Waldemar Furmanek

Symulacje, gry symulacyjne w dydaktyce

Dydaktyka Informatyki 5, 15-35

2010

Artykuł został 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.

MUZEUM HISTORII POLSKI

Waldemar Furmanek

SYMULACJE, GRY SYMULACYJNE W DYDAKTYCE

Wszechobecność technologii informacyjnych w działalności ludzkiej

Bez wątpienia możemy powiedzieć, że ważnym rysem współczesności jest wszechobecność technologii informacyjnych. Oznacza to, że trudno byłoby dziś wskazać taką dziedzinę ludzkiej aktywności, w której *nie byłoby miejsca* dla technologii informacyjnych. Ich obecność w środowisku aktywności człowieka zmienia ogół relacji, w jakich pozostaje człowiek względem pozostałych komponentów tejże sytuacji. Te wielorakie zastosowania technologii informacyjnych wymuszają ich dalszy rozwój.

Dla ilustracji rozważmy kilka przykładów wszechobecności technologii informacyjnych w działalności naukowej człowieka.

Do czasu obecnego upowszechnienia technologii informacyjnych w filozofii i metodologii nauki panował pogląd, że badania naukowe opierają się przede wszystkim na teorii i eksperymencie. Obecnie, w XXI wieku, teorię i eksperyment uzupełnia symulacja komputerowa [por. Bajer 2001 : 7–8] traktowana jako procedura i metoda badań naukowych. Tezę potwierdzają wyniki wielu prac badawczych przeprowadzanych aktualnie w różnych dziedzinach nauki i techniki, i to nie tylko z zastosowaniem superkomputerów[1].

Współczesnej symulacji komputerowej zawdzięczmy wiele odkryć naukowych. Efekty jej stosowania ujawniają się w odniesieniu do poszczególnych dziedzin i dyscyplin naukowych.

I tak, Nagrody Nobla z ekonomii przyznawane są często za modele matematyczne zagadnień ekonomicznych. Realistyczne modele w makroskali lub w skali całego globu wymagają złożonych modeli komputerowych. Modele ekonometryczne pozwalają na dość dokładne przewidywania sytuacji ekonomicznej w wybranych dziedzinach. Bogate kraje zyskują na możliwości przewidywania różnych zjawisk, chociaż jeszcze obecnie takie czynniki zewnętrzne, jak np. trzęsienia Ziemi, pogoda czy konflikty regionalne są trudne do przewidzenia.

W naukach humanistycznych powstały po roku 1975 tzw. nauki o poznaniu (ang. *cognitive sciences*). Ich istotą jest połączenie problematyki i metodologii badań psychologii, sztucznej inteligencji, badań nad mózgiem,

[1] TOP500 – lista przedstawiająca 500 najwydajniejszych systemów komputerowych na świecie (superkomputerów), których moc mierzona jest za pomocą tzw. benchmarka LINPACK.

lingwistyki, filozofii. Powstała nowa gałąź nauki, określana jako „nauki o poznaniu", „nauki kognitywne" lub *kognitywistyka*. Jej podstawowym zadaniem jest doprowadzenie nas do zrozumienia, w jaki sposób człowiek postrzega i poznaje świat, w jaki sposób reprezentowana jest w naszym umyśle informacja kształtująca nasz obraz świata? Równolegle z tym kierunkiem badań rozwijają się neuronauki kognitywne *(*ang. *cognitive computational neuroscience),* które interesują się komputerowymi symulacjami funkcji mózgu wyjaśniającymi zachowanie człowieka. I tak, lingwistyka komputerowa bada mowę człowieka, tłumaczenie maszynowe, modele afazji i inne trudności człowieka z mową; psychiatria komputerowa bada modele syndromów neuropsychologicznych i chorób psychicznych, które pozwalają lepiej zrozumieć reakcją organizmu na leki psychotropowe. Rozwija się psychologia umysłu, konstruowane są jego modele symboliczne i koneksjonistyczne.

Chemia i fizyka komputerowa. Wiele gotowych pakietów programów, dokładności obliczeń własności małych (kilkuatomowych) cząsteczek są na poziomie danych doświadczalnych, a można je uzyskać znacznie łatwiej. Chemicy komputerowi znacznie lepiej znają się na programach i komputerach niż na prowadzeniu złożonych i kosztownych doświadczeń czy rozwijaniu teorii. W fizyce upowszechnia się modelowanie molekularne. Powstała farmakologia kwantowa, dzięki której możliwe jest projektowanie nowych leków.

Biologia i biocybernetyka komputerowa budują ogromnie wielkie biologiczne bazy danych.

Symulacje na poziomie makroskopowym stosowane są do rozwiązywania problemów ekologii, przepływu substancji i energii w przyrodzie; usamodzielnia się tzw. biologia populacyjna.

Symulacje na poziomie molekularnym obecne są w genetyce i biologii molekularnej, gdzie w szczególności interesują ją problemy powstania życia i kodu genetycznego. Nie mniej ważne są badania struktury przestrzennej białek i to co decyduje o ich własnościach. Metody eksperymentalne określania takiej struktury są bardzo kosztowne. Metody komputerowe określają strukturę na podstawie sekwencji aminokwasów. Projekt mapowania ludzkiego genomu musiał rozwiązać problem integracji 3 mld par. Do tego niezbędne były ogromne bazy danych, a ich analiza może zająć kilkadziesiąt lat. Dzięki technologiom informacyjnym podjęto próby rekonstrukcji drzewa ewolucji.

Symulacje pozwalają wyjaśnić funkcję mózgu oraz zrozumieć mechanizmy działania komórek nerwowych i fragmentów układu nerwowego,

Biologia komputerowa przechodzi w komputerową medycynę. Opracowuje się symulacje działania całych narządów człowieka! Symulacje cykli biochemicznych pozwalają śledzić na komputerowym modelu to, co dzieje się w organizmie z podawanym lekiem czy innymi substancjami[2].

[2] http://www.fizyka.umk.pl/~duch/Wyklady/komput/w02/naukik.htm/

Wybrane dziedziny zastosowania symulacji

Ekonomia i biznes:

- systemy kolejkowe,
- zarządzanie zapasami,
- wycena instrumentów pochodnych (np. opcji),
- ocena projektów inwestycyjnych (m.in. VaR).

Nauki społeczne:

- dynamiczna teoria wpływu społecznego Nowaka-Latane,
- prognozowanie podziału miejsc w parlamencie,
- dynamika populacji.

Nauki przyrodnicze:

- meteorologia – prognozy pogody,
- analiza rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń.

Nauki inżynieryjne:

- symulatory statków powietrznych, okrętów podwodnych, czołgów itp.,
- budownictwo – wytrzymałość konstrukcji,
- lotnictwo – wytrzymałość konstrukcji,
- elektrotechnika – analiza obwodów elektrycznych,
- elektronika – analiza obwodów, układów i systemów elektronicznych.

Matematyka:

- numeryczne wyznaczanie rozwiązań równań różniczkowych,
- symulacyjne wyznaczanie dystrybuant funkcji, które nie dają się całkować (np. rozkładu normalnego).

Pedagogika:

- komputerowe gry symulacyjne.

Przyczyny upowszechnienia technologii informacyjnych

Zastanawiające jest to, dlaczego technologie informacyjne tak szybko się upowszechniają i ciągle zdobywają nowe tereny swoich zastosowań. Odpowiedź wydaje się dziecinnie łatwa. Bo spełniają oczekiwania użytkowników, są przyjazne i pozwalają osiągać cele znacznie taniej, łatwiej i szybciej. Nie jest to jednak odpowiedź wyczerpująca. Bez wątpienia ważną przyczyną jest ich transkomunikatywność, która umożliwia transfer metod i procedur metodologicznych na wielość sytuacji działaniowych człowieka. Możliwe jest to zaś dzięki temu, iż te technologie posługują się uniwersalnym i ogólnym językiem metanauki, jaką jest cybernetyka. W zasadzie większość technologii informacyjnych bazuje na

cybernetycznej teorii systemów [por.: Gordon 1974; Młynarski 1979; Bertalanffy 1984] oraz metodologicznych paradygmatach cybernetyki [por.: Biniek 2002; Kołodziński 2002], która operuje takimi podstawowymi pojęciami, jak: *system, struktura, relacja, model, symulacja.*

Cybernetyka oferuje konkretny dorobek teorii sterowania i regulacji, a w tym koncepcję sprzężenia zwrotnego i jego konsekwencje. Pomocne jest to głównie w zastosowaniach modeli symulacyjnych, ich konstruowaniu, doborze zmiennych modelu, podziale na zmienne i parametry oraz definiowaniu powiązań pomiędzy elementami analizowanego systemu [por.: Biniek 2002; Kołodziński 2002].

