

Małgorzata Łatuszyńska

MULTIMEDIALNA WIZUALIZACJA MODELI SYMULACYJNYCH DLA POTRZEB ZARZĄDZANIA

1. Wstęp

Komputerowy model symulacyjny jest logiczno-matematycznym przedstawieniem systemu, zaprogramowanym w celu rozwiązania za pomocą komputera¹. Model taki ujmuje najważniejsze reguły zachowania się badanego systemu. Wyniki eksperymentów dokonywanych na nim ułatwiają zrozumienie logiki działania systemu, a także umożliwiają testowanie skutków różnych wariantów planowanych zmian. Komputerowe modele symulacyjne są rekomendowane w literaturze jako efektywne narzędzie wspomagające zarządzanie². Niestety, mimo niezaprzeczalnych zalet, modele te są wciąż rzadko stosowane w praktyce³. Jedną z podstawowych przyczyn tego zjawiska jest nieznanomość metod formalizacji modeli symulacyjnych przez użytkowników i w rezultacie niezrozumienie wnętrza modelu pociągające za sobą brak zaufania do wyników generowanych w procesie symulacji. Co więcej, użytkownicy mogą mieć trudności w interpretacji tych wyników, gdyż z reguły są one prezentowane w niezbyt atrakcyjnej i często niekomunikatywnej formie. To dodatkowo zniechęca do korzystania z modeli symulacyjnych.

Współczesne pakiety symulacyjne, chociaż coraz częściej wyposażone w przyjazne interfejsy, wymagają od użytkowników dużego przygotowania teoretycznego i profesjonalnej wiedzy. Oferują prezentację wyników głównie w postaci tabel i wykresów. Taka postać graficznej wizualizacji pomaga wprawdzie wychwycić

¹ Na podstawie definicji F.F. Martina [1976, s. 13]. Szerzej o pojęciu modelu systemu m.in. w [Gordon 1974, s. 21-29].

² Na przykład w: [Naylor 1975; Kononowicz 2002; Pietroń 2003].

³ Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na konieczność rozróżnienia między komputerowymi modelami symulacyjnymi a modelami analitycznymi rozwiązywanymi za pomocą komputera (np. modelami budowanymi w arkuszu kalkulacyjnym). Modele analityczne, dość szeroko stosowane w praktyce, z reguły nie ujmują upływu czasu, a jeśli ujmują, to w sposób uniemożliwiający zmianę ich postaci analitycznej w czasie symulowanym w przeciwieństwie do komputerowych modeli symulacyjnych. Rozwiązywanie modeli analitycznych za pomocą komputera dla różnych wartości parametrów opisowych często przyjmuje postać rachunku wariantowego nazywanego analizą symulacyjną lub symulacjami komputerowymi.

tendencje rozwojowe oraz podstawowe związki przyczynowo-skutkowe między elementami badanego systemu, ale jest zbyt płaska, aby dogłębnie wyjaśnić owe związki i trendy. Obserwuje się zatem dążenie do wzbogacania form przedstawiania wyników symulacji o nowe sposoby wizualizacji, jakie oferują rozwijające się bardzo dynamicznie techniki multimedialne.

Pojęcie multimediiów jest znane od wielu lat, a w literaturze przedmiotu szeroko opisuje się korzyści związane ze stosowaniem technik multimedialnych w różnych dziedzinach, także w komputerowym wspomaganie procedur zarządzania. Podstawowymi zaletami multimediiów są: zwielokrotnianie siły przekazu wynikające z możliwości równoległej prezentacji informacji w różnej formie (np. klipów wideo, animacji, dźwięku, grafiki, tekstu) oraz interakcyjność, która pozwala na aktywne włączanie się odbiorców informacji do jej transmisji. Dzięki interakcyjności użytkownicy mogą modyfikować działanie aplikacji multimedialnej i dostosowywać ją do swoich wymagań⁴.

Informacja przedstawiana w formie multimedialnej jest bardziej zrozumiała, gdyż jest bardziej zbliżona do naturalnego sposobu postrzegania rzeczywistości [Han i in. 1999]. Taka forma wizualizacji sprzyja przyswajaniu przez użytkowników wiedzy o badanych zjawiskach, dlatego lepiej pojmują złożoność badanego systemu. Ponadto, w związku z wywoływanymi przez multimedia stanami emocjonalnymi, następuje wzrost percepcji przekazywanych informacji⁵.

W artykule opisano możliwości przedstawiania rezultatów eksperymentów symulacyjnych z wykorzystaniem kilku zintegrowanych mediów (tekstu, grafiki, animacji, dźwięku, wideo) na przykładzie modeli symulacyjnych zbudowanych w konwencji dynamiki systemowej, a adresowanych przede wszystkim do specjalistów z zakresu zarządzania szeroko pojętymi zasobami.

