

quality management of electronic information resources, services of a quality management system.

Стаття надійшла до редакції 15.05.2012 р.

Прийнято до друку 25.05.2012 р.

УДК 004.942

**Л. Ф. Панченко**

### **СУЧАСНІ ЗАСОБИ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМНОЇ ДИНАМІКИ**

У сьогоденному світі попит на шаблонне керівництво і шаблонні знання надалі знижується, і, навпаки, зростає роль умінь складної комунікації й експертного оцінювання, системного мислення [1]. Одним з ефективних засобів формування системного мислення майбутнього фахівця є опанування комп'ютерними програмами системної динаміки [1 – 3]. Вони надають можливість учням і студентам створювати моделі процесів та явищ, розуміти їхній взаємозв'язок, дослідити вплив ендогенних та екзогенних факторів, прогнозувати розвиток досліджуваних явищ та процесів.

Системна динаміка – напрям у вивченні складних систем, який досліджує поведінку системи в часі в залежності від структури елементів системи і від взаємодії між ними [4].

Системну динаміку розроблено у 1960-х роках Джеєм Форрестером в його роботах „Індустріальна динаміка”, „Міська динаміка”, „Світова динаміка” [4; 5]. Цей напрямок широко розвивається у США зусиллями групи системної динаміки Массачусетського технологічного інституту (MIT): Джей Форрестер, Джон Стерман [6]. Навчання основам системної динаміки стало складовою програми для загальноосвітніх шкіл США (K-12) [1].

На жаль, в Україні засоби системної динаміки недостатньо використовуються у сфері вищої освіти, не говорячи про середню освіту.

*Мета статті* – дослідити можливості сучасних засобів системної динаміки, відібрати з їх складу вільно поширені програми, описати їх властивості, розробити навчально-методичне забезпечення щодо включення цих засобів у відповідні курси для навчання студентів різних спеціальностей.

До складу найбільш популярних інструментів системної динаміки належать наступні [1 – 3]: AnyLogic, Adaptive Modeler, Consideo Modeler, ExtendSim, Insight Maker, isee NetSim, iThink, MapSys, myStrategy, Powersim Studio, Simqua, STELLA, TRUE, Vensim, NetLogo.

Серед цих засобів вільно поширюються такі (див. табл. 1).

Таблиця 1

**Вільне програмне забезпечення для моделювання системної динаміки**

Назва	Мова розробки	Рік	Посилання
Mapsim	Microsoft .NET	2009	<a href="http://mapsim.sourceforge.net/">http://mapsim.sourceforge.net/</a>
Net LOGO	Java, Scala	2009	<a href="http://ccl.northwestern.edu/netlogo">http://ccl.northwestern.edu/netlogo</a>
System Dynamics	Java	2009	<a href="http://sourceforge.net/projects/system-dynamics/">http://sourceforge.net/projects/system-dynamics/</a>
MapSys	–	2009	<a href="http://mapsys.software.informer.com/4.0/">http://mapsys.software.informer.com/4.0/</a>
Vensim (академічна версія)	C	2010	<a href="http://vensim.com/">http://vensim.com/</a>
isee Player (STELLA і iThink)	–	2010	<a href="http://www.iseesystems.com/">http://www.iseesystems.com/</a>

Важливою складовою навчання моделюванню системної динаміки є вибір належного програмного засобу. У межах цієї статті розглянемо можливості моделювання системної динаміки в середовищах NetLogo, Vensim, isee Player.

NetLogo [2] не є спеціальним інструментом системної динаміки, це – мультиагентна система, за допомогою якої студенти та учні можуть досліджувати явища в різних галузях. Але бібліотека моделей NetLogo містить секцію «Системна динаміка» з чотирма моделями, які ілюструють процес зростання та загибелі популяцій.

– Exponential Growth (експоненційне зростання) і Logistic Growth (логістичне зростання) – це просто приклади необмеженого зростання деякого ресурсу.