Programy symulacyjne mogą wspomagać prowadzenie różnorodnych badań naukowych, zwłaszcza wtedy, gdy trudne są do ominięcia warunki określające: barierę bezpieczeństwa, barierę czasu (np. duża czasochłonność eksperymentu); barierę czynności rutyniarskich (np. wielość prostych obliczeń); barierę stopnia złożoności zjawisk; barierę kosztów; barierę różnorodności sytuacji nowych, trudnych, niepewnych.

Dzięki metodom modelowania i symulacji funkcjonowania zjawisk można niezależnie od warunków ustalić ich optymalne charakterystyki. Symulacje można stosować w celu eksperymentalnej oceny lub sprawdzenia przewidywania skutków zmiany; jako środek poznania pracy nowych złożonych systemów; jako środek zapoznania się z sytuacjami antycypowanymi (przewidywanie i jakościowe prognozowanie); w celu weryfikacji nowej idei. Metody symulacji są metodami badania rzeczywistości przy pomocy techniki imitowania akcji, dokładnego kumulowania i analizy reakcji. Inaczej mówiąc, jest to sposób prowadzenia analizy modelowej wtedy, gdy nieznany jest **dokładny** algorytm rozwiązania sytuacji.

Modelowanie jako proces tworzenia modeli

Mała encyklopedia prakseologii podaje, że modelowanie: *jest to naukowa metoda poznawania różnych układów poprzez budowanie ich modeli, zachowujących pewne podstawowe właściwości badanego przedmiotu, a także poprzez badanie funkcjonowania modeli oraz przenoszenie uzyskiwanych dzięki temu informacji na przedmiot badań* [Pszczołowski 1978 : 120]. Modelowanie jest czynnością tworzenia oraz implementacji modeli. Stanowi ono początkowy etap procesu symulacji. W literaturze spotyka się stwierdzenie, że modelowanie jest ogólnym językiem projektowania systemowego [Gasparski 1988 : 160].

Model jest konstrukcją złożoną z pojęć, cech oraz związków. Pozwala zrozumieć zjawiska, których bezpośrednio nie można postrzegać. Można go przedstawić na różne sposoby: przy pomocy języka naturalnego, schematów graficznych, wzorów matematycznych, a także bezpośrednio w języku programowania wysokiego poziomu (języku symulacyjnym). Model ma ułatwić zrozumienie

tego, co podlega obserwacji. Z założenia jest uproszczonym obrazem rzeczywistości i nie obejmuje wszystkich jej cech. W innym sformułowaniu określa się model jako symulator imitujący działanie urządzenia rzeczywistego lub przebieg określonych procesów rzeczywistych. Modele symulacyjne, zależnie od ich cech, można podzielić na: dynamiczne, statyczne, stochastyczne, deterministyczne [por.: Mazur 1976; Niemeyer 1977; Kołodziński 2002]. Inne kryterium podziału pozwala na wyróżnienie następujących modeli:

- rzeczowe (przedmiotowe), odzwierciedlające przedmioty ikonicznie (budynek, kolej, lalka) lub analogowo (mapa z naniesionymi wysokościami terenu oznaczonymi kolorami);
- symboliczne, językowe, opisujące pewne właściwości systemu werbalnie lub formalnie (np. system komputerowy);
- wyobrażeniowe, powstające w umyśle człowieka jako produkt wyobraźni [por.: Franus 2000 : 74–75].

Symulacja komputerowa

Symulację określa się jako odmianę modelowania, polegającą na wywołaniu i obserwowaniu zjawiska analogicznego do zjawiska badanego, lecz trudnego do wywołania w warunkach naturalnych [Pszczołowski 1978 : 120]. *Symulacja* w tym rozumieniu niejako odtwarza własności danego obiektu, zjawiska, otoczenia za pomocą jego modelu. Szczególnym rodzajem symulacji jest symulacja komputerowa.

Myślenie twórców techniki i ludzi nauki odbywa się poprzez tworzenie modeli teoretycznych, uwzględniających sprzężenie zwrotne i przepływy informacji pomiędzy komponentami analizowanego systemu. Coraz częściej eksperymenty przenoszone są ze środowiska realnego do środowiska sztucznego, zbudowanego dzięki symulacji komputerowej. Przyczyną stosowania eksperymentów symulacyjnych jest chęć poznania bądź zrozumienia zachowania się systemu lub konstrukcji algorytmów do sterowania tym systemem. Problemy występujące w rzeczywistym świecie są na tyle złożone, że stosowane modele matematyczne, lub inne metody formalne opisu zjawisk związanych z tymi problemami nie wystarczą do ich odwzorowania. W tym przypadku, gdy zachowanie się systemu musi być zbadane, pomocne jest zastosowanie symulacji.

Według R.F. Bartona [1974 : 14]: *symulacja jest to działanie modelu systemu przedmiotowego, realizowane w jakimś określonym celu (...). Model systemu przedmiotowego jest to model systemu, który chcemy poznać, jest on przedmiotem badania czy doświadczenia. System przedmiotowy nazywa się niekiedy rzeczywistością.* Inną definicję podaje T.M. Taylor [1975 : 425], a mianowicie: *pod pojęciem symulacji należy rozumieć przeprowadzenie eksperymentów na abstrakcyjnym modelu badanego systemu, przy czym model oznacza tu mniej lub bardziej dokładne odwzorowanie formalne systemu rzeczywistego*. E. Putkiewicz

i M. Ruszczyńska-Schiller [1983 : 12], analizując dydaktyczne zastosowania gier symulacyjnych, określają symulację jako zabawę, *która jest działaniem modelu symulacyjnego*. Ze względu na popularne obecnie środowisko realizacji eksperymentów symulacyjnych, jakim jest komputer, przyjęła się nazwa **symulacja komputerowa lub cyfrowa**.

Symulacje komputerowe można podzielić ze względu na:

- **przewidywalność zdarzeń,** to symulacje: stochastyczne, które korzystają z generatora liczb pseudolosowych lub (bardzo rzadko) losowych (szczególnie popularna jest Metoda Monte Carlo); deterministyczne, w których wynik jest powtarzalny i zależy tylko od danych wejściowych i Ewentualnych interakcji ze światem zewnętrznym;
- **sposób upływu czasu**: z czasem ciągłym – czas zwiększa się stałymi przyrostami, jak w symulacji z czasem dyskretnym, lecz wartości próbek sygnałów są interpolowane dla chwil pośrednich pomiędzy momentami odczytu; z czasem dyskretnym – czas zwiększa się stałymi przyrostami, a krok czasowy dobiera się optymalnie ze względu na zasobożerność systemu, jego wydajność i charakter symulowanego obiektu i/lub zjawiska (mikrosekundy w obwodach elektrycznych i miliony lat przy symulacji ewolucji gwiazd); symulacja zdarzeń dyskretnych – czas zwiększa się skokowo, ale jego przyrosty są zmienne (ważniejsza jest tu sekwencja zdarzeń niż rzeczywisty lub wirtualny upływ czasu).
- **formę danych wyjściowych**: statyczne – wynikiem jest zbiór danych, statyczny obraz, itp.; dynamiczne – wynikiem jest proces przebiegający w czasie, np. animacja; interaktywne – reagują na sygnały ze świata zewnętrznego, np. operatora; nieinteraktywne;
- liczba użytych komputerów: lokalne – przetwarzanie odbywa się na pojedynczym komputerze; rozproszone – przetwarzanie odbywa się w wielu komputerach połączonych w sieci lokalnej (LAN) lub zewnętrznej, np. Internet.