2. Dynamika systemowa a multimedialna wizualizacja

Dynamika systemowa jest metodą szczególnego podejścia do problemów zarządzania, opracowaną przez J.W. Forrestera⁶. Jest to metoda badania rzeczywistości, zaliczana do metod ciągłej symulacji komputerowej, nauczana

⁴ Szerzej na temat multimediiów i ich zastosowań dla potrzeb zarządzania m.in. w: [Kieltyka 2002; Dudycz 2003; Grzeszczyk 2003].

⁵ Badania empiryczne potwierdzają dodatnią zależność między wzrostem liczby bodźców a skutecznością percepcji człowieka. Jeżeli informacja jest zasłyszana, to tylko 20% jej treści zostaje zapamiętane. Połączenie czynników: wzrokowego i słuchowego powoduje wzrost percepcji do 40%. Dalsze zwiększenie liczby bodźców (obejmujących już słyszenie, widzenie i emocjonalne zaangażowanie człowieka w manualne czynności związane z analizowanymi obiektami) pociąga za sobą wzrost zdolności przyswajania do 75% [Kieltyka 2002, s. 456].

⁶ Podstawy teoretyczne tej metody są szeroko opisane m.in. w publikacjach: [Forrester 1961; Gordon 1974; Łukaszewicz 1975; Souček 1979; Richardson i Pugh 1981; Kirkwood 1998; Sterman 2000]. W Internecie opublikowano kurs dynamiki systemowej: [*Road Maps...* 2000].

niemal na każdym szczeblu dydaktycznym⁷. W konsekwencji często stosuje się ją w praktyce do badania różnego rodzaju systemów, o czym świadczy chociażby tematyka licznych referatów prezentowanych na rokrocznych wielopanelowych, międzynarodowych konferencjach poświęconych dynamice systemowej organizowanych od ponad 20 lat przez System Dynamics Society w różnych miejscach na świecie⁸.

Szczególnym przypadkiem zastosowań modeli symulacyjnych zbudowanych w konwencji dynamiki systemowej (zwanymi dalej modelami systemowo-dynamicznymi) są gry komputerowe. Przykładem takiej gry, zainspirowanej przez teorię dynamiki systemowej, jest produkt firmy Electronic Arts – bardzo znana gra „SimCity” [Pearce 2002]. Jej pomysłodawca i twórca, W. Wright, zbudował podstawowy model symulacyjny gry na podstawie modelu rozwoju miasta stworzonego przez J.W. Forreстера [Forrester 1969]. Podczas, gdy większość modeli systemowo-dynamicznych jest wizualizowana w pakietach symulacyjnych⁹ za pomocą równań, diagramów strukturalnych oraz prostych wykresów i tabel, „SimCity” przedstawia zachowanie się systemu w bardziej atrakcyjny sposób – przez kreowane *ad hoc* animacje. Znane są również niekomercyjne wersje tej gry – „SimHealth” i „Virtual U” [Sawyer 2002]. „SimHealth” jest grą menedżerską, symulującą amerykański system opieki zdrowotnej [Starr 1994]. Gra „Virtual U” (www.virtual-u.org) zaś pozwala na symulację procesu zarządzania uniwersytetem i jest używana do szkolenia administratorów i menedżerów wyższych uczelni oraz do badania strategii zarządzania uniwersytetem. Innymi przykładami modeli systemowo-dynamicznych z niekonwencjonalnymi prezentacjami graficznymi są chociażby dostępne interaktywnie w Internecie gry planszowe: „The Beer Distribution Game” (www.beergame.lim.ethz.ch) oraz „The Manufacturing Game” (www.mfg-game.com).

Cechy tradycyjnych form wizualizacji modeli systemowo-dynamicznych, oferowanych w pakietach symulacyjnych powodują, że dokładne zrozumienie zachowania się badanego systemu jest trudne nawet dla doświadczonych matematyków i naukowców ([Moxnes 2000; Sterman 1989; Sterman 2002]). W związku z tym rekomenduje się łączenie istniejącego oprogramowania systemowo-dynamicznego z oprogramowaniem do tworzenia prezentacji multimedialnych [Alessi 2000]. Próbę taką podjęli naukowcy z Uniwersytetu w Bergen (Norwegia) w ramach projektu VOCS (*Visualization of Complex Systems*)¹⁰. Zbudowali oni prototypy

⁷ Długą listę kursów, na których można zapoznać się z dynamiką systemową w różnych ośrodkach uniwersyteckich i akademickich, prezentuje [Kwaśnicki 1998]. Zob. również [Forrester 1992].