– Wolf Sheep Predation (aggregate – сукупність, комплекс) - це приклад екосистеми з декількома популяціями, які впливають одна на одну.

– Wolf Sheep Predation (docked – состикований) – приклад моделі, у якій бік-о-бік реалізуються дві моделі: модель системної динаміки та мультиагентна модель.

На панелі діаграм (рис.1) присутні чотири інструменти для побудови поточкових діаграм: накопичувач (Stock), потік (Flow), змінна, яка характеризує темп росту (Variable), зв'язок.

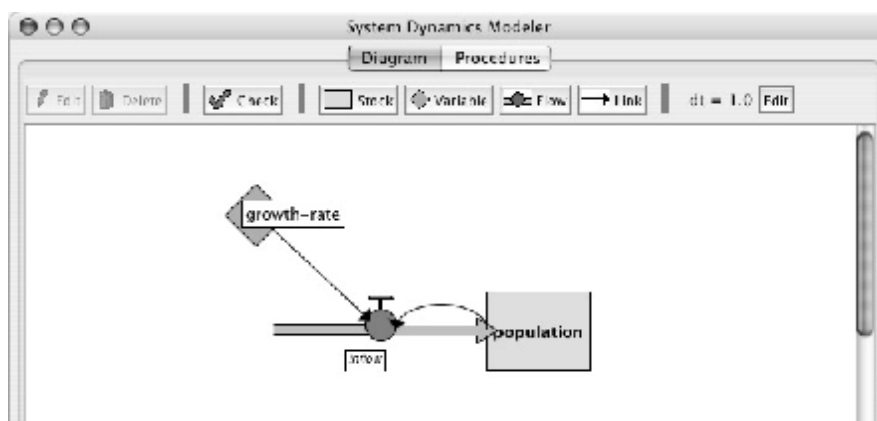
Моделі системної динаміки реалізують три важливих процедури NetLogo:

– *system-dynamics-setup* ініціалізує модель, що агрегувалася. встановлюється значення інтервалу часу dt, викликається скидання

лічильника тимчасових інтервалів, ініціалізуються накопичувачі і конвертори (Stocks і converters);

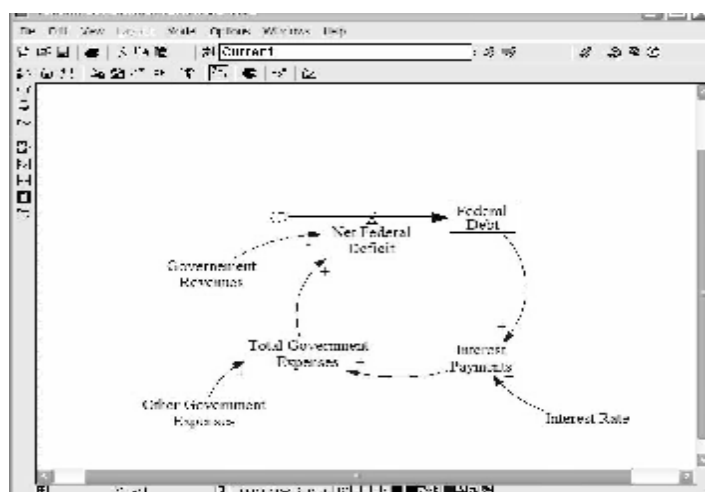
– *system-dynamics-go* виконує модель, що агрегується, для тимчасового інтервалу  $dt$ , обчислюються значення потоків і змінних і оновлюються значення накопичувачів..

– *system-dynamics-do-plot* креслить графік значення накопичувачів (stocks) в створюваній моделі. Перед цим, спочатку користувач повинен створити діаграму в головному вікні Netlogo, на вкладці Інтерфейс.