Z. Biniek [2000 : 95] stwierdza, że *symulacja komputerowa to technika analizy systemów za pomocą modelu symulacyjnego w implementacji komputerowej*. Można wyróżnić następujące, ważne cele symulacji komputerowej, którymi są:

- opis sytuacji rzeczywistej (rzeczywistość, fragment rzeczywistości, system);
- uzyskanie oceny struktury i zachowanie się analizowanego systemu;
- egzemplifikacja konkretnej teorii, badanie jej implikacji;
- synteza empirycznych i teoretycznych informacji (wiedzy) o systemie;
- wyjaśnianie stanów systemu i procesów w nim zachodzących;
- badanie konsekwencji różnych decyzji, np. optymalizacyjnych;
- przeorganizowanie istniejących systemów i generowanie nowych systemów;
- wspomaganie uczenia się i nauczania [Biniek 2000 : 96].

Istotą symulacji jest odtwarzanie naturalnych procesów w sztucznie stworzonych warunkach. Znawcy przedmiotu [Biniek 2000; Kołodziński 2002] zgodnie uważają, że symulację komputerową warto stosować, gdy:

- bada się zachowania nieistniejących systemów;
- bada się zachowania istniejących systemów, na których przeprowadzenie rzeczywistych eksperymentów jest kosztowne i trudne ze względów pomiarowych;
- badania rzeczywistości są niedopuszczalne (np. zjawisko epidemii);
- rozwiązanie analityczne równań opisujących model systemu jest trudne lub niemożliwe.

Natomiast **symulacja jako metoda pedagogiczna** daje możliwość, w warunkach bezstresowych, opanowania i przyswojenia podstawowych umiejętności zawodowych, alternatywnych działań, rozwiązywania problemów związanych z wykonywaną pracą, uczy przewidywania skutków podejmowanych decyzji, rozpoznawania wzajemnych związków różnych sytuacji zawodowych, samodzielności, kreatywności, asertywności. Zdobyte w oparciu o ten model kształcenia wiadomości i przeżycia łatwo dadzą się przenieść na podobne sytuacje w rzeczywistości pracowniczej.

Teoria modelowania i symulacji znalazła od dawna swoje szerokie odbicie w literaturze specjalistycznej, chociażby w pracach R.F. Bartona [1974], G. Gordona [1974] i T.M. Naylora [1975]. Inne opracowania uwzględniają problematykę modelowania i symulacji z zastosowaniem komputerów. W tym względzie dużo informacji dostarczają między innymi publikacje G. Fishmana, W.D Kelton'a, A.M. Law'a [1991] A. Latawca [1993] A. Sydowa [1993] D. Steinhausena, Z. Bińka [2000] i E. Kołodzińskiego [2002].

Symulacja a gry dydaktyczne, gry symulacyjne

Teoria gier, opracowana w 1944 roku przez Johna von Neumanna i Oskara Morgensterna[3], rzuciła nowe światło na ekonomię, psychologię społeczną, socjologię, nauki polityczne, filozofię, biologię ewolucyjną, informatykę i pedagogikę. Dla pedagogiki stała się podstawą teoretyczną **gier dydaktycznych i metod symulacyjnych uczenia się**. Problemami teorii gier zajmuje się w literaturze wielu autorów [Wencel 1961; Luce, Raiffa 1964; Owen 1975; Kałuski 2002; Straffin 2004; Malawski, Sosnowska, Wieczorek 2004].

Gra jest postrzegana często jako szczególna odmiana konfliktu. Takie podejście pozwala wykorzystać do analizy gry teorię podejmowania decyzji i teorię

[3] Na początku XX wieku powstało wiele znaczących prac z teorii gier. Jednak powszechnie uznaną datą narodzin teorii gier jest rok 1944, kiedy ukazała się monografia J. von Nuemanna i O. Morgensterna „Theory of Gamet and Economic Behavior". J. von Neumann obok Alana Turinga, ma również znaczący udział w pracach nad rozwojem elektronicznych maszyn cyfrowych.

konfliktu [Kruszewski 1984 : 63]. **Teoria gier** jest matematyczną teorią sytuacji konfliktowych. Przedmiotem jej zainteresowań i analiz jest postępowanie gracza podczas gry. Bada więc to, jakie strategie powinni wybrać gracze, aby osiągnąć najlepsze wyniki[4]. Zajmuje się analizą skuteczności tych strategii, gdy wynik gry jest niepewny i zależy od zachowania rywali. Matematyczna analiza pozwala porównać ryzyko i korzyści związane z różnymi strategiami stosowanymi w danym rodzaju gry. W omawianej teorii gra jest dowolną sytuacją konfliktową, zaś gracz jej uczestnikiem. Innym znaczeniem słowa *gra* jest model matematyczny, w którym uczestniczy kilku graczy starających się uzyskać dla siebie jak najlepszy wynik. Gra jest zatem modelem pewnego konfliktu, na który składają się poczynania stron dążących do przeciwstawnych lub tylko innych celów [Putkiewicz, Ruszczyńska-Shiller 1983 : 18]. Modele takie odwzorowują dobrze wiele sytuacji zróżnicowanych treściowo, np. ekonomicznych, biologicznych i dydaktycznych. Większość gier, choć nie wszystkie, ma charakter konkurencyjny, a celem gracza bądź grupy graczy jest pokonanie pozostałych uczestników. Obserwując rozwój teorii gier na przestrzeni XX wieku, można powiedzieć, że przerosła ona ramy wyznaczone przez jej twórców i przekształciła się w matematyczną teorię konfliktów [Kałuski 2002 : 11].

Symulacja komputerowa to symulacja z wykorzystaniem modelu matematycznego, zapisanego w postaci programu komputerowego. Techniki symulacyjne są szczególnie przydatne tam, gdzie analityczne wyznaczenie rozwiązania byłoby zbyt pracochłonne, a niekiedy nawet niemożliwe – co często ma miejsce w systemach złożonych. Do takich zalicza się także obiekty badań tzw. teorii chaosu (w tym fraktale)[5].

W celu badania własności chaosu rozwinięto wiele procedur analizy równań różniczkowych oraz wykorzystano w nowy sposób wiele istniejących narzędzi

---

[4] Klasyczne przykłady: Von Neumann udowodnił, że w dowolnej grze z dwoma graczami i określonymi regułami istnieje dla każdego z graczy strategia optymalna, na ogół mieszana. Dylemat więźnia to prosta gra, doskonale ilustrująca wiele aspektów zachowania jednostek i grup. Gra ta stanowi symulację konfliktu między egoistycznym pragnieniem każdego gracza, by wybrać strategię „zwycięzca bierze wszystko" a koniecznością współpracy i kompromisu dla wspólnego dobra [por.: J. Kałuski 2002], *Teoria….., op. cit.*

[5] **Chaos** – [gr.] (chaos deterministyczny) *mat. fiz.* termin stosowany na określenie zjawisk polegających na przypadkowym, nieuporządkowanym zachowaniu się układów deterministycznych, tj. podlegających ściśle określonym prawom. Wiąże się z zależnością rozwoju procesów przebiegających w tych układach od warunków początkowych, np. chaotyczne zachowanie się wahadła pobudzanego siłą o częstotliwości innej niż jego własna. Takie własności obserwuje się w układach nieliniowych.

Fraktal – [łac.] *mat.* figura geometryczna o złożonej strukturze, niebędącej krzywą, powierzchnią ani bryłą w rozumieniu geometrii. Charakteryzuje ją ułamkowy wymiar. Ma swój pierwowzór w świecie fizycznym. Do badań matematycznych wprowadził fraktale w 1975 B. Mandelbrot. Obecnie znajdują zastosowanie w wielu dziedzinach nauki i techniki, m.in. w grafice komputerowej i kompresji.

matematycznych. Na potrzeby symulacji komputerowych dla układów chaotycznych korzysta się z tzw. *przekrojów Poincare*, umożliwiających zmniejszenie wymiaru przestrzeni fazowej. Następnie z własności tych przekrojów wnioskuje się o własnościach pełnej przestrzeni fazowej rozwiązań.

K. Kruszewski zauważa, że *teoria gier, choć przydatna przy rozpatrywaniu niektórych pobocznych kwestii, dla zasadniczych badań nad grami dydaktycznymi okazała się mało użyteczna* [Kruszewski 1984 : 63].

Zdaniem K. Kruszewskiego, teoria gier, decyzji i konfliktu jest bardziej potrzebna przy rozważaniu gier wojskowych i kierowniczych aniżeli dydaktycznych. Dla interpretacji pewnych mechanizmów gier dydaktycznych przydatne okazują się elementy teorii zabawy [Kruszewski 1984 : 64; por.: Okoń 1995].

