

Mieczysław Lubański

Z zagadnień symulacji

Studia Philosophiae Christianae 12/1, 101-112

1976

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.

MIECZYŚLAW LUBAŃSKI

Z ZAGADNIEŃ SYMULACJI

1. Wstęp. 2. Pojęcie symulacji. 3. Rodzaje symulacji. 4. Matematyczne określenie symulacji. 5. Zastosowania symulacji. 6. Uwagi zamykające.

1. Wstęp

W naukach już od dawna ma się do czynienia z symulacją. Szerokie rozumienie tego terminu obejmuje w sobie różnego rodzaju postępowania poznawcze. Zaliczyć tu można np. badanie uproszczonych przedmiotów w porównaniu do przedmiotu rzeczywistego. Symulacja bywa także elementem pomocniczym, z którego się korzysta przy podejmowaniu decyzji. Wraz z rozwojem metod cybernetycznych i przenikaniem ich do coraz dalszych dziedzin wiedzy wzrasta powszechność metody symulacji we współczesnych naukach.

Artykuł ten stawia sobie za cel prezentację pojęcia symulacji, omówienie różnych jej rodzajów, wskazanie na jej zastosowania oraz przedstawienie propozycji matematycznego jej ujęcia.

2. Pojęcie symulacji

Słowo „symulować” bywa używane w dwu co najmniej znaczeniach. Po pierwsze znaczy ono „przybierać wygląd czegoś”, po drugie zaś — „naśladować coś”¹. Umawiamy się nazywać obiekt symulowany oryginałem, zaś obiekt symulujący — modelem. Powiemy więc, że model symuluje oryginał.

¹ R. F. Barton; *Wprowadzenie do symulacji i gier*, tłum. A. Ehrlich, Warszawa 1974, 9.

Interesuje nas oryginał. Jednakże często zdarza się tak, że bezpośrednio badanie oryginału nie jest możliwe. Może to plynąć z wielu przyczyn. Oryginał może być obiektem bardzo złożonym, nie dysponujemy zaś odpowiednią metodą badania układów złożonych. Samo postępowanie badawcze może posiadać charakter niszczący. W tego rodzaju i podobnych przypadkach zastępuje się badanie oryginału badaniem modelu, który imituje oryginał lub jego zachowanie się.

Symulacja dotyczy więc, z reguły, układów złożonych. Obiekt prosty może być symulowany o tyle, o ile nie jest możliwe bezpośrednio jego badanie, względnie gdy daje się on przedstawić przy pomocy jeszcze prostszych elementów. Z tego też względu należy przypomnieć pojęcie układu.

Przez układ, mówiąc intuicyjnie, rozumie się zespół pewnych elementów stanowiących pewną całość i oddziałujących wzajemnie na siebie². Odróżnia się układ i jego otoczenie. Miejsce oddziaływania otoczenia na układ zwie się wejściem zewnętrznym układu, zaś miejsce oddziaływania układu na otoczenie zwie się wyjściem zewnętrznym układu. Układ, który nie posiada ani jednego wejścia zewnętrznego, ani też żadnego wyjścia zewnętrznego zwie się układem bezwzględnie odosobnionym. Układ posiadający co najmniej jedno wejście zewnętrzne lub co najmniej jedno wyjście zewnętrzne zwie się układem względnie odosobnionym. Mówiąc układ mieć będziemy na myśli układ względnie odosobniony. Jeżeli mamy dany jakiś układ, to wówczas pewnym wielkościami zadanymi na wejściach (bodźcom) odpowiadają pewne wielkości na wyjściach (reakcje). Istnieje więc zależność zachodząca między stanami na wejściach i stanami na wyjściach.

Matematycznie można to ująć następująco.