**Рис. 1.** Модель росту популяції в NetLogo

Vensim – це набір спеціалізованих програмних засобів для побудови і аналізу моделей системної динаміки. Моделі конструюються графічно або в текстовому редакторі. До програмних засобів Vensim належать Vensim PLE, Vensim PLE Plus, Vensim Professional, Vensim Model Reader [8]. Останній засіб є вільним та надає можливість публікувати моделі в спільноті, обговорювати їх, вільно копіювати.

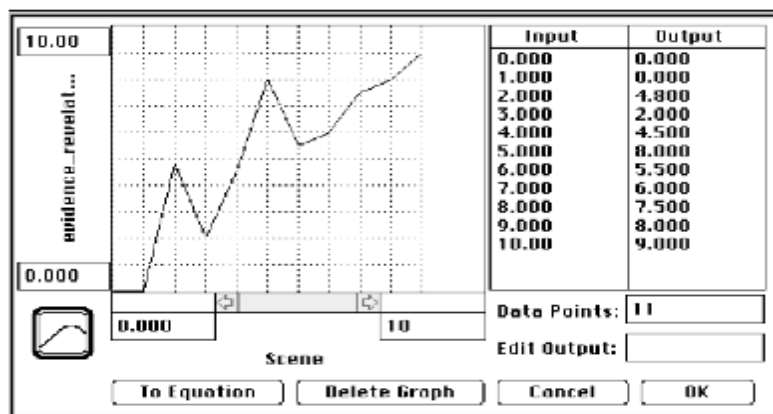


**Рис. 2.** Модель дефіциту федерального бюджету в середовищі Vensim



Так, наприклад, можна переглянути модель „Гамлет” [10]. У моделі аналізується ланцюжок подій, який приводить принца Гамлета до думки, що його дядько Клавдій (що убив його батька і оженився на його матері, королеві Гертруді), позбавив принца і сімейства, і трону.

Модель проектується для визначення ефекту кожної події в п'єсі Шекспіра на готовність Гамлета вбити Клавдія (див. рис. 4 – 5).



**Рис. 5.** Результати роботи моделі „Гамлет”

На рисунку 5 наведено вікно програмного засобу Stella для потокової змінної „одкровення свідків” (що побудована на основі аналізу сцен трагедії Шекспіра, зробленого студентами). Як свідчить графік, намір Гамлета вбити Клавдія змінювався з нульового значення на початку п'єси до 9 балів після 10-ї сцени.

*Таблиця 2*

**Порівняння моделей системної динаміки та мультиагентного моделювання**

Порівняння	Модель системної динаміки	Мультиагентне моделювання
Базовий елемент моделі	Петля зворотного зв'язку	Агент
Область аналізу	Структура системи	Правила поведінки агента
Рівень моделювання	Макрорівень	Мікрорівень
Напрямок моделювання	Зверху вниз	Знизу вверху
Час	Безперервний	Дискретний
Апарат, який є основою моделювання	Математика (диференційні рівняння)	Логіка (поведінка моделі)

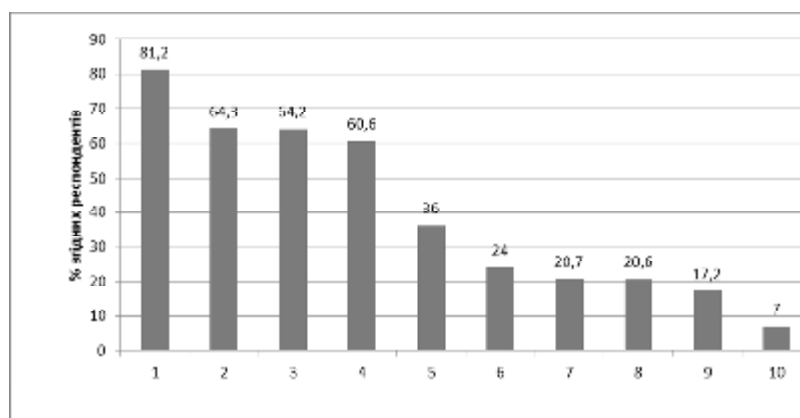
Відзначимо, що після вивчення різних програмних засобів моделювання систем, важливо показати студентам відмінності моделювання системної динаміки і мультиагентного моделювання (див.табл. 2) за такими параметрами, як базовий елемент моделі, область

аналізу, рівень моделювання, напрямок моделювання, час, апарат, який лежить в основі моделі [11; 12]. У цьому плані цікаву можливість надає NetLogo з його моделлю „Вовки та вівці”, у якій одночасно виконуються модель системної динаміки та мультиагентна модель.

