna też posiadać interesujące rozwiązania graficzne stanowiące bodziec dla graczy.

Odnalezienie w systemie przedmiotowym powiązania z rzeczywistością także ułatwia zrozumienie istoty gry. Zbyt duży stopień abstrakcji często prowadzi do niepowodzenia. Grafika, efekty akustyczne zwiększają zainteresowanie rozgrywką. Stawiając gracza w sytuacji dotychczas mu nieznaney, lecz możliwej dla niego do wyobrażenia, aktywizujemy go.

Określenie systemu przedmiotowego przebiega analogicznie, jak w przypadku symulacji, przy czym podczas symulacji na tym właśnie etapie ustala się cel samej symulacji. Sformułowanie modelu wiąże się w grach ze sprawdzeniem, czy i w jakim stopniu spełnione zostały własności systemu przedmiotowego. Jeśli nie mamy zadowalającego wyniku, należy model zmodyfikować. Jest to jakby pierwszy rodzaj weryfikacji modelu.

Określenie reguł i scenariusza gry stanowi kolejny etap tworzenia gry. Następuje w tym momencie rozpisanie ról,

wskazanie zakresu podejmowanych decyzji, ustalenie jawne lub tajne konsekwencji tychże decyzji oraz ustalenie systemu kar i nagród.

Etapy identyfikacji i programowania są pomijane w przypadku tworzenia gier symulacyjnych planszowych lub ręcznych. W odniesieniu do gier komputerowych etapy te realizowane są analogicznie do procesu symulacji.

Pełna dokumentacja gry pozwala na przeprowadzenie dogłębnej analizy i interpretacji wyników. Z racji dydaktycznych te etapy winny być przeprowadzone szczególnie dokładnie. Wnioski z przebiegu gry, analizy podejmowanych decyzji pozwalają uniknąć błędów w przyszłości.

W celu precyzyjnego uchwycenia istoty gry symulacyjnej przedstawimy ją w zapisie formalnym w postaci:⁴⁸

$GS = \langle Ms(SR), U, D, R, Sc \rangle$, gdzie
 U — zbiór uczestników gry,
 D — zbiór dopuszczalnych decyzji,
 R — zbiór reguł decyzyjnych,
 Sc — zbiór scenariuszy działania.

Ten bardzo pobieżny zarys koncepcji gry ukazuje zarówno duże możliwości poznawcze, a także dydaktyczne i zabawowe. Element współzawodnictwa zawsze zwiększa atrakcyjność gry. Poprzez grę stwarza się uczestnikom okazję do sprawdzenia swej wiedzy z zakresu związanego z systemem przedmiotowym gry, lub też do pełniejszego poznania systemu.

W grze z jednym uczestnikiem pojawia się możliwość indywidualizacji uczenia się w tempie dostosowanym do możliwości percepcyjnych gracza. Można także zauważyć możliwości podejmowania myślenia systemowego, myślenia alternatywnego, myślenia i reagowania na drodze przewidywania skutków. Stosowanie gry w dydaktyce, będącej atrakcyjną formą nauczania zwiększa też efektywność poznania naukowego.

3. REFLEKSJE NAD WZAJEMNYMI RELACJAMI OMAWIANYCH POJĘĆ

Modelowanie, symulacja i gra symulacyjna stanowią przedmiot podejmowanych rozważań. Pojęcia te bardzo często pojawiają się w literaturze. W wielu sytuacjach

⁴⁸ Barczak A., *Gry symulacyjne jako narzędzie współczesnego decydenta*, *Inforgryf '86. Informatyka w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, Szczecin 1986, 25.

używane są intuicyjnie. Niewielu autorów stawia sobie za zadanie dotarcie do ich natury.

Warto uwypuklić przyczyny, dla których pojęcia te pojawiają się wspólnie oraz wskazać ich wzajemne relacje. Najczęściej mówi się o modelowaniu. Analizy literatury pod kątem częstotliwości używania pojęcia modelowania ukazuje, iż spośród trzech omawianych, to właśnie pojawia się najczęściej. Można sformułować dwie przyczyny takiego stanu: modelowanie może być celem naukowym samym w sobie oraz stanowi ono pewien etap pośredni w przebiegu symulacji i tworzeniu gry symulacyjnej. Modelowanie jest tworzeniem modelu. W zależności od rodzaju uzyskanego modelu możemy wyróżnić różne typy modelowania. I tak, jeśli otrzymujemy model fizyczny, to miało miejsce modelowanie fizyczne, jeśli — model matematyczny, to pojawiło się modelowanie matematyczne, jeśli — model biologiczny, to dokonano modelowania biologicznego. A zatem typ otrzymanego modelu pozwala nam określić, jakiego typu modelowanie zostało przeprowadzone. Jak wspomniano, modelowanie może być i często jest podstawowym celem działania. Model może być wykorzystany do przeprowadzania różnego rodzaju eksperymentów w celu poznania lub badania rzeczywistości, której on dotyczy. Samo modelowanie posiada już wartość naukową. Otrzymanie konkretnego modelu jest celem modelowania. Jednakże z pojęciem modelowania spotykamy się także w sytuacji omawiania problemu symulacji i konstruowania gier symulacyjnych.

Sledząc algorytm tworzenia gry i przebiegu symulacji, dostrzegamy, iż modelowanie pojawia się jako jeden z bardziej istotnych etapów. W grach formułowanie modelu i jego modyfikacje przeprowadza się do chwili spełnienia własności systemu przedmiotowego zadanych w fazie wstępnej konstruowania gry. Przy symulacji formułuje się taki model, który odwzorowuje zadany system przedmiotowy.