Niech X oznacza zbiór wejść, Y — zbiór wyjść, zaś S relację zachodzącą między elementami zbioru X oraz zbioru Y , czyli

² W. N. Sadowski (*Osnowanija obszczej teorii sistiem, Łogiko-metodologiczeskij analiz*, Izdatielstwo „Nauka”, Moskwa 1974) podaje 34 określenia terminu „system”. Można je traktować jako różne sformułowania zasadniczo jednej idei intuicyjnie jasnej.

innymi słowy S jest podzbiorem produktu kartezjańskiego X i Y , a więc $S \subset X \times Y$. Wówczas układem nazywa się uporządkowaną trójkę (X, Y, S) , gdzie S jest pewną relacją zachodzącą między elementami X i Y ³. Jest widoczne, że jeżeli weźmiemy trójki (X, Y, S) , oraz (X, Y, S') , gdzie $S \neq S'$, to mieć będziemy do czynienia z różnymi układami. Dwa układy (X, Y, S) oraz (X', Y', S') zwie się identycznymi (lub równymi), jeżeli zachodzą równości: $X = X'$, $Y = Y'$, $S = S'$. Jeżeli jedna z nich nie zachodzi, to rozpatrywane układy są różne.

Elementy X oznaczać będziemy literą x , zaś elementy Y — literą y . Jeżeli zachodzi wzór xSy , to mówi się, że x jest dla y możliwym wejściem w układzie (X, Y, S) , a także iż y jest osiągalny z x w tymże układzie (X, Y, S) ⁴.

Można określić, dla danego wyjścia y , zbiór możliwych wejść (sygnałów wejściowych — bodźców), który oznacza się symbolem Sy . Można także określić, dla danego wejścia x , zbiór osiągalnych wyjść (sygnałów wyjściowych — reakcji), który oznacza się symbolem xS . Definicje wspomnianych pojęć przedstawiają się następująco⁵:

$$Sy := \{x: x \in X \text{ i } xSy\}, \quad xS := \{y: y \in Y \text{ i } xSy\}.$$

Trójki uporządkowane (x, y, S) zwać będziemy stanami układu (X, Y, S) . Uwzględniając parametr czasu można mówić o historii stanów danego układu. Jeżeli więc mieć będziemy oryginał oraz model, to powiemy, że symulacja polega na konstruowaniu historii stanów modelu, która jest uważana za historię stanów oryginału⁶.

Należy odróżniać symulację od badań symulacyjnych. Przez badanie symulacyjne rozumie się stosowanie symulacji w dociekaniach naukowych⁷.

³ F. Pichler: *Mathematische Systemtheorie, Dynamische Konstruktionen*, Berlin 1975, 22.

⁴ Tamże.

⁵ Tamże.

⁶ G. W. Evans, II, G. F. Wallace, G. L. Sutherland: *Symulacja na maszynach cyfrowych*, tłum. P. Dytko i S. Śliwka, Warszawa 1973, 18—19.

⁷ Tamże, 19.

Zanotujmy, że symulacja może dotyczyć zarówno obiektu istniejącego, jak i jeszcze nieistniejącego, planowanego tylko. W wyniku przeprowadzonych badań symulacyjnych wspomniany obiekt może nawet nigdy nie zaistnieć. Będzie to miało miejsce wówczas, kiedy okaże się, że symulacja dezaktualizuje wysunięty projekt ⁸.

3. Rodzaje symulacji

Symulacja jest ściśle związana z modelem. W zależności od różnego rodzaju modeli można mówić o różnych rodzajach symulacji. Wyróżnić więc można symulację fizyczną i symulację matematyczną. Każda z nich może być, z kolei, statyczna, bądź dynamiczna. Z innego punktu widzenia można mówić o symulacji ciągłej oraz symulacji dyskretnej. Z jeszcze innego punktu widzenia wyróżnić się daje symulację deterministyczną i symulację probabilistyczną ⁹.

Ważnym rodzajem symulacji jest symulacja na maszynie cyfrowej. Jest to jeden z przypadków symulacji dyskretnej. Bywa on także nazywany dyskretną symulacją komputerową. Symulacja na maszynie cyfrowej może być stosowana zarówno do układów rzeczywistych, jak i hipotetycznych ¹⁰. Posiada ona pewne charakterystyczne własności. Wyróżnić wśród nich można cechy pozytywne oraz cechy negatywne. Do pierwszych z nich zaliczyć należy: 1^o powtarzalność symulacji, 2^o „doskonałość” w przypadku przetwarzania danych ilościowych, 3^o wolność od ograniczeń fizycznych, występujących w oryginale ¹¹. Drugimi z nich są: 1^o sztuczność (pochodząca z symbolicznego ujmowania zjawisk naturalnych), 2^o nieelastyczność (polegająca na tym, że małe zmiany w przedmiocie badań mogą

⁸ R. F. Barton, dz. cyt., 10—11.