⁸ Szczegółowe informacje na temat konferencji znajdują się na stronie internetowej System Dynamics Society www.systemdynamics.org.

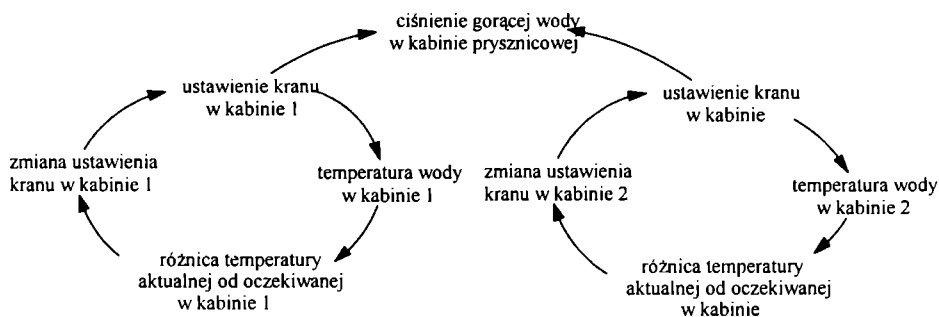
⁹ Na potrzeby modelowania symulacyjnego w konwencji dynamiki systemowej wyprodukowano wiele pakietów komputerowych, np.: PowerSim (www.powersim.com), STELLA i IThink (www.hps-inc.com) czy Vensim (www.vensim.com).

¹⁰ Więcej informacji o projekcie i jego efektach na stronie internetowej: www.intermedia.uib.no/projects/vocs oraz w artykułach [Skartveit i in. 2002; Skartveit i Viste 2003; [Skartveit i in. 2003; Viste i Skartveit 2004].

trzech modeli symulacyjnych z wykorzystaniem pakietu PowerSim i wyposażyli je w dodatkowe komentarze w postaci obiektów multimedialnych.

3. Prototypy modeli systemowo-dynamicznych z multimedialną wizualizacją

Jednym z prototypów opracowanych w ramach projektu VOCS jest **model dwóch kabin prysznicowych** stworzony pierwotnie przez J. D. W. Morecrofta i in. [1995]. Model ten jest często wykorzystywany w nauczaniu modelowania w konwencji dynamiki systemowej, gdyż zjawisko przepływu wody w rurach doskonale obrazuje zachowanie się dynamicznych elementów systemu. Na przykład strumienie dopływu i odpływu wody z brodzika regulowane zaworami można porównać do strumieni wyrobów gotowych trafiających z działów produkcyjnych do magazynu oraz opuszczających magazyn (zbyt).



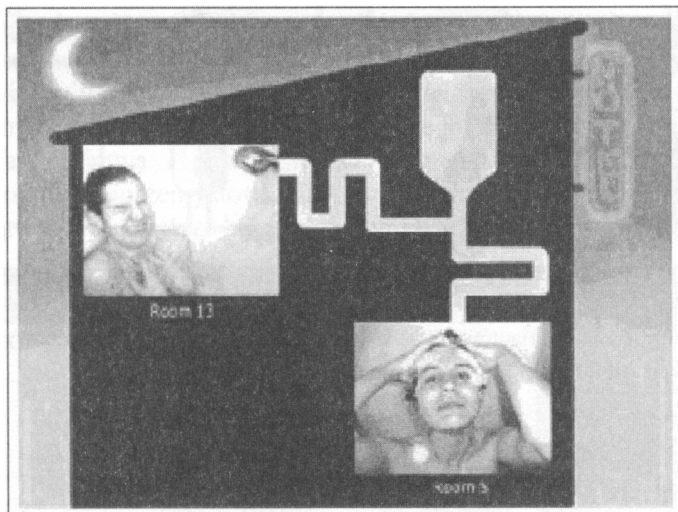
Rys. 1. Zależności przyczynowo-skutkowe w modelu dwóch kabin prysznicowych

Źródło: na podstawie [Viste, Skartveit 2004, s. 231].

Model składa się z niewielu elementów, ale doskonale ilustruje podstawowe zasady modelowania systemowo-dynamicznego. Odzwierciedla sytuację, w której dwie osoby, niezależnie od siebie, korzystają z tego samego zbiornika ciepłej wody. W modelu jest opisany mechanizm dostosowywania temperatury wody metodą prób i błędów do preferencji danej osoby, zakłócany przez korzystanie ze wspólnych zasobów ciepłej wody przez inną osobę (zob. rys. 1). Jest to uproszczona metafora znacznie bardziej skomplikowanego mechanizmu dzielenia zasobów w organizacji. Symulacja tego modelu ułatwia zrozumienie związków przyczynowo-skutkowych mechanizmu alokacji zasobów. Zmodyfikowany i uzupełniony o dodatkowe elementy model mógłby być wykorzystywany w grach menedżerskich z zakresu metod zarządzania i alokacji zasobów.