W literaturze przedmiotu występuje duża różnorodność definicji gier i zabaw. Oto przykłady innych sformułowań tych pojęć. Według W. Okonia [1996a : 85], gra jest odmianą zabawy polegającą na respektowaniu ustalonych ściśle reguł i wymagającą wysiłku myślowego. Jej celem jest osiągnięcie określonego wyniku. Grą dydaktyczną jest gra podporządkowana celowi dydaktycznemu. Zabawa dydaktyczna prowadzi z reguły do rozwiązania jakiegoś założonego w niej zadania. Natomiast K. Kruszewski [1984 : 51] zalicza gry dydaktyczne do problemowych metod kształcenia *organizujących treści kształcenia w modele rzeczywistych zjawisk, sytuacji lub procesów w celu zbliżania procesu poznawczego uczniów do poznania bezpośredniego*. Gry dydaktyczne są przedmiotem zainteresowań K. Kruszewskiego w wielu innych jego publikacjach [Kruszewski 1988; 1991; 1993]. C. Galloway [1988 : 31] definiuje grę dydaktyczną jako *aktywność, obejmującą interakcję między jednostkami lub grupami dążącymi do realizacji określonych celów*, jest zatem aktywną metodą uczenia się. Zdaniem C. Galloway'a, sytuacja gry występuje wtedy, gdy uczący się nie mają możliwości osiągnięcia swych celów pojedynczo [Galloway 1988]. Muszą więc oni wchodzić w różne związki interdyscyplinarne, współpracować w grupie, tworzyć koalicje, a także rywalizować, aby osiągnąć sukces i zrealizować zamierzone cele. W uczeniu się tą metodą rywalizacja w grze ma szczególnie działanie motywacyjne.

Gry dydaktyczne

Metody symulacyjne stosowane w kształceniu wywodzą się z gier dydaktycznych, a pojęcie *symulacja* łączone jest z pojęciem *gry symulacyjne i dydaktyczne* [Okoń 1996b; Kupisiewicz 2005].

Definicje tych pojęć są konsekwencją różnych sposobów naśladowania rzeczywistości i różnych sposobów wykorzystywania symulacji w praktyce pedagogicznej.

Gry dydaktyczne są systemem metod aktywizujących, stosowanych od dawna w dydaktyce. Treściowo obejmują szczególnie skomplikowane obszary zja-

wisk występujących w działalności człowieka. Ich początków poszukuje się zwykle w grach wojskowych i kierowniczych. Ten system metod wiąże się ze strategią operacyjną (działaniową). Jej istotą jest to, że uczeń najpierw opanowuje określone sprawności, a po tym dochodzi do wiedzy, która z nimi jest powiązana [Waloszek 2003 : 88]. Taka struktura strategii nie jest jednak powszechnie stosowana.

Gry dydaktyczne odwołują się także do teorii matematycznej – teoria gier jest bowiem działem matematyki. Podstawy wiedzy teoretycznej są wskazane m.in. dla nauczycieli projektujących i wykorzystujących w praktyce gry dydaktyczne. Znajomość elementów teorii gier, podobnie jak teorii modelowania i symulacji, umożliwia efektywne wykorzystanie gier w procesie dydaktycznym, wspomaganym symulacją komputerową [Malawski, Sosnowska, Wieczorek 2004; Straffin 2004].

Każda gra dydaktyczna jest formą ćwiczenia, w której muszą być przestrzegane ściśle określone reguły [Szlosek 1995a : 117]. Z punktu widzenia dydaktyki jest ona przemyślanym, celowo zorganizowanym systemem sytuacji dydaktycznych, w których uczący się aktywnie rywalizują ze sobą z zachowaniem określonych reguł gry. Dlatego zwykle w grach dydaktycznych występuje konkurencja między uczestnikami gry oraz zachodzi między nimi ścisła interakcja, w języku prakseologii *kooperacja negatywna.*

Gra dydaktyczna jest przez wielu pedagogów uważana za synonim pojęcia *zabawa* [Okoń 1995; 1996b], gdyż polega na tworzeniu określonych sytuacji dydaktycznych, w trakcie których, w atmosferze rozrywki i przyjemności, zachodzi proces uczenia się określonych wartości [*op.cit.*]. Zakres pojęcia *zabawy* jest szerszy od zakresu pojęcia *gry*. Każda gra jest swego rodzaju zabawą, ale tylko niektóre zabawy mają charakter gry. Główną cechą różniącą grę od zabawy jest to, iż celem wykonywanych podczas gry czynności jest wygrana jednej ze stron. Właśnie chęć wygranej jest inspiracją do maksymalnego wysiłku intelektualnego i poprzez stosowny wybór reguł gry może być wykorzystana dla celów dydaktycznych. Ogólne porównanie cech różniących grę dydaktyczną od zabawy dydaktycznej doprowadza do następujących wniosków:

- znacznie większy wysiłek występuje w grze niż w zabawie,
- reguły w grze są jawne i sformalizowane, w zabawie są tylko uchwytne i zależne od jej treści,
- elementy walki i współzawodnictwa są pierwszoplanowe w grze, a prawie nieobecne w zabawie,
- gra jest konkretna, ma ścisły związek z rzeczywistością, może w niej występować dużo fantazji.

Gra dydaktyczna jest pewną zabawą o jednoznacznie określonych zasadach. Jej znaczenie pedagogiczne wynika stąd, że jest podejmowana przez ucznia dobrowolnie i stanowi dla niego przyjemność. Ponadto, jak zauważa J. Bednarek, gry dydaktyczne odznaczają się: z góry ustaloną liczbą graczy, którzy dążą do

osiągnięcia swych celów; reguły gry stanowią strukturę działań i określają ich porządek; zakresem i rodzajem uprawnionych czynności; reguły gry określają czas i przestrzeń graczy [Bednarek 2003 : 94].

W literaturze pedagogicznej można spotkać się z różną klasyfikacją gier dydaktycznych. T. Nowacki [1994] dzieli gry na funkcyjne i planowe. C. Galloway [1988] wymienia gry symulacyjne i niesymulacyjne, a F. Szlosek [1995a; 1995b] symulacyjne, decyzyjne, psychologiczne, specjalistyczne i sportowe. W. Okoń [1996b] do gier dydaktycznych zalicza również inscenizację.

Gry symulacyjne a symulacja

Analiza pojęć terminologicznych w literaturze przedmiotu doprowadza do wniosku, że gry symulacyjne są rodzajem gier dydaktycznych, w których uczący się badają modele za pomocą ściśle określonych reguł gry przy udziale czynnika losowego. Symulacja dokonywana na modelu jest wówczas złożonym i specyficznym komponentem gry dydaktycznej. Gry symulacyjne dobrze odwzorowują takie sytuacje, w których jako nieodłączny element procesu społecznego pojawia się rywalizacja i współzawodnictwo. Wprowadzana jest ona po to, aby uczestnicy zrozumieli mechanizmy rywalizacji społecznej, jej przyczyny i konsekwencje. W pewnych okolicznościach – związanych ze sposobem funkcjonowania osób w grze symulacyjnej – mogą wyłonić się zwycięzcy i pokonani. Jednakże ich sukces lub porażka są raczej wypadkową oddziaływania czynników sytuacyjnych. Rywalizacyjny charakter gier symulacyjnych motywuje uczących się do udziału i rozwiązywania problemów analogicznych do tych, z jakimi mogą się spotkać w życiu.

W trakcie uczenia się przez symulację uczący się jedynie w minimalnym stopniu mogą współzawodniczyć ze sobą na poziomie indywidualnym czy grupowym. Brak zwycięzców i pokonanych jest tym, co odróżnia symulacje od gier symulacyjnych. Celem uczenia się wspomaganego symulacją jest raczej wzmacnianie u uczących się umiejętności współdziałania, negocjowania i osiągania kompromisu.

W grach symulacyjnych uczący się podejmują działania, które przypominają czynności wykonywane przez nich w różnych rzeczywistych sytuacjach życiowych. Są to z reguły sytuacje problemowe, które mają miejsce w rzeczywistości.

Gry symulacyjne charakteryzują się tym, że działanie uczących się jest ukierunkowane na rozwiązanie wyraziście określonego problemu typu: odkryć, wynaleźć, opracować metodę działania najbardziej optymalnego w zadanych warunkach. Owe warunki określają jednocześnie cechy modelu będącego substytutem rzeczywistych zjawisk.