⁹ G. Gordon: *Symulacja systemów*, tł. S. Śliwka i J. Korsak-Sliwka, Warszawa 1974, 24.

¹⁰ G. W. Evans, II, G. F. Wallace, G. L. Sutherland, dz. cyt., 26.

¹¹ Tamże, 28.

pociągnąć za sobą bardzo duże zmiany w modelu), 3^o rozwlekłość (pochodząca z długości programów pisanych na maszynie cyfrową) ¹².

Wymienia się także cele symulacji. A oto one: 1) Opis oryginału, 2) Odtworzenie zachowania się oryginału w przeszłości, 3) Prognozowanie zachowania się oryginału w przyszłości, 4) Nauczanie aktualnej teorii odnoszącej się do oryginału ¹³. Widzimy więc, że symulacja może być stosowana także w dydaktyce.

W związku z symulacją maszynową wspomnijmy jeszcze o językach symulacyjnych. Rozumie się przez nie języki programowania zaprojektowane specjalnie do pisania programów symulacyjnych na maszynie cyfrowe ¹⁴. Wyróżnia się wśród nich pięć poziomów. Są to: 1. Język wewnętrzny maszyny cyfrowej (z reguły jest to język binarny), 2. Język zewnętrzny maszyny cyfrowej (jest nim zapis w postaci kart dziurkowanych, taśm perforowanych, powierzchni namagnesowanych będący w odpowiedniości wzajemnie jednoznacznej z językiem wewnętrznym maszyny cyfrowej), 3. Język symboliczny ukierunkowany maszynowo (przekładany jest on przez odpowiedni translator czyli assembler na język wewnętrzny maszyny), 4. Język ukierunkowany użytkowo lub problemowo (chodzi tu o język wspólny dla wielu różnych typów maszyn, mogący być stosowany do rozmaitych zagadnień; kompilator przekłada program napisany w tego rodzaju języku na rozkazy w języku symbolicznym, albo też bezpośrednio na język wewnętrzny maszyny), 5. Język pisany przez użytkownika ¹⁵. Zaznaczmy, że wymienione poziomy mogą wzajemnie się przenikać w przypadku jednego i tego samego zastosowania ¹⁶. Ważniejszymi językami symulacyjnymi są: OPS-3 (Online Computation And Simulation — Symulacja i obliczanie przy bezpośredniej współ-

¹² Tamże, 27—28.

¹³ R. F. Barton, dz. cyt., 47—48.

¹⁴ Tamże, 191.

¹⁵ Tamże, 191—199.

¹⁶ Tamże, 191.

pracy z maszyną), ECL-1 (Environmental Control Language — 1, czyli: Język sterowania środowiskowego), TSS (Time Sharing System — System z podziałem czasu), EOL (Experimenter Oriented Language — Język zorientowany eksperymentalnie), SIMULA (Simulation Language — Język symulacyjny), IPL-V (Information Processing Language — V, czyli: Język przetwarzania informacji), PLANIT (Programming Language For Interactive Teaching — Język programowania do nauczania przy pomocy maszyny)¹⁷.

4. Matematyczne określenie symulacji

Przypuśćmy, że dane są dwa układy, a więc dwie uporządkowane trójki (X, Y, S) i (X', Y', S') . Niech f będzie przekształceniem zbioru X w zbiór X' , a więc niech $f: X \rightarrow X'$. Niech g będzie przekształceniem zbioru Y' w zbiór Y , a więc niech $g: Y' \rightarrow Y$. Przypuśćmy dalej, że spełniony jest warunek następujący: xSy pociąga za sobą istnienie takiego y' , należącego do Y' , że zachodzi relacja $f/x/S'y'$ oraz wzór $y = g/y'/$. Powiemy wówczas, że para uporządkowana (f, g) jest przyporządkowaniem symulacyjnym układu (X, Y, S) w układ (X', Y', S') . Jeżeli dla danych dwu układów (X, Y, S) oraz (X', Y', S') istnieje wspomniane przyporządkowanie symulacyjne, to mówi się, że układ drugi symuluje układ pierwszy¹⁸.

Przyporządkowanie symulacyjne (f, g) spełnia warunek następujący: xS (a więc zbiór osiągalnych wyjść) jest podzbiorem zbioru Y takim, dla którego istnieje y' należące do Y' przy czym jest ono elementem zbioru $f/x/S'$ oraz $y = g/y'/$ ¹⁹.