Realizacja projektu wizualizacji modelu przyjęła dwie postaci. W podstawowym interfejsie jest prezentowany następujący scenariusz problemu (rys. 2): dwie osoby, korzystające z tego samego zbiornika ciepłej wody, biorą prysznic w

hotelu, ale żadna z nich nie jest w stanie uzyskać właściwej temperatury wody. W dwóch „oknach hotelu” użytkownik widzi sekwencje nieruchomych obrazków albo krótkie filmy. Sekwencje wideo są uruchamiane przez zasadniczy model i zmieniają się wraz z stanem temperatury wody w kabinach prysznicowych wyznaczanym w procesie symulacji (dokładniej na ten temat w [Skartveit, Viste 2003]).



Rys. 2. Podstawowy interfejs wizualizacji modelu dwóch kabin prysznicowych

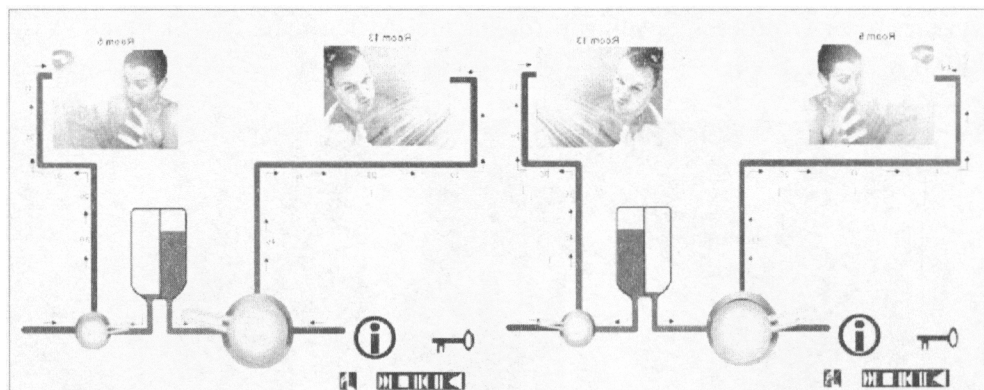
Źródło: [Skartveit i in. 2003, s. 1117].

Inna postać wizualizacji przyjmuje formę swoistej gry komputerowej, w której użytkownik – obserwator staje się użytkownikiem – graczem, który na bieżąco reguluje temperaturę, manipulując ustawieniem kurka. Reakcja na zmiany temperatury wody jest ilustrowana krótkimi sekwencjami wideo (obrazom towarzyszą efekty dźwiękowe), zmianą koloru tła oraz wskazań na skali termometru. Gracz może podglądać reakcje „osoby” w drugiej kabinie prysznicowej, a także – za pomocą odpowiednich przycisków – spowodować ukazanie się systemu rur na ekranie (rys. 3) oraz wygenerować tekstowe i dźwiękowe komunikaty z wyjaśnieniami na temat relacji między strukturą i zachowaniem systemu.

Obrazy wideo odgrywają istotną rolę w wizualizacji zachowania się systemu i pozwalają użytkownikowi kontrolować zmieniające się warunki w obu kabinach prysznicowych. Sekwencje wideo stanowią realistyczne medium, przez co wywołują większy wpływ emocjonalny na użytkownika aniżeli zwykłe statystyki albo wykresy przedstawiające wzrost temperatury. W rezultacie osiąga się głębsze zrozumienie działania systemu przez użytkownika.