Ażeby symulację uznać za grę należy wzbogacić ją o pewne typowe dla gry elementy jak: uczestnicy, zestaw decyzji, jakie można podejmować, określone role wpisane w reguły gry, nakreślony scenariusz. Poza tym istotne jest umożliwienie uczestnikom gry podjęcia więcej niż tylko jednej decyzji, w przeciwnym przypadku mielibyśmy do czynienia jedynie ze stanem ustalenia zmiennych początkowych⁴⁹. Można więc

⁴⁹ Pelech A., *Szkic o pojęciu symulacji*, Prace Szkoły Symulacji Systemów Gospodarczych Lubachów '80, Wrocław-Gliwice 1980, 139.

powiedzieć, iż gra symulacyjna może być swoistym używaniem symulacji do „nauki” czy też poznawania rzeczywistości. Widać więc, że symulacja może stać się grą symulacyjną. Jest ona swoistym eksperymentem na modelu. Pozwala na dokonywanie obserwacji zachodzących zmian w modelu. Symulacja i gra symulacyjna związane są z systemami dynamicznymi, a co za tym idzie — z elementem czasowym.

Powyższe rozważania zilustrujemy następującym przykładem. Skonstruowano model rodziny pszczolej⁵⁰. Jest on bardzo złożony, podobnie jak jego naturalny oryginał. Model ten posiada postać matematyczną. Składa się z dziesięciu modułów odwzorowujących zależności fizjologiczne poszczególnych grup osobników należących do zdrowej rodziny pszczolej. Model wykorzystano jako przedmiot eksperymentów symulacyjnych w celu obserwacji zmian zachodzących w nim na skutek zmian poszczególnych parametrów wejściowych. Można model ten poddać takim przeróbkom, by na jego podstawie skonstruować symulacyjną grę. Załóżmy, że celem tej gry byłoby nabywanie przez uczestników umiejętności podejmowania trafnych decyzji związanych z hodowlą pszczół. Gra mogłaby być przeznaczona dla jednego uczestnika (gra z komputerem), bądź dla wielu uczestników (współzawodnictwo). Uczestnik — gracz pełniący rolę pszczelarza mógłby ingerować w pracę pszczół, poprzez np. przenoszenie ich do innego ula w stanie zagęszczenia powodując jednocześnie spadek temperatury wewnętrznej ula. Jak wiadomo, zbyt wysoka temperatura także może być zgubną dla ula. Gracz mógłby także ingerować w gospodarkę zapasami ula. W konsekwencji podejmowanych decyzji można zburzyć budowę plastrów pszczelich, uszczuplić zasoby pyłku i miodu, dokarmiać pszczoły itp. Do gry można także wprowadzić czynnik losowy, jak choćby przypadkowe zginiecie matki-królowej (fakt taki miał miejsce w rzeczywistości podczas budowania modelu rodziny pszczolej). Brak matki natychmiast daje uboczne skutki obserwowane w postaci pewnej dezorganizacji pracy ula, a więc opóźnienie produkcji miodu z racji dopływu czerwiu przez okres 20 dni i wychowywanie nowej matki z mateczników ratunkowych. W scenariuszu gry należałoby także uwzględnić czynniki atmosferyczne itd.

Przytoczony przykład ukazuje związki i zależności zacho-

⁵⁰ Tadeusiewicz R., *Cybernetic Modelling of the Bee Colony*, Postępy cybernetyki: (1984) 2, 31—41.

dzące między modelowaniem, symulacją i grą. Można więc powiedzieć, iż nie ma gry symulacyjnej bez modelowania i symulacji, podobnie jak nie ma symulacji bez modelowania. Istnieje natomiast możliwość podejmowania modelowania bez dalszych kroków, czyli bez symulacji i gry.

Przeprowadzone rozważania podjęto w celu ukazania, iż należy rozróżnić znaczenia pojęć pojawiających się w teorii symulacji i modelowania. Pokazano także, iż istnieje możliwość dokonywania kolejnych kroków od modelowania, poprzez symulację po konstruowanie gry symulacyjnej. Czynności związane z poszczególnymi pojęciami wzajemnie się uzupełniają. Wydaje się, iż można uznać, że zakresowo najszersze jest pojęcie modelowania, zaś najwęższe — pojęcie gry symulacyjnej.

LA SIMULATION DU POINT DE VUE DE LA THÉORIE DES JEUX

Résumé

Dans cet article sont présentées les notions de simulation, de modèle et de jeu de simulation. En comparant ces notions il faut souligner que la simulation est comprise comme application d'un système (réel ou hypothétique) à l'aide d'un ordinateur. Le jeu de simulation est une expérience qui consiste à faire jouer à plusieurs participants (un seul à la limite) des rôles prévus dans un scénario créé à partir d'un modèle de simulation. A chaque rôle correspond un ensemble défini de décisions dont dépendent des conséquences définies aussi.

On peut donc dire d'un modèle qu'il peut être créé pour lui-même mais qu'il devient une phase intermédiaire dans le cas d'une simulation ou de l'élaboration d'un jeu de simulation.

Pour qu'une expérience de simulation soit effectivement un jeu de simulation il faut que les participants prennent plus d'une décision, sinon il ne s'agirait que d'une définition des variables d'entrée.