Jest widoczne, że definicja powyższa stanowi ścisłe ujęcie sformułowania „symulacja polega na konstruowaniu historii stanów modelu traktowanej jako historia stanów oryginału”.

¹⁷ Tamże, 201—204.

¹⁸ F. Pichler, dz. cyt., 24.

¹⁹ Tamże, 25.

Zarazem układ symulujący „naśladuje” obiekt symulowany oraz jego zachowanie się.

Podane określenie symulacji jest bardzo ogólne. Nie uwzględnia się tu szczególnych przypadków i sytuacji związanych np. z parametrem czasu, problemu symulacji automatów, zagadnień związanych z homomorfizmem i izomorfizmem stanów itd. Pomijamy wchodzenie w bliższe, czysto techniczne, szczegóły tej problematyki, ponieważ wykraczają one poza cel postawiony w tym artykule. Czytelnika zainteresowanego tymi tematami odsyłamy do pracy cytowanej w odnośniku 3.

Zaznaczmy, że rozważania powyższe bywają zaliczane do matematycznej teorii układów (systemów). Stanowi ona fragment jednego z trzech kierunków występujących w problematyce systemowej. Są nimi: 1) Nauka o układach (systemach), 2) Technika systemowa, 3) Filozofia systemowa. Nauka o układach zawiera w sobie badania konkretnych układów występujących w różnych naukach, jak np. w fizyce, biologii, psychologii, naukach społecznych, a następnie konstruowanie ogólnej teorii układów jako nauki pryncypialnej, która może być zastosowana do najrozmaitszych klas układów. Jeżeli w tym ostatnim przypadku skorzysta się z aparatu matematycznego, to wówczas mieć będziemy do czynienia właśnie z matematyczną teorią układów (systemów). Technika systemowa to ogół metod, podejść badawczych umożliwiających nowe ujmowanie przedmiotów badanych, różne od podejścia dawnego. Wspomniana nowość polega tu, w istocie, na możliwości rozpatrywania układów w pełni ich złożoności. Filozofia systemowa dokonuje zmiany w orientacji światopoglądowej przez akcentowanie w istniejącej rzeczywistości układów oraz ich hierarchicznego uporządkowania ²⁰.

²⁰ L. von Bertalanffy: *Istorijs i status obszczej teorii sistiem*, W: *Sistiemnyje issledowanija*, Jeżegodnik 1973, Izdatielstwo „Nauka”, Moskwa 1973, 20—37.

5. Zastosowania symulacji

Wymienimy tu najczęstsze przykłady symulacji. Omówienie to w żadnej mierze nie pretenduje do pełności. Zresztą można wątpić, czy wspomniana pełność jest w ogóle możliwa do zrealizowania wobec wielkiego zakresu objętego przez symulację. Jej agendy obejmują coraz dalsze obszary różnych nauk.

Jako pierwszy przykład wymienimy symulowanie procesów poznawczych dokonywane przy pomocy maszyny cyfrowej. Warunkiem koniecznym dla tego rodzaju symulacji jest ściśle i zarazem szczegółowe opisywanie procesów poznawczych, które występują przy rozwiązywaniu jakiegokolwiek problemu²¹. Jeśli potrafimy napisać odpowiedni program na maszynę cyfrową, to będziemy mogli badać bezpośrednio działanie wspomnianego programu, czego nie można uczynić w stosunku do umysłu ludzkiego²². Symulację maszynową stosowano także do poznania procesów występujących przy formułowaniu pojęć, systemów przekonań, przy podejmowaniu ryzyka, przy rozumowaniach w sytuacjach kryzysowych²³. Problemy te wiążą się z zagadnieniem sztucznej inteligencji, z *heurezą*²⁴.

Myślenie jest nierozłączne od pracy mózgu. Toteż w naturalny sposób powstaje pytanie o możliwość symulacji mózgu. Zagadnienie to jest subtelne. Pochodzi to m. i. stąd, że mózg jest niemal jedynym układem, który jest zarazem skrajnie czułym, skrajnie złożonym i wyposażonym w bogatą sieć wewnętrznych połączeń oraz skrajnie aktywnym²⁵. Symulowanie mózgu może być dokonywane na wiele różnych sposobów²⁶.