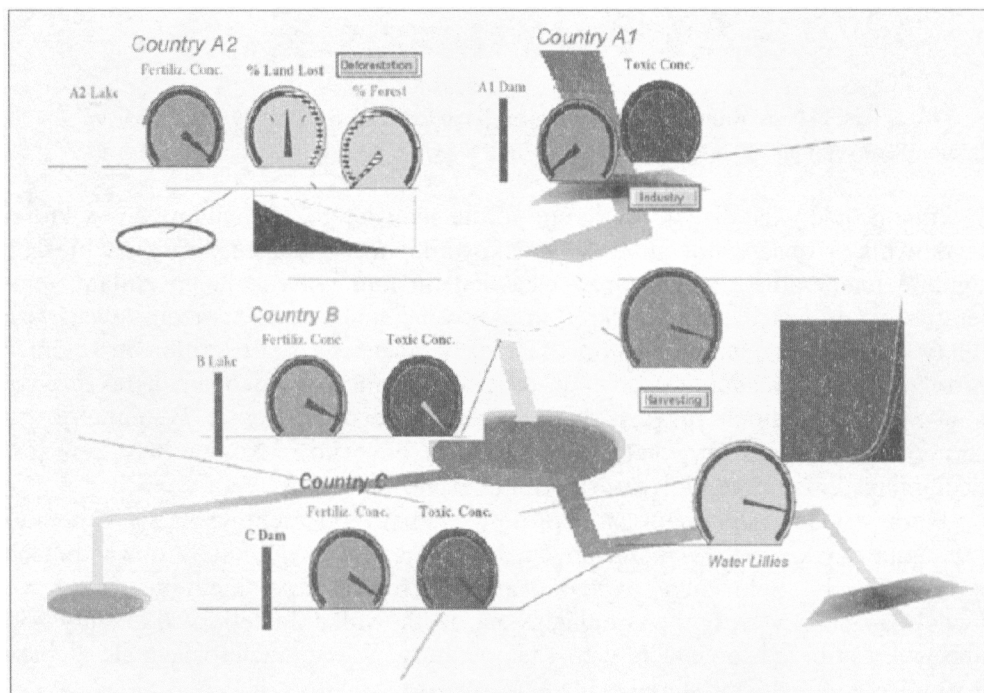
W ramach projektu VOCS opracowano również **model doliny Nilu**, którego celem było wsparcie zarządzania śródlądowymi zasobami wodnymi. Model ten

umożliwia wykorzystanie materiału filmowego z komentarzami na temat zmian poziomów wody i wpływu tych zmian na środowisko naturalne. Prosty interfejs graficzny modelu przedstawiono na rys. 4.



Rys. 3. Jeden z wariantów wizualizacji modelu dwóch kabin prysznicowych

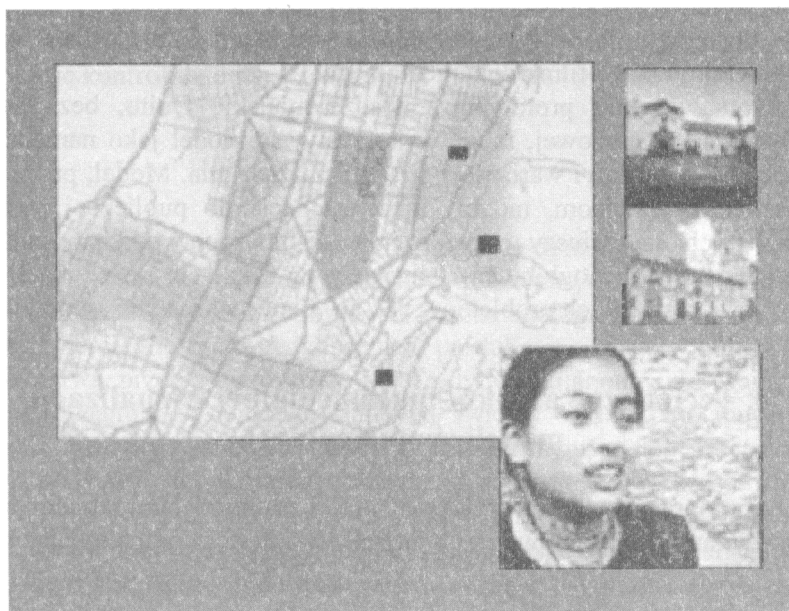
Źródło: [Viste, Skartveit 2004, s. 238].



Rys. 4. Podstawowy interfejs graficzny modelu doliny Nilu

Źródło: [Skartveit i in. 2003, s. 1121].

W modelu ujęto działania podejmowane dla zrównoważonego rozwoju przez cztery kraje. Dwa z nich (górny Nil) otrzymują wsparcie finansowe ze źródeł zewnętrznych. Kraj A1 otrzymuje wsparcie w postaci ekspertyz dotyczących budowy zapór wodnych. Budowa zapór wodnych ma zapewnić rozwój przemysłu przez zwiększenie zasobów energii elektrycznej. W rezultacie jednak wzrasta ilość odpadów przemysłowych i obserwuje się znaczne zmiany w poziomach wody. Kraj A2 otrzymuje pomoc w zakresie w postaci dostaw nawozów sztucznych. W wyniku wzmożonego nawożenia pól uprawnych następuje również rozrost roślin wodnych, które utrudniają żeglugę śródlądową. Kraj B przeżywa okres poważnych zamieszek wśród ludności cywilnej i otrzymuje niewielkie wsparcie głównie w sektorach: ochrony zdrowia i budownictwa mieszkaniowego. Na kraj ten ma duży wpływ intensyfikacja rolnictwa i przemysłu w kraju A1. Kraj C charakteryzuje się większym stopniem uprzemysłowienia i wyższą kulturą rolniczą, ale dostępność wody zależy tu w dużej mierze od zmian zachodzących w górnym biegu rzeki.