W symulacjach oraz symulacyjnych grach komputerowych, modele rzeczywistości tworzone są przez programy komputerowe. Gry komputerowe funkcjonują coraz częściej w świecie wirtualnym, kiedy rzeczywistość tworzona jest

przez techniki komputerowe i Internet [Juszczyk 1999]. Szerokie pojmowanie świata wirtualnego oznacza, że jest on tworzony na potrzeby użytkownika i dostosowany do jego możliwości mentalnych i technicznych. Ten system programów – *Virtual reality* – jest w istocie gałęzią grafiki komputerowej i stanowi komputerową wizualizację połączoną z interaktywnym umieszczeniem obiektów w przestrzeni trójwymiarowej.

Innym i odmiennym przykładem szybko rozwijających się systemów symulacyjnych jest system *Chatbot,* zwany inaczej chatterbot, jako wirtualny asystent (doradca), zadaniem którego jest rozmowa z internautą przebywającym na stronie internetowej. Rozmowa ma charakter tradycyjnego czatu tekstowego. Docelowo *chatbot* może pełnić najróżniejsze funkcje[6], w tym dydaktyczne.

W rzeczywistości jest to program komputerowy działający on-line, pewien system, zbiór algorytmów odpowiadających za prowadzenie konwersacji i wszystkie działania z nią związane. Jego zasadniczym zadaniem jest rozmowa z internautami, nawet wieloma jednocześnie. Wirtualny asystent dzięki swojemu oprogramowaniu rozpoznaje zadane pytanie i stara się dopasować odpowiedź. Ten program komputerowy obdarzony sztuczną inteligencją potrafi porozumiewać się w języku naturalnym, udzielać informacji na różne tematy, rozwiązywać problemy oraz dotrzymywać towarzystwa. Chatterbot potrafi rozmawiać prawie na każdy temat, a wyposażenie go w bazę wiedzy specyficznej dla danej firmy lub instytucji zamienia go w autentycznego Wirtualnego Doradcę pełniącego rolę handlowca, promotora, serwisanta lub pracownika działu obsługi klienta. W przypadku, gdy pytanie zadane przez użytkownika jest niezrozumiałe (lub po prostu nie ma na nie odpowiedzi w bazie wiedzy) chatbot stara się dopasować jedną z wypowiedzi *awaryjnych*, bądź próbuje nauczyć się od rozmówcy, aby następnym razem przy takowym pytaniu skorzystać z tej wiedzy. Spodziewać się należy, że w niedługim czasie znajdą one swoje miejsce w systemach pedagogicznych.

Komputerowe eksperymenty symulacyjne mają także wpływ na organizację gier. Komputery umożliwiają częściową automatyzację wielu ważnych dla sprawnego przebiegu gry czynności, takich jak: zapamiętywanie wyników osiąganych przez uczących się oraz tworzenie informacji o aktualnym stanie rozgrywki, dlatego takie eksperymenty można wielokrotnie powtarzać. Uczący się poprzez analizę dotychczasowego przebiegu gry może powtarzać eksperymenty, korygując i optymalizując równocześnie swoje działania. Oznacza to, iż gra komputerowa zapewnia sprzyjające warunki do wystąpienia dydaktycznego sprzężenia zwrotnego [Radosiński 1989].

Komputerowe gry dydaktyczne, będące rodzajem gier symulacyjnych, stają się coraz wyraźniej *integralną częścią naszej cyberprzestrzeni i ważnymi elementami*

[6] http://www.chatbot.pl/

naszego życia. Jak słusznie zauważa J. Bednarek, nie należy ich utożsamiać z *grami wideo,* które mają bardziej charakter zręcznościowy [Bednarek 2003 : 94].

E. Putkiewicz i M. Ruszczyńska-Schiller [1983 : 19] definiują grę symulacyjną jako *wykonywanie doświadczenia na modelu symulacyjnym*, które musi być prowadzone zgodnie z regułami gry. C. Galloway [1988 : 39] uważa, że *gry symulacyjne łączą w sobie właściwości gier jako takich z właściwościami symulacji*. E. Radosiński [1989 : 143] uznaje grę za symulacyjną, *jeżeli jednym z jej podstawowych rekwizytów są konstrukty pojęciowe naśladujące rzeczywistość*. Wyróżnia on w dydaktyce ekonomii symulacyjne gry kognitywne i afektywne. Gry kognitywne mają przebieg zbliżony do typowego eksperymentu symulacyjnego, w których scenariusz jest ograniczony wyłącznie do współzawodnictwa bez rywalizacji. W grach afektywnych, ukierunkowanych na kształtowanie postaw i zachowań, model symulacyjny zajmuje miejsce podrzędne, zaś podstawowe znaczenie mają wzajemne osobiste interakcje między graczami [Radosiński 1989].

W. Okoń określa gry symulacyjne jako gry dydaktyczne, w których działanie jest skierowane na rozwiązanie problemu wziętego z rzeczywistości, ale przedstawionej w modelu [Okoń 1996a: 85][7]. W metodologii badań symulacyjnych gra stanowi przykład niejednorodnego modelu symulacyjnego, którego elementami są uczący się, model systemu i scenariusz gry z jej regułami. F. Szlosek [1995 : 118] charakteryzuje gry symulacyjne jako odtwarzanie rzeczywistości poprzez model symulacyjny *o charakterze słownym, matematycznym lub technicznym*. Zdaniem autora, gry zmuszają do rozpatrywania modelu i jego cech.

C. Kupisiewicz [1977 : 96], który w dydaktyce polskiej po raz pierwszy wyodrębnił kategorię gier symulacyjnych stwierdza, że uczenie się przez metody (gry) symulacyjne polega na odtworzeniu przez uczących się złożonych sytuacji problemowych i wdraża uczniów do wszechstronnej analizy problemów. Zasadniczym celem gry dydaktycznej jest nauczenie się czegoś [Kupisiewicz 1977].

Celem zastosowania symulacji jest więc nie tylko przekazanie uczniowi informacji na temat zasady funkcjonowania systemów, ale także nauczenie podejmowania decyzji, w wyniku których funkcjonowanie tych systemów będzie się zmieniało zgodnie z zamierzeniami ucznia. Możliwość zastosowania komputera i modelu symulacyjnego umożliwia postawienie ucznia w sytuacji decydenta, którego zadaniem jest osiągnięcie założonych celów w modelowanym obiekcie.

Cele stawiane przed symulacją w dydaktyce to:

- zrozumienie istoty i zasady funkcjonowania określonych systemów;
- ukształtowanie umiejętności podejmowania decyzji dotyczących;
- funkcjonowania danego systemu;
- ćwiczenie posługiwania się wiedzą z określonej dziedziny.

[7] W. Okoń, *Nowy……, op. cit.*, s. 85.

Walory dydaktyczne gier symulacyjnych

Zainteresowanie symulacją i teorią gier w nauczaniu – uczeniu się występuje od dawna wśród wielu publicystów zajmujących się dydaktyką. W polskiej literaturze pedagogicznej problemy symulacji i gier symulacyjnych są przedmiotem analiz S.E. Jarmarka [1976], C. Kupisiewicza [1977] K. Kruszewskiego [1984; 1988] T. Nowackiego [1994], W. Okonia [1996b] C. Plewki [1999], F. Szloska [1995; 1995b]. Gry symulacyjne stosowane w ostatnich klasach szkoły podstawowej i w pierwszych klasach liceum ogólnokształcącego były tematem pracy E. Putkiewicz i M. Ruszczyńskiej-Schiller [1983 : 133]. Wyniki badań wskazują, że *największą zaletą gier symulacyjnych jest uaktywnienie uczniów o różnym poziomie intelektualnym i różnych typach osobowości.*

Wielokierunkowość możliwych zastosowań w dydaktyce gier symulacyjnych pozwala uczniom na osiąganie rozmaitych korzyści:

- stosowanie wiedzy i umiejętności teoretycznych w praktyce,
- rozwijanie postaw kreatywnych,
- kształcenie i doskonalenie umiejętności organizacji uczenia się i pracy własnej,
- rozwijanie postaw etycznych i kultury zawodu,
- wyrabianie poczucia odpowiedzialności za swoją pracę i pracę grupy, za jej jakość i ostateczny efekt,
- rozwijanie umiejętności pracy w zespole, podziału obowiązków, tworzenie atmosfery współpracy i współdziałania,
- rozwijanie nawyków dyscypliny pracy,
- uczenie się zasad prowadzenia dyskusji,
- rozwijanie umiejętności podejmowania decyzji,
- rozwijanie umiejętności prezentacji własnej osoby, swoich umiejętności i wiedzy,
- rozwijanie umiejętność wykorzystania użytkowych programów komputerowych,
- kształcenie umiejętność wypełniania formularzy, druków,
- kształcenie umiejętności sporządzania dokumentów, poznawania zasad ich obiegu, np. w biurze i ich sprawdzania pod względem formalnym, merytorycznym,
- rozwijanie umiejętności prowadzenia negocjacji, np. rozmów handlowców: ustalanie ceny, warunków sprzedaży, warunków dystrybucji, warunków płatności,
- poznawanie zasady funkcjonowania, np. przedsiębiorstwa w powiązaniu z otoczeniem, w którym funkcjonuje, a także uwarunkowań prawno-politycznych, ekonomicznych, socjokulturowych, technologicznych;
- rozwijanie umiejętności korzystania ze źródeł prawa, literatury i czasopism fachowych,

- rozwijanie umiejętności wykorzystywania w pracy urządzeń technicznych i biurowych.