²¹ J. Feldman: *Symulowanie procesów poznawczych przy pomocy maszyn cyfrowych*, W: H. Borko: *Maszyny cyfrowe w badaniach naukowych*, tł. L. Niemczycki i B. Chwedeńczuk, Warszawa 1969, 213—214.

²² R. F. Barton, dz. cyt., 231.

²³ Tamże, 232.

²⁴ J. Feldman, art. cyt., 215.

²⁵ W. Ross Ashby: *Symulacja mózgu*, W: H. Borko: *Maszyny cyfrowe w badaniach naukowych*, Warszawa 1969, 308.

²⁶ Tamże, 319.

Dalszym przykładem zastosowania symulacji niech służy zarządzanie szeroko rozumiane. A więc symulować można administracyjne problemy decyzyjne²⁷, zagadnienia powstające przy kierowaniu produkcją, przy zarządzaniu zapasami²⁸, przy kierowaniu organizacjami, oświatą²⁹. W tym ostatnim przypadku udaje się bardziej racjonalnie ułożyć siatkę godzin, wykorzystać istniejące audytoria. Dla bliższej ilustracji dodajmy, że w pewnej szkole wyższej udało się na tej drodze zmniejszyć liczbę sal wykładowych o przeszło dwadzieścia procent w porównaniu do liczby planowanych audytoriów, a także dwukrotnie zwiększyć wykorzystanie ich w porównaniu do innych uczelni³⁰.

Symulacja bywa wykorzystywana w poradnictwie, a więc np. w poradnictwie higieniczno-medycznym, psychologicznym itp. W tych przypadkach rolę doradcy spełnia maszyna cyfrowa, która co najmniej ułatwia udzielenie odpowiedniej porady, a niekiedy sama potrafi zastąpić lekarza, psychologa itd.³¹.

Symulację stosuje się przy podejmowaniu decyzji gospodarczych³², przy zagadnieniach personalnych kiedy chodzi np. o ocenę przydatności pracownika do danego rodzaju zadań względnie o podanie go do awansu³³, w wojskowości³⁴. Istnieją prace zajmujące się badaniem symulacyjnym ewakuacji rannych³⁵, symulacją procesu walki³⁶.

Symuluje się loty kosmiczne, a także przestrzeń kosmiczną. Ważność tego rodzaju symulacji jest widoczna. Loty kosmiczne byłyby praktycznie niemożliwe bez uprzednich ćwiczeń w oparciu o symulację. Ona umożliwia szkolenie kosmonau-

²⁷ R. F. Barton, dz. cyt., 239.

²⁸ Tamże, 237.

²⁹ Tamże, 227.

³⁰ Tamże, 228.

³¹ Tamże, 227—229.

³² Tamże, 240—241.

³³ Tamże, 242—243.

³⁴ Tamże, 244—245.

³⁵ G. W. Evans, II, G. F. Wallace, G. L. Sutherland, dz. cyt., 58—78.

³⁶ Tamże, 79—112.

tów „w czasie rzeczywistym”. Nadto metody te pozwalają na ekonomię środków technicznych przez zmniejszenie liczby startów doświadczalnych³⁷.

Można symulować system telefoniczny. Składa się on z pewnej ilości telefonów połączonych przy pomocy linii z centralą telefoniczną. Ta ostatnia jest wyposażona w specjalne łącza, służące do łączenia dwu dowolnych linii. Jedno łącze może dokonać tylko jednego połączenia. Zwykle przyjmuje się, że jeśli w momencie nadejścia wezwania nie istnieje możliwość dokonania żądanego połączenia, to jest ono natychmiast tracone. Ma to miejsce w dwu przypadkach. Po pierwsze, gdy nie ma wolnego łącza, po drugie zaś kiedy wzywany abonent jest zajęty. W przypadku pierwszym mówi się o wezwaniu zablokowanym, natomiast w drugim — o wezwaniu zajęty. Symulacja systemu telefonicznego ma za cel podanie proporcji rozmów zakończonych pomyślnie, a nadto wezwań zajętych i zablokowanych w stosunku do wszystkich zgłoszeń. Przebieg symulacji trwa tak długo, dopóki nie zostanie dokonane przetworzenie pewnej ustalonej liczby wezwań, względnie nie zostanie wyczerpany określony okres czasu³⁸.