Rys. 5. Jeden z ekranów sekwencji wideo dla modelu miasta Quito

Źródło: [Skartveit i in. 2002].

Model powstał na zlecenie Centrum Informacji i Wspierania Podejmowania Decyzji w Kairze jako narzędzie mające wspomóc dyplomatyczne zabiegi w zakresie wspólnych działań na rzecz zrównoważonego rozwoju. W takim przypadku, gdy użytkownicy modelu nie są profesjonalistami w dziedzinie modelowania i symulacji – multimedialna wizualizacja jest jeszcze bardziej wskazana.

Innym modelem, w którym zastosowano multimedialną wizualizację, jest **model miasta Quito** w Ekwadorze. Powstał on we współpracy z planistami miej-

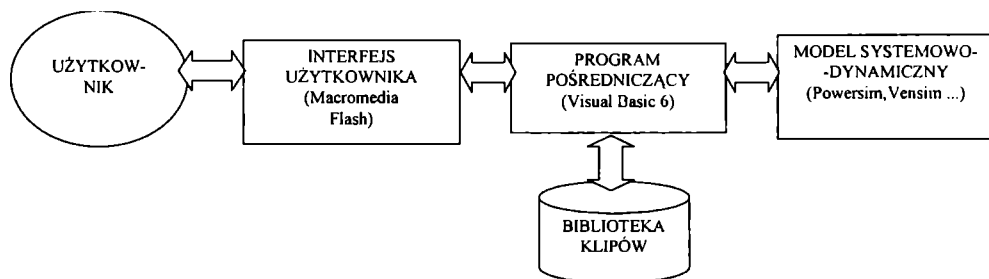
skimi. Miał służyć jako narzędzie prezentacji oraz wyjaśniania strategii i scenariuszy rozwoju miasta władzom i mieszkańcom miasta. Tworząc model, korzystano z modeli urbanistycznych autorstwa J.W. Forrestera [1969] oraz doświadczeń w zakresie projektowania interaktywnych środowisk nauczania, gier komputerowych i technik wizualizacji GIS.

Model symulacyjny miasta jest wizualizowany za pomocą mapy (rys. 5). Po ustawieniu parametrów eksperymentu i uruchomieniu symulacji, rozwój sytuacji jest prezentowany za pomocą animacji na mapie. Rozszerzające się bądź zmniejszające kolorowe obszary lub kropki przedstawiają zwiększający się lub zmniejszający poziom skażenia, liczbę handlarzy ulicznych itp. Poza animacjami w modelu wykorzystuje się dwudziesto- trzydziestosekundowe sekwencje wideo, wywoływane podczas przebiegu symulacyjnego z biblioteki klipów, prezentujące bieżącą sytuację w systemie. Klipy wideo służą jako komentarze do wyników symulacji, pokazują np. konsekwencje zastosowania określonego wariantu polityki. Jest to szczególnie wskazane w sytuacji, gdy konsekwencje te trudno wyrazić w sposób ilościowy. Wywoływane podczas symulacji klipy nadają modelowi charakter interaktywnego filmu dokumentalnego.

Dzięki omawianemu prototypowi władze miejskie Quito, bez znajomości metody dynamiki systemowej, mogą wykorzystywać model jako narzędzie testowania różnych rozwiązań i wariantów strategii zarządzania. Model, przez szerokie udostępnienie mieszkańcom, mógłby także zachęcić do publicznej dyskusji na temat możliwych scenariuszy rozwoju miasta. Innym przykładem publicznego wykorzystania modelu mogłoby być użycie go w szkołach, do edukacji dzieci i młodzieży w zakresie takich problemów, jak np. zanieczyszczenie środowiska.

4. Techniczne aspekty multimedialnej wizualizacji modeli symulacyjnych

Prototypy opracowane w projekcie VOCS są modelami zbudowanymi w konwencji dynamiki systemowej, „ubranymi” w interfejs umożliwiający genero-



Rys. 6. Schemat implementacji wizualizacji multimedialnej w modelu symulacyjnym

Źródło: opracowanie własne.

wanie multimedialnych wizualizacji. Przepływ danych między podstawowym modelem dynamiki systemowej i interfejsem multimedialnym jest kontrolowany przez dodatkowy program komputerowy (rys. 6).