Як показує наш досвід, а також аналіз відповідних джерел, викладачі потребують супроводу у використанні моделювання в навчанні. Він стосується відбору потрібного засобу для моделювання, підтримки в його засвоєнні й застосуванні, відповідного методичного забезпечення.

Так, за даними Дж. Ліна, у галузі вищої освіти [13] близько 20 % викладачів за жодних обставин не будуть використовувати ігрові та симуляційні методи. Але переважна більшість викладачів таку можливість не заперечує: 22,4 % викладачів могли б використовувати рольові ігри, 66,5 % – навчальні симуляції, 54,6 % – моделюючі симуляції, 47 % – не комп’ютеризовані ігри.

Результати вторинного аналізу даних Дж. Ліна [13] щодо бар’єрів у використанні навчальних симуляцій викладачами представлено на рисунку 6.



**Рис. 6.** Бар'єри у використанні ігор і симуляцій викладачами:

- 1) обмежений час для розвитку себе як викладача;
- 2) задоволеність тими методами, які вже використовуються;
- 3) студенти не будуть добре реагувати на ці методи;
- 4) обмежена адміністративна і технічна підтримка;
- 5) відсутність додаткових методів і продуктів;
- 6) ці методи не придатні для мого предмета;
- 7) немає ігор і симуляцій для мого предмета;
- 8) використання цих методів пов'язане з ризиком;
- 9) обмежені ресурси, щоб використовувати нові методи;
- 10) викладацькі інновації мають низький пріоритет у навчальному закладі

Можна констатувати такі основні бар'єри на шляху запровадження ігор і навчальних моделювань: необізнаність викладачів з цими методами, їх програмним забезпеченням, нестача часу викладача, необхідна для засвоєння нового засобу, відсутність технічної і методичної підтримки, боязнь «невідомого». А саме толерантність до невідомого і є головною рисою інноваційності викладача.

Розроблене нами методичне забезпечення моделювання системної динаміки в середовищі NetLogo [7; 8] та середовищі Vensim

PLE складається з лекцій-презентацій, циклу лабораторних робіт, завдань для самостійної роботи й може використовуватися викладачами й студентами для дослідження готових моделей у різних галузях, їх розширення, доповнення, складання своїх моделей. Методичне забезпечення було апробоване під час проведення занять з викладачами інформатики шкіл міста і області (у ЛППО), у навчальному процесі магістратури й бакалавріата студентів різних спеціальностей, як у межах спеціального курсу „Моделювання економічних, екологічних і соціальних процесів”, так і в межах курсів „математичних методів” для соціологів і психологів, у курсі „Інформатики” і під час обчислювальної практики для студентів спеціальності „Хімія”.

Отже, комп’ютерні засоби моделювання системної динаміки надають можливість розуміння студентами зв’язків в сучасному світі, моделювання і вивчення явищ у їх взаємозв’язку; можливість урахування впливу багатьох чинників і їх взаємодій на явище, що досліджується; розвивають системне і критичне мислення учнів і студентів, вміння прогнозування та передбачувати. У результаті дослідження було розроблено та апробовано навчально-методичне забезпечення моделювання системної динаміки для вільно-поширених програмних засобів: середовища NetLogo та середовища академічної версії Vensim PLE.

Подальший розвиток роботи в цьому напрямі – розширення створеного навчально-методичного забезпечення за рахунок підключення нових комп’ютерних засобів моделювання системної динаміки, зокрема iSee Player [14].