Wspomnijmy jeszcze, że istnieje symulowanie maszyn cyfrowych przez inne maszyny cyfrowe. Pierwsza z nich gra rolę oryginału, druga natomiast — modelu. Tutaj spotykamy się z sytuacją polegającą na tym, że maszyny nowocześniejsze, a więc bardziej złożone, mogą służyć do symulowania maszyn starszych, a więc prostszych. Płynie to stąd, że nowe maszyny cyfrowe mają z reguły inne listy rozkazów, niż maszyny stare. Dlatego do chwili napisania nowych programów nowa maszyna symuluje dawną po to, aby móc wykorzystać posiadane oprogramowanie starej maszyny. Dodajmy, że symulowanie systemów sterowanych maszynami cyfrowymi, dokonywane w trak-

³⁷ Tamże, 245.

³⁸ G. Gordon, dz. cyt., 144—148.

cie projektowania, jest symulowaniem jednych maszyn cyfrowych przez drugie³⁹.

Z tego bardzo pobieżnego przeglądu symulacji widać, jak jest ona rozpowszechniona. Jednocześnie można zdobyć odpowiednie przekonanie o jej ważności zarówno teoretycznej, jak i praktycznej.

6. Uwagi zamykające

Z dotychczasowych rozważań jest widoczne, że symulacja wniosła znaczny wkład od strony naukowej i praktycznej. A więc badania w tunelach aerodynamicznych pozwoliły odkryć wiele faktów z zakresu aerodynamiki samolotów. Nowe poglądy na sposób zachowania się ludzi w warunkach dużego napięcia psychicznego uzyskano przy pomocy gier wojennych. Istotne wyniki dotyczące możliwości ludzkich postrzeżeń oraz reakcji na różne postaci prezentacji danych zdobyto dzięki symulacji lotów kosmicznych. Magazyny potrafią lokalizować dzięki symulowaniu dostaw. Nowe dworce autobusowe zostały zaprojektowane w oparciu o symulację zachowania się pasażerów, którzy oczekiwali na przejazd. Dzięki symulacji wielkich układów wzajemnie ze sobą powiązanych wykryto szereg złożonych relacji, z których istnienia nie zdawano sobie nawet sprawy⁴⁰.

Wiadomo, że sposób widzenia rzeczywistości jest zależny w znaczny sposób od naszego doświadczenia i wykształcenia. One dają nam jak gdyby parę okularów, przez które patrzymy na otaczający nas świat. Te „filtry” powodują, że rzeczywistość widzimy w pewien specyficzny sposób. Zarazem predysponują one nas do stawiania takich, a nie innych problemów. To wszystko można odnieść do języków programowania, w szczególności do języków symulowania. One powodują, że korzystający z nich nakładają specyficzne okulary. Wybór języka sy-

³⁹ R. F. Barton, dz. cyt., 224—225.

⁴⁰ Tamże, 11.

mulacyjnego daje więc określony sposób widzenia problemów, a w konsekwencji rzeczywistości. Język, który by pozwalał na spojrzenie uniwersalne na świat musi być tak ogólny, że każdy kompilator wprowadzający go do maszyny cyfrowej byłby bardzo niesprawny. To jest przyczyną, dla której istnieją duże trudności połączone z posługiwaniem się językiem potocznym jako językiem maszynowym⁴¹. Nasz zwykły język codzienny jest wprawdzie (z czysto logicznego punktu widzenia) konglomeratem różnych języków o różnych poziomach, ale ma cechę uniwersalności, przez co jest zbyt „bogaty” dla stosowania go jako język maszynowy. Wydaje się, że warto jest mieć to w pamięci, zwłaszcza w dobie ogromnej propagacji różnych języków sztucznych, co czasami może prowadzić do niedoceniań wartości języka potocznego. Nie znaczy to, by tym samym język potoczny trzeba było uważać za twór doskonały. Jednakże obowiązuje zasada „*sum cuique*”.

Zur Simulationsproblematik

(Zusammenfassung)

Der Aufsatz betrachtet den Simulationsbegriff, gibt die mehrere Arten der Simulation, präsentiert eine Proposition der mathematischen Definition der Simulation und spricht über ihre Anwendungen ab.

⁴¹ Tamże, 205.