W prezentowanych przykładach podstawowy model systemowo-dynamiczny był tworzony za pośrednictwem pakietu symulacyjnego Powersim Studio SDK (www.powersim.com/products/sdk.asp), a interfejs użytkownika – z wykorzystaniem Macromedia Flash MX (www.macromedia.com/software/flash/flashpro). Przepływ danych między podstawowym modelem i multimedialnym interfejsem jest kontrolowany przez program pośredniczący napisany w Visual Basicu 6.0. Powersim Studio SDK oferuje dwa połączone interfejsy do modelu – jeden podstawowy typu COM (używany przez kompilatory C i C++, które wspierają COM) i kontroler ActiveX będący nakładką interfejsu COM. Powersim jest odpowiedzialny za układ równań matematycznych modelu oraz obliczenia numeryczne, a program pośredniczący przekazuje dane wejściowe z interfejsu użytkownika do modelu, dokonuje zmian w modelu i przesyła wizualizacje do interfejsu. Podstawowym zadaniem programu jest ładowanie składników ActiveX i sprawowanie kontroli nad ich wykonaniem [Skartveit i in. 2003].

5. Zakończenie

Przedstawione prototypy modeli systemowo-dynamicznych dowodzą, że istnieją duże możliwości udoskonalania form prezentacji wyników generowanych przez modele. Łatwo wyobrazić sobie, jak można analogicznie, za pomocą innych modeli, odzwierciedlić multimedialnie halę produkcyjną, system kadrowy, zasoby przedsiębiorstwa, przepływy towarów itd. Tradycyjne diagramy rysowane w języku graficznym dynamiki systemowej stanowią świetny szkielet dla multimedialnej wizualizacji struktury systemu w modelu symulacyjnym, a sam proces symulacji może być podstawą do ukazania zachowania się systemu w czasie za pomocą obrazów ruchomych z dodatkowymi dźwiękowymi komentarzami. Innymi słowy, w trakcie eksperymentu symulacyjnego mogą pojawiać się automatycznie, lub na żądanie, wyniki w formie multimedialnej. Istnieje także możliwość bieżącego sterowania parametrami symulacji i tym samym wpływania na generowane przekazy multimedialne, a także możliwość uwypuklania za pomocą różnych mediów tych elementów modelu, które identyfikują składniki systemu podatne na zmiany. W ten sposób można rekomendować decydentowi punkty główne w procesie podejmowania decyzji czy też projektowania strategii zarządzania systemem. Wszystko to powoduje, że modele z multimedialną wizualizacją mogą być w szerszym stopniu niż tradycyjne modele symulacyjne, używane przez użytkowników nie posiadających profesjonalnej wiedzy na temat teorii modelowania i symulacji.

Tekst, dźwięk, wideo oraz animacje stanowią to, co C.M. Reigeluth i E. Schwartz nazywają nakładką instruktażową (*the instructional overlay*) modelu

symulacyjnego [Reigeluth, Schwartz 1989]. Dzięki takiej nakładce użytkownik-decydent uczy się samodzielnie, metodą prób i błędów, jak działa system, i w konsekwencji głębiej rozumie informację decyzyjną dostarczaną przez model. Przez to łatwiej mu odkryć skuteczne rozwiązania pojawiających się w systemie rzeczywistym problemów, co prowadzi do przyspieszenia procesu podejmowania decyzji.