Zastosowanie gier symulacyjnych w dydaktyce

Z uwagi na walory pedagogiczne, jakie charakteryzują metody symulacji komputerowej zakres stosowania gier symulacyjnych jest dość szeroki w poszczególnych dydaktykach szczegółowych, przedmiotowych. Dotyczy to zarówno przedmiotów humanistycznych, technicznych, ekonomicznych, przyrodniczych i nauczania początkowego. Gry symulacyjne włącza się aktualnie w system kształcenia modułowego w szkolnictwie zawodowym [Olechowicz 2003].

Gry symulacyjne stosuje się powszechnie w **szkołach wyższych**, np. w dydaktyce ekonomii [Branowski 2002]. W grze SYNEG symulowane są procesy negocjowania umów agencyjnych lub dystrybucyjnych z pośrednikiem krajowym lub zagranicznym.

Gry symulacyjne, tak jak wszystkie gry dydaktyczne, należą do grupy metod aktywizujących. Uczniowie nabywają wiele umiejętności, np. analizowania sytuacji, podejmowania decyzji, planowania działań, negocjowania, dobierania informacji niezbędnych do podjęcia decyzji. Nie wolno jednak zapominać o tym, że gry symulacyjne nie operują na rzeczywistości, a jedynie działają na jej modelach. W. Okoń [1996b] zauważa, że fakt ten może wpływać w szkole na oderwanie teorii od praktyki. Zasada łączenia teorii z praktyką ma szczególne znaczenie w kształceniu zawodowym, gdzie rozdział praktyki i teorii jest niedopuszczalny. Symulacja komputerowa jest jedną z odmian symulacyjnego uczenia się, która na przestrzeni ostatnich kilku lat stała się obiektem dużego zainteresowania pedagogów.

Uczenie się przez symulację komputerową obejmować może w szkołach i uczelniach praktycznie treści kształcenia ze wszystkich dziedzin wiedzy. Szczególnie jednak należy wyróżnić w tym względzie ekonomię, biznes, fizykę, przedmioty techniczne, a może w mniejszym stopniu nauki humanistyczne. Wstępny przegląd istniejącego stanu wiedzy w zakresie kształcenia z wykorzystaniem symulacji należy uzupełnić o najnowsze informacje uwzględniające zastosowanie komputerów w tej dziedzinie dydaktyki.

Jak już wspomniano, szczególnie duże zainteresowanie symulacją komputerową występuje w dydaktyce ekonomii. Analiza prac w tym zakresie pozwala zauważyć, że w nauczaniu ekonomii i biznesu symulacja komputerowa jest metodą szczególnie efektywną. T. Jaworski [1994] wykazuje, że gry symulacyjne są najskuteczniejszą metodą nauczania biznesu. Można je stosować na zajęciach grupowych i indywidualnych. Ich przykładem jest oprogramowanie do samokształcenia w negocjacjach handlowych. Program prowadzący dialog z użytkownikiem zachowuje się jak *prawdziwy partner* w czasie transakcji kupna-

sprzedaży. Wynik konfrontacji jest oceniany przez komputer. Użytkownik ma szansę na naprawienie swoich błędów i nauczenia się zachowań zwykle przynoszących sukces. Zdaniem T. Jaworskiego [1994], przykład ten ukazuje możliwości zastosowań sztucznej inteligencji w dydaktyce.

Problematyką wykorzystania symulacji komputerowej w dydaktyce ekonomii w szkole wyższej zajmuje się kompleksowo E. Radosiński [1998a; 1998b]. Jednym z obszarów prac badawczych E. Radosińskiego są komputerowe systemy dydaktyczne w dziedzinie ekonomii i zarządzania. Symulacja komputerowa znajduje swoje zastosowanie w trzech sferach: badawczej, menedżerskiej i dydaktycznej. E. Radosiński [1998a] wysuwa i udowadnia tezę, iż spośród znanych sposobów zastosowania metod symulacyjnych, dydaktyka jest tym obszarem działań praktycznych, w którym metody te wykorzystuje się najbardziej efektywnie. Zdaniem autora, symulacja dała szansę pełnego rozwoju kształcenia aktywnego, w którym z założenia uczący się stanowi czynny element systemu dydaktycznego. Szczególnie użyteczne okazało się zastosowanie symulacji w postaci gier kierowniczych, eksperymentów laboratoryjnych czy inscenizacji dydaktycznych. Symulacyjne systemy komputerowe mogą tworzyć dydaktyczne laboratorium badań, wspierające kształcenie w szkołach wyższych.

Podstawowym zadaniem wirtualnego laboratorium jest symulowanie wpływu decyzji podejmowanych przez studenta na kształtowanie się wyników ekonomicznych firmy [Bielecki 1996; 1999].

W publikacjach M. Kozielskiej [1999; 2001] przedstawione zostały wyniki badań dotyczących studiowania wspomaganego komputerem podczas zajęć laboratoryjnych z fizyki. W trakcie eksperymentu prowadzonego przez autorkę zastosowano również komputerowe programy symulacyjne. Wyniki badań potwierdziły, że na stopień aktywności poznawczej studentów ma wpływ wielostronne studiowanie wspomagane komputerem. Uczenie się z wykorzystaniem edukacyjnych programów komputerowych (w tym symulacyjnych) wywoływało wyższy stopień aktywności poznawczej i twórczej studentów.

Analizując udział technik komputerowych w łagodzeniu niepowodzeń edukacyjnych, M. Kozielska [2002b; 2003a : 113] twierdzi, że symulacje komputerowe umożliwiają pomoc w zakresie współtworzenia sytuacji aksjologicznych – pomagają w rozpoznawaniu, zrozumieniu i zaakceptowaniu wartości. Wydaje się, że taka rola symulacji komputerowych jest bardzo istotna w obecnej cywilizacji, w której następuje niebezpieczne dla edukacji zanikanie wartości. Autorka stwierdza ponadto, że *strategie symulowania i modelowania pozwalają na zwiększenie różnorodności metod stosowanych w kształceniu* [Kozielska 2003a : 115]. Wskazuje również na udział symulacji komputerowych w minimalizacji niepowodzeń edukacyjnych na drodze tworzenia przyjaznych warunków i klimatu uczenia się.

Na pytanie: *czy programy komputerowe pomagają uczyć się fizyki*, M. Kozielska [2000] udziela odpowiedzi pozytywnych w wielu aspektach. W trakcie wykładów w uczelni wyższej, zastosowane symulacje komputerowe

zjawisk fizycznych przewyższają walorami dydaktycznymi przeźrocza, foliogramy czy nawet filmy animowane. Dokonując analiz M. Kozielska stwierdza, że modele komputerowe są wygodniejsze w interpretacji, ponieważ można je rozłożyć na kolejne prostsze układy.