#### **Список використаної літератури**

- 1. Creative learning exchange** [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://clexchange.org/resources/links\\_tools.asp](http://clexchange.org/resources/links_tools.asp).
- 2. NetLogo** [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ccl.northwestern.edu/netlogo>.
- 3. Simulation software** [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.systemswiki.org/index.php?title=Simulation\\_Software](http://www.systemswiki.org/index.php?title=Simulation_Software).
- 4. Форрестер Д.** Основы кибернетики предприятия / Д. Форрестер. – М. : Прогресс, 1971.
- 5. Форрестер Д.** Мировая динамика / Д. Форрестер. – М. : АСТ, 2003.
- 6. System dynamics** [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [mitsloan.mit.edu/groups/sd](http://mitsloan.mit.edu/groups/sd)
- 7. Панченко Л. Ф.** До питання вибору програмного забезпечення моделювання мультиагентних систем / Л. Ф. Панченко // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании ‘2010 : сб. науч. трудов по материалам междунар. науч.-практ. конф. – Т. 23. Педагогика, психология и социология. – Одесса : Черноморье, 2010. – С. 66 – 68.
- 8. Панченко Л. Ф.** Використання мультиагентних систем у навчанні / Л. Ф. Панченко // Вісн. Луган. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка : Педагогічні науки. – 2011. – № 13 (224). – С. 23 – 30.
- 9. Vensim** documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.vensim.com/>

documentation.html. **10. Nopkins P. L.** Simulation Hamlet in the classroom / Pamela Lee Hopkins [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://clexchange.org/ftp/documents/Roadmaps/RM1/D-4540-1.pdf>.

**11. Shieritz N.** Modeling the Forest or Modeling the Trees. A Comparison of System Dynamics and Agent-Based Simulation / N.Shieritz, P.Milling // Proceedings of the International System Dynamics Society Conference, 2003.

**12. Каталевский Д. Ю.** Системная динамика и агентное моделирование: необходимость комбинированного подхода / Д. Ю. Каталевский [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://sysdynamics.ru/system/-files/5/original/Katalevsky\\_article\\_agents\\_SD.pdf?1271707549](http://sysdynamics.ru/system/-files/5/original/Katalevsky_article_agents_SD.pdf?1271707549).

**13. Lean J.** Simulations and games: Use and barriers in higher education / Jonathan Lean, Jonathan Moizer, Michael Towler and Caroline Abbey // Active Learning in Higher Education. – 2006. – № 7. – P. 227 – 242. **14. Iseesystems** [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.iseesystems.com>.

#### **Панченко Л. Ф. Сучасні засоби моделювання системної динаміки**

Стаття присвячена питанням моделювання системної динаміки. Аналізуються можливості вільного програмного забезпечення NetLogo, Vensim PLE, isee Player для навчання моделюванню студентів різного фаху.

*Ключові слова:* засоби моделювання, системна динаміка, програмне забезпечення NetLogo, Vensim PLE, isee Player.

#### **Панченко Л. Ф. Современные средства моделирования системной динамики**

В статье обсуждаются вопросы моделирования системной динамики. Анализируются возможности свободного программного обеспечения NetLogo, Vensim PLE, isee Player для обучения моделированию студентов разных специальностей.

*Ключевые слова:* средства моделирования, системная динамика, программное обеспечение NetLogo, Vensim PLE, isee Player.

#### **Panchenko L. F. Modern facilities of design of system dynamics**

The article discussed the questions of modelling system dynamics. Possibilities of the free software are analysed: NetLogo, Vensim PLE, isee Player; usage in teaching of modelling to student of various majors are offered.

*Keywords:* design facilities, system dynamics, NetLogo software, Vensim PLE, isee Player.

Стаття надійшла до редакції 16.05.2012 р.

Прийнято до друку 25.05.2012 р.