Literatura

- Alessi S.M., *Designing Educational Support in System Dynamics Based Interactive Learning Environments*, „Simulation & Gaming” 2000 nr 31 (2), s. 178-196.
- Dudycz H., *Multimedia*, [w:] *Komunikacja gospodarcza*, red. E. Niedzielska, AE, Wrocław 2000.
- Dudycz H., *Multimedia w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, [w:] *Multimedia w biznesie*, red. L. Kiełtyka, Kantor Wydawniczy Zakamycze, Kraków 2003.
- Forrester J.W., *System Dynamics and Learner-Centered-Learning in Kindergarden through 12th Grade Education*, MIT, Cambridge 1992.
- Forrester J.W., *Industrial Dynamics*, John Wiley and Sons, New York 1961.
- Forrester J.W., *Urban Dynamics*, The MIT Press, Cambridge Mass. 1969.
- Gordon G., *Symulacja systemów*, WNT, Warszawa 1974.
- Grzeszczyk T.A., *Systemy multimedialne w zarządzaniu przedsiębiorstwem. Metody implementacji*, MIKOM, Warszawa 2003.
- Han J., Mechlova E., Dvorak L., Edl M., Konicek L., *Multimedia and Simulation in Computer Aided Education*, International Conference on Engineering Education ICEE'99, Ostrava-Praha 1999, www.ineer.org/Events/ICEE1999/Proceedings/papers/317/317.htm.
- Kiełtyka L., *Komunikacja w zarządzaniu. Techniki, narzędzia i formy przekazu informacji*, Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa 2002.
- Kirkwood C.W., *System Dynamics Methods: A Quick Introduction*. Arizona State University, Internet 1998, www.public.asu.edu/~kirkwood/sysdyn.
- Kononowicz Ł., *Symulacyjne modele biznesowe w podejmowaniu decyzji zarządczych*, „Controlling i Rachunkowość Zarządcza” 2002 nr 10.
- Kwaśnicki W., *Dynamika Systemów jako metoda nauczania*, [w:] *Symulacja komputerowa w nauczaniu ekonomii*, red. E. Radosiński, Polskie Towarzystwo Symulacyjne, 1998.
- Łukaszewicz R., *Dynamika Systemów Zarządzania*, PWN, Warszawa 1975.
- Martin F.F., *Wstęp do modelowania cyfrowego*, PWN, Warszawa 1976.
- Morecroft J.D.W., Larsen E.R., Lomi A., Ginsberg A., *The Dynamics of Resource Sharing: a Metaphorical Model*, „System Dynamics Review” 1995 nr 11(4), s. 289-309.
- Moxnes E., *Not Only the Tragedy of the Commons: Misperceptions of Feedback and Policies for Sustainable Development*, „System Dynamics Review” 2000 nr 16(4), s. 325-348.
- Naylor T.H., *Modelowanie cyfrowe systemów ekonomicznych*, PWN, Warszawa 1975.
- Pietroń R., *Konceptualizacja modeli dynamiki systemów w zarządzaniu strategicznym*, Prace Naukowe Instytutu Organizacji i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej, Wyd. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2003.
- Pearce C., *Sims, BattleBots, Cellular Automata God and Go. A conversation with Will Wright*, „Gamestudies” 2002 nr 2, www.gamestudies.org/0102/pearce/.
- Reigeluth C. M., Schwartz E., *An Instructional Theory for the Design of Computer-based Simulations*, „Journal of Computer-Based Instruction” 1989 nr 16 (1), s. 1-10.
- Richardson G.P., Pugh A.L., *Introduction to System Dynamics Modelling*, Productivity Press, Portland 1981.
- Road Maps: A Guide to Learning System Dynamics*, Internet, sysdyn.clexchange.org/road-maps/home.html.

- Sawyer B., *Serious Games: Improving Public Policy Through Game-based Learning and Simulation*, Publication 2002-1, The Foresight and Governance Project at the Woodrow Wilson Center, Washington, DC, 2002, www.seriousgames.org/images/seriousarticle.pdf.
- Skartveit H.L., Goodnow K., Viste M., *Visualized System Dynamics Models as Information and Planning Tools*, Informing Science + Information Technology Education Joint Conference, Pori, Finland, June 2003, proceedings.informingscience.org/IS2003Proceedings/docs/140Skart.pdf.
- Skartveit H.L., Viste M., *System Dynamics as Story Engine for Interactive Video*. MelbourneDAC, the 5th International Digital Arts and Culture Conference, May, 19-23, 2003, hypertext.rmit.edu.au/dac/papers/Skartveit.pdf.
- Skartveit H.L., Goodnow K.J., Viste M., *SimHeritage: Multimedia and System Dynamics in Learning Tools for Heritage Management*, UNESCO Virtual Congress, October-November 2002, www.virtualworldheritage.org/papers/3105_937-UnescoWorldHeritageCenterVirtualCongress010802.doc.
- Souček Z., *Modelowanie i projektowanie systemów gospodarczych*, PWN, Warszawa 1979.
- Starr P., *Seductions of Sim: Policy as a Simulation Game*, „The American Prospect” 1994 nr 17, s. 19-29, www.princeton.edu/~starr/17star.html.
- Sterman J.D., *Modelling Managerial Behaviour – Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision-making Experiment*, „Management Science” 1989 nr 35(3), s. 321-339.
- Sterman J.D., *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, Irwin McGraw-Hill, Boston 2000.
- Sterman J.D., *All Models are Wrong: Reflections on Becoming a Systems Scientist*, „System Dynamics Review” 2002 nr 18(4), s. 501-531.
- Sterman J.D., *Teaching Takes Off. Flight Simulators for Management Education, The Beer Game*, „OR/MS Today” October 1992, s. 40-44, web.mit.edu/jsterman/www/SDG/beergame.html.
- Viste M., Skartveit H.L., *Visualization of Complex Systems–The Two-Shower Model*, „PsychNology Journal” 2004 vol. 2, nr 2, s. 229-241.

MULTIMEDIA VISUALIZATION OF SIMULATION MODELS FOR MANAGEMENT

Summary

Development of multimedia techniques influences considerably the manner of visualization of results generated by simulation models. The article presents the possibilities of introducing the results of simulation experiments with the use of several integrated means (i.e. text, graphic, animation, sound and video clip) on the example of models created in convention of system dynamics method.

Małgorzata Łatuszyńska – dr hab., adiunkt w Instytucie Informatyki w Zarządzaniu Uniwersytetu Szczecińskiego.