Dorobek M. Kozielskiej [1999; 2000a; 2000b; 2000; 2001; 2002a; 2002b; 2003] zawiera bardzo dużo cennych wyników badań, dotyczących procesu nauczania – uczenia się **fizyki w szkołach wyższych**, wspomaganego symulacją komputerową. Jest on wynikiem przeprowadzonych przez M. Kozielską badań naukowych teoretycznych i empirycznych nad skutecznością studiowania fizyki za pomocą programów komputerowych. W publikacjach tych można odnaleźć wiele praktycznych dyrektyw dydaktycznych, które dadzą się zastosować w warsztacie pracy nauczycieli fizyki i przedmiotów technicznych w szkołach zawodowych. Zdaniem M. Kozielskiej [2003], *szczególna wartość dydaktyczna symulacji tkwi głównie w tym, że pozwala pokonać dychotomię poznania bezpośredniego i pośredniego. Dydaktyczna skuteczność symulacji zależy od tego, jak prowadzącemu zajęcia uda się włączyć ją do programu nauczania i wydobyć z niej dydaktyczne i wychowawcze wartości.*

Wykorzystanie metod symulacyjnych w **dydaktyce szkoły wyższej** jest także przedmiotem badań J. Szerłowskiego [1996], który traktuje metody symulacyjne jako jeden ze sposobów aktywizacji studentów. Podobne stanowisko zajmuje M. Tokarski [1996] twierdząc, że symulacja komputerowa jest jednym z wielu determinantów skuteczności procesu dydaktycznego.

Znaczenie i dużą rolę symulacji komputerowej w dydaktyce fizyki w szkole średniej i wyższej podkreśla R. Kutner [1988; 1999]. Autor stwierdza, iż symulacje i animacje komputerowe zjawisk fizycznych są cenne z kilku powodów. Między innymi za ich pomocą można ukazać przebieg takich zjawisk, których w rzeczywistości w ogóle nie da się obserwować (np. reakcja łańcuchowa, rozpad promieniotwórczy itd.). Możliwe jest także pokazanie za ich pomocą przebiegu wszelkich zjawisk, przy równoczesnej, dowolnej zmianie wartości wielkości fizycznych opisujących te zjawiska. Ma to ogromne znaczenie edukacyjne, szczególnie w przypadku tych szkół, które nie mogą sobie pozwolić na zakup aparatury potrzebnej do przeprowadzania realnych eksperymentów. Zdaniem R. Kutnera stosowanie symulacji komputerowych rozwiązuje częściowo problemy finansowe szkół, a także daje uczniom wyobrażenie o przebiegu zjawisk fizycznych. Autor podkreśla, że symulacje i animacje komputerowe także tych zjawisk, których przebieg można ukazać za pomocą realnej aparatury, stanowią niezwykle cenne uzupełnienie i wzbogacenie procesu dydaktycznego. Czynią one bowiem wykłady bardziej zrozumiałe. Podobne stanowiska w rozważanych powyżej kwestiach zajmują J. Ginter [1999] i D. Roth [1999].

Nowe podejście i myślenie o nauczaniu fizyki sygnalizuje również M. Klisowska [2002] na przykładzie symulacji komputerowej zjawisk i procesów fizycznych. Stosowanie strategii badawczej z wykorzystaniem gier dy-

daktycznych i metod symulacji jest właściwe dla nauczania fizyki – upodabnia proces uczenia się do procesu badawczego realizowanego w tej dziedzinie. Z dydaktycznego punktu widzenia strategia ta znacznie poszerza obszar niekontrolowanej i nieocenionej bezpośrednio przez nauczyciela aktywności poznawczej ucznia. Zdaniem autorki, symulacja komputerowa stwarza nowe możliwości przezwyciężania barier percepcyjnych wiedzy fizycznej, pojawiających się w wyniku współpracy uczniów i nauczycieli w procesie dydaktycznym. Przezwyciężanie barier w percepcji wiedzy fizycznej jest możliwe dzięki interaktywnej wizualizacji i modelowaniu symulowanych zjawisk. M. Klisowska zwraca uwagę na jedną z funkcji komputera, jaką jest stymulowanie myślenia dedukcyjnego i na jej wykorzystanie w uczeniu się fizyki [Klisowska 2002].

Natomiast N. Tomaszewska [2003] zauważa, że w nauczaniu fizyki niewłaściwie prowadzone symulacje komputerowe prowadzą do błędów metodycznych. Dzieje się tak wówczas, gdy symulacje komputerowe w procesie dydaktycznym nie są używane w celu weryfikacji modelu. Zdaniem N. Tomaszewskiej, bardzo ważne jest porównywanie wyników symulacji komputerowej z wynikami eksperymentu rzeczywistego, zaś jej pozytywne wartości pedagogiczne ujawniają się wówczas, gdy łączy się ona z modelowaniem.

N. Tomaszewska [2002] przedstawia także sposoby wykorzystania arkusza kalkulacyjnego na lekcjach fizyki w szkołach ponadpodstawowych. Jednym z zastosowań arkusza kalkulacyjnego jest budowa modeli fizycznych i prowadzenie symulacji. Procesy te autorka utożsamia z ideami konstruktywistycznego procesu kształcenia. W swoich pracach N. Tomaszewska nie potwierdza jednak – wydaje się – słusznych wniosków badaniami empirycznymi w zakresie dydaktyki fizyki. Opiera je jedynie na doświadczeniach z własnej praktyki pedagogicznej.

Problematyce zastosowań oprogramowania symulacyjnego w nauczaniu przedmiotów technicznych na poziomie szkoły średniej są poświęcone artykuły S. Szabłowskiego [1997a, 1997b], A. Aftańskiego [2001] oraz W.T. Kozłowskiego [2000]. W ich opracowaniach można znaleźć opisy wybranych programów symulacyjnych oraz metodykę ich stosowania na lekcjach przedmiotów zawodowych. Autorzy stwierdzają, że wprowadzenie do procesów uczenia się metod symulacji komputerowej korzystnie wpływa na efektywność dydaktyczną nauczanych przedmiotów, zwiększa zainteresowanie ucznia przedmiotem, aktywizuje uczniów, umożliwia indywidualizację procesu uczenia się. Potwierdzenie zalet pedagogicznych symulacji komputerowej w uczeniu się przedmiotów elektrycznych znajdujemy w pracach S. Szabłowskiego [2004]. Opisano w nich wyniki badań empirycznych efektywności dydaktycznej tej metody uczenia się w zakresie technicznych zdolności poznawczych. Badania empiryczne potwierdziły rozwój intelektu technicznego uczniów, który nastąpił pod wpływem uczenia się metodą symulacyjną [Szabłowski 2005].

K. Stec [2003] proponuje tworzenie wirtualnego laboratorium elektrotechniki w szkole średniej poprzez pisanie programów symulacyjnych w ramach prac

dyplomowych uczniów technikum elektrycznego. Zdaniem autorki, wirtualne laboratorium oparte na programach symulacyjnych, może istnieć samodzielnie, lecz z założenia ma być uzupełnieniem laboratorium rzeczywistego. K. Stec uzasadnia konieczność stosowania oprogramowania symulacyjnego podczas uczenia się i studiowania – ma ono służyć lepszemu zrozumieniu zagadnień teorii elektrotechniki [Stec 2003].

Współcześnie metody symulacyjne stosowane są szeroko w dydaktyce szkoły wyższej na kierunkach technicznych: chemia [Hippe 1993] elektrotechnika, elektronika, automatyka [Stec 1996]. Zagadnieniom zastosowań komputerów na zajęciach laboratoryjnych z elektrotechniki poświęcony jest referat M. Furmanka i D. Mikołajewskiego [2000]. Są to zagadnienia wielowątkowe, w których obszarze przewija się symulacja komputerowa. Modelowanie matematyczne procesów ekologicznych i symulacja komputerowa są jedną z metod często stosowaną w dydaktyce ekologii. Umożliwiają one komputerową symulację procesów biologicznych oraz wszechstronne poznawanie zjawisk występujących w przyrodzie, a także prognozowanie rozwoju różnych populacji [Cegłowski, Orylska 1999 : 271–272]. Znane jest powszechne stosowanie komputerowych programów symulacyjnych w edukacji pilotów i kierowców. Stosowane symulatory stanowią w istocie laboratoria dydaktyczne [Tyrała 1996; 1997].

Bibliografia

Aftański A. (2001), *Oprogramowanie symulacyjne w nauczaniu przedmiotów elektrycznych,* „Nowa Edukacja Zawodowa" Nr 5/6.

Bajer M. (2001), *Wizerunki niepewności*, „Forum Akademickie" 7–8.

Barton R.F. (1974), *Wprowadzenie do symulacji i gier,* Warszawa.

Bertalanffy L.V. (1984), *Ogólna teoria systemów: podstawy, rozwój, zastosowania,* Warszawa.

Bednarek J. (2003), *Gra dydaktyczna* [w:] *Encyklopedia pedagogiczna XXI wieku,* t. II, red. T. Pilch, Warszawa.

Bertalanffy L.V. (1984), *Ogólna teoria systemów: podstawy, rozwój, zastosowania,* Warszawa.

Bielecki W.T. (1996), *Pouczające symulowanie*, „Computerworld" 20.

Biniek Z. (2002), *Elementy teorii systemów modelowania i symulacji,* Szczecin – Warszawa.

Branowski M. (2002), *Gra symulacyjna SYNEG,* Prace Szkoły Systemów Gospodarczych – Duszniki 2002, Wrocław.

Franus E. (2000), *Wielkie funkcje technicznego intelektu. Struktura uzdolnień technicznych,* Kraków.

Gasparski W. (1988), (red.), *Elementy wiedzy o projektowaniu*, Warszawa.

Gordon G. (1974), *Symulacja systemów,* Warszawa.

Jarmark S. (1976), *Wykorzystanie komputerów do symulacji i gier w procesach dydaktycznych* [w:] Materiały z IV Sympozjum Cybernetyki Pedagogicznej, Kraków.

Jaworski J. (1994), *Symulacja komputerowa w dydaktyce,* „Computerworld" 16.

Juszczyk S. (1999), *Podstawy informatyki dla pedagogów,* Katowice.

Kałuski J. (2002), *Teoria gier*, Gliwice.

Klisowska M. (2002), *Symulacja komputerowa a przezwyciężanie barier w percepcji wiedzy fizycznej,* XII Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe „Techniki komputerowe w przekazie edu-

kacyjnym", 27–28.09.2002, www.ap.krakow.pl/ptn/Referaty/Klisowsk.htm.Kołodziński E., *Symulacyjne metody badania systemów,* Warszawa.
Kozielska M. (2000), *Walory komputerowego wspomagania metod nauczania,* Media i Edukacja, Poznań.
Kozielska M. (2000), *Czy programy komputerowe pomagają uczyć się fizyki?,* XIII Konferencja „Nauczanie Fizyki w Wyższych Szkołach Technicznych", Wrocław.
Kozielska M. (2001), *Udział symulacji komputerowych w tworzeniu dydaktycznych warunków uczenia się* [w:] *Edukacja Jutra – VII Tatrzańskie Seminarium Naukowe,* red. K. Denek, T. Zimny, Częstochowa.
Kozielska M. (2002b), *Udział technik komputerowych w łagodzeniu niepowodzeń edukacyjnych* [w:] *Media i edukacja w dobie integracji,* red. W. Strykowski, W. Skrzydlewski, Poznań.
Kozielska M. (1999), *Aktywność badawcza studentów jako składnik nowoczesnego komputerowo wspomaganego kształcenia* [w:] *Edukacja jutra – V Tatrzańskie Seminarium Naukowe,* red. K. Denek, T.M. Zimny, Częstochowa.
Kozielska M. (2000b), *Podmiotowość w komputerowo wspomaganym kształceniu studentów* [w:] *Edukacja jutra – VI Tatrzańskie Seminarium Naukowe,* red. K. Denek, T.M. Zimny, Częstochowa.
Kozielska M. (2003), *Komputerowe wspomaganie edukacji,* Szczecin.
Kozłowski W.T. (2000), *Symulacja komputerowa narzędziem pracy nauczyciela przedmiotów zawodowych w dobie ekspansji technologii informacyjnej,* „Komputer w szkole" 3/2000.
Kruszewski K. (1984), *Gry dydaktyczne – zarys tematu,* „Kwartalnik Pedagogiczny" nr 2.
Kruszewski K. (1993), *Gry dydaktyczne* [w:] *Encyklopedia pedagogiczna,* red. W. Pomykało, Warszawa.
Kruszewski K. (1988), *Kształcenie w szkole wyższej,* Warszawa.
Kupisiewicz Cz. (1984), *Podstawy dydaktyki ogólnej,* Warszawa.
Kutner R. (1988), *Symulacja komputerowa w nauczaniu fizyki ogólnej* [w:] Materiały IV Krajowej Konferencji „Informatyka w Szkole", Wałbrzych.
Latawiec A. (1993), *Pojęcie symulacji i jej użyteczność naukowa,* Warszawa.
Luce R.D., Raiffa H. (1964), *Gry i decyzje*, Warszawa.
Malawski M., Sosnowska H., Wieczorek A. (2004), *Konkurencja i kooperacja. Teoria gier w ekonomii i naukach społecznych,* Warszawa.
Mazur M. (1976), *Cybernetyka i charakter,* Warszawa.
Mynarski S. (1979), *Elementy teorii systemów i cybernetyki,* Warszawa.
Naylor T.M. (1975), *Modelowanie cyfrowe systemów ekonomicznych,* Warszawa.
Noga H. (2003), *Gra komputerowa* [w:] *Encyklopedia pedagogiczna XXI wieku,* t. 2, red. T. Pilch, Warszawa.
Nowacki T. (1994), *Aktywizujące metody w kształceniu,* Warszawa.
Okoń W. (1992), *Słownik pedagogiczny,* Warszawa.
Okoń W. (1995), *Zabawa i rzeczywistość*, Warszawa.
Olechowicz B. (2003), *Gry symulacyjne w nauczaniu modułowym,* „Edukacja i Dialog" 2.
Owen G. (1975), *Teoria gier,* Warszawa.
Plewka Cz. (1999), *Metodyka nauczania teoretycznych przedmiotów zawodowych,* cz. I, Radom.
Pszczołowski T. (1978), *Mała encyklopedia prakseologii i teorii organizacji*, Wrocław.
Putkiewicz E., Ruszczyńska-Schiller M. (1983), *Gry symulacyjne w szkole*, Warszawa.
Radosiński E. (1998) (red.), *Modelowanie symulacyjne w dydaktyce ekonomii,* Wrocław, Kraków, Gliwice.
Radosiński E. (1998) (red.), *Symulacja komputerowa w nauczaniu ekonomii,* Wrocław, Kraków, Gliwice.

Radosiński E., *Symulacja komputerowa w nauczaniu analizy finansowej,* www.ioz.pwr. wroc.pl/ Pracownicy/radosinski/#publikacje.
Stec K. (1996), *Symulacja komputerowa jako narzędzie wspomagające w laboratorium elektrotechniki teoretycznej,* Poznań.
Straffin P. (2004), *Teoria gier,* Gdańsk.
Szabłowski S. (2005), *Efektywność wspomaganego symulacją komputerową uczenia się – nauczania przedmiotów elektrycznych w szkole zawodowej.* Praca doktorska UAM w Poznaniu, promotor W. Furmanek.
Szabłowski S. (2004), *Funkcje poznawcze i twórcze symulacji komputerowej w kształceniu zawodowym.* Międzynarodowa Konferencja Naukowa – „Informatyka w Kulturze i Edukacji", UŚ, Cieszyn.
Szabłowski S. (1997), *Komputerowa symulacja w nauczaniu elektrotechniki i automatyki – zagadnienia metodyczne,* „Komputer w Szkole" 1/1997.
Szerłowski J. (1996), *Metody symulacyjne jako sposób aktywizacji studentów,* Toruńskie Studia Dydaktyczne, t. IX.
Szlosek F. (1995), *Wstęp do dydaktyki przedmiotów zawodowych,* Radom.
Tokarski M. (1996), *Symulacja komputerowa jako jeden z determinantów skuteczności procesu dydaktycznego,* Toruńskie Studia Dydaktyczne.
Tomaszewska M. (2003), *Symulacja komputerowa w nauczaniu fizyki,* XIII Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe „Komputer w Edukacji", AP Kraków, 26–27.03.2003. www.ap.krakow. pl/ptn/REF2003/tomaszew.pdf.
Waloszek D. (2003), *Gra* [w:] *Encyklopedia pedagogiczna XXI wieku,* t. 2, red. T. Pilch, Warszawa.
Wencel J.S. (1961), *Elementy teorii gier*, Warszawa.

http://www.fizyka.umk.pl/~duch/Wyklady/komput/w02/naukik.htm/
http://www.chatbot.pl/