

**Л. Ф. Панченко,**  
доктор педагогічних наук, професор  
**Н. О. Лавриненко,**  
аспірант  
(ДЗ “Луганський національний  
університет імені Тараса Шевченка”)

## **ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ МУЛЬТИАГЕНТНИХ СИСТЕМ У ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ З ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Головною перевагою використання мультиагентних систем (МАС) у навчальному процесі є формування системного та модельного мислення (model thinking) майбутніх фахівців, яке передбачає розуміння студентами зв'язків у сучасному світі, вивчення явищ у їх взаємозв'язку; використання міждисциплінарного підходу; можливість урахування впливу багатьох чинників та їх взаємодії при побудові моделі явища, яке досліджується; вміння прогнозування, передбачення.

В останній час ми спостерігаємо посилення інтересу науковців до використання мультиагентних систем у навчанні [1–7]. Шляхи вдосконалення викладання курсу “Комп'ютерні комунікації та мережі” на засадах мультиагентних технологій представлені в дослідженні М. Цуканова [7]; питання управління освітніми системами із використанням мультиагентних технологій вивчала Е. Закірова [2]; огляд МАС відображено В. Городецьким [1]. На жаль, треба констатувати, що проблема побудови вступного курсу з мультиагентних систем, його структура та програмне забезпечення ще не стали предметом дослідження науковців.

**Мета** статті – проаналізувати курси ВНЗ з використанням мультиагентних систем, запропонувати структуру та зміст вступного курсу для майбутніх фахівців з інформаційних технологій.

Курс “Мультиагентні системи”, який пропонується в рамках навчання бакалаврів з бізнес-інформатики в Ростовському державному економічному університеті, (rsue.ru) включає 3 модулі: 1) вступ до мультиагентних систем; 2) архітектура мультиагентних систем; 3) програмування та проектування мультиагентних систем. Програмним забезпеченням у цьому курсі використовується VisualBoots (мультиагентний симулятор в MS Excel з синтаксисом Visual Basic) та агента платформа JADE.

Магістерська програма Московського фізико-технічного інституту зі спеціальності “Математичні та інформаційні технології” включає курс “Мультиагентні системи” (<http://window.edu.ru/resource/434/57434>), у рамках якого вивчаються такі 13 тем: 1) вступ до мультиагентних систем; 2) поняття про штучний інтелект; 3) основи теорії агентів; 4) мультиагентні системи (МАС); 5) взаємодія між агентами МАС; 6) організація агентів; 7) діяльність агента і її моделювання; 8) комунікація в МАС; 9) використання XML для комунікації агентів; 10) протоколи спілкування агентів; 11) програмування багатоагентних систем на платформах JADE, FIPA-OS; 12) проектування багатоагентних систем; 13) еволюційний підхід до проектування багатоагентних систем. Програмне забезпечення цього курсу включає Java,

JADE, Protege.

Курс програми підвищення кваліфікації фахівців в Санкт-Петербурзькому університеті “ЛЕТІ” (<http://www.eltech.ru>) присвячений таким питанням: основні поняття, класифікація та особливості інтелектуальних агентів (IA) на мультиагентних системах; архітектури та формальні моделі IA, стандарти агентних технологій і систем, моделі комунікації та координації агентів; моделі переговорів і співпраці в MAC; мови і платформи розробки IA і MAC; методології розробки IA і MAC; моделювання IA і MAC реального часу; додатки IA і MAC.

С. Сиренко в курсі “Основи інформаційних технологій”, який пропонується для студентів-гуманітаріїв Білоруського державного університету, розглядає питання навчання студентів основ комп’ютерного моделювання із використанням мультиагентної системи NetLogo [6].

Запорізький національний технічний університет пропонує дисципліну “Мультиагентні системи” для студентів спеціальності “Інформаційні технології проектування” усіх форм навчання, в рамках якого пропонується дві практичні роботи: формалізація мультиагентних систем та розробка Web-агента [4].

Для магістрів КПІ викладається курс “Мультиагентні системи”. У дисципліні висвітлюються питання будови інтелектуальних агентів та принципів функціонування їх систем, окрема увага приділяється агентно орієнтованій програмній інженерії. На жаль, програму курсу представлено як кафедральний ресурс та закрито для вільного доступу (<http://directory.kpi.ua/Curriculum/39200>).

Дистанційний курс “Агентні технології” в УКМА присвячено сучасним технологіям та актуальним проблемам у галузі програмних агентів. Метою курсу є ознайомлення студентів із принципами агентного підходу в побудові інформаційних систем та основними методами і засобами його реалізації. У якості основного об’єкта вивчення виступають мультиагентні системи. У рамках курсу розглядаються інтелектуальні риси агентів, спілкування та співпраця в мультиагентних системах, парадигма агентно-орієнтованого програмування та методологія агентно-орієнтованого аналізу і дизайну (<http://distedu.ukma.kiev.ua/course/info.php?id=77>).

С. Macal, M. North [9] зазначають, що існує два різновиди курсів з агентного моделювання.

1) моделювання складних систем – вступ до основ моделювання та агентного моделювання;

2) побудова моделей складних систем – це курс, який фокусується на використанні агентного програмного забезпечення для побудови моделей.

Науковці пропонують доповнити схему загального курсу з агентних технологій такими блоками (відсутніми у більшості проаналізованих вище курсах):

- 1) верифікація та валідація моделі;
- 2) збір даних та очищення даних для моделювання;
- 3) аналіз вихідних даних у моделі;
- 4) опис підходів до подання результатів моделювання та процесу прийняття рішень;
- 5) управління проектом створення моделі на основі агентного

підходу.

Розкриємо їх детальніше.

*Перевірка моделі* прагне гарантувати, що інтерфейс та отриманий виконуваний код відповідає сенсу моделі, й дозволяє отримати відповіді щодо головних питань дослідження. *Навички збору та очищення даних* використовуються для визначення, отримання, тестування і налаштування вхідних параметрів для моделей. Ці навички необхідні у зв'язку з великими затратами проектного часу в процесі збору і очищення даних. *Навички аналізу моделі* дозволяють користувачам моделі ініціалізувати, а потім виконати модель, досліджувати питання, які викликають інтерес. *Навички комунікації* необхідні користувачам моделі для формулювання висновків, а також опису відповідних деталей їхньої конкретної моделі для відповідної аудиторії. Вони включають як загальні комунікаційні знання та навички, так і специфічні для агентно-орієнтованого моделювання. *Управління проектами* дозволяє творцю моделі та її користувачеві перевести мету в результати. Цей процес включає загальні знання щодо моделювання та специфіку конкретного програмного забезпечення агенто-орієнтованого моделювання.

Зауважимо, що у вступному курсі з моделювання важливе місце посідають демонстрації моделей. Так, у курсі з моделювання [9] автори демонструють студентам такі моделі :

- гра “Життя” Конвея (показує, як прості правила можуть призвести до складної поведінки системи);
- моделювання поведінки зграї риб або птахів (ілюструє появу того, що впливає з соціальної взаємодії об'єктів)
- “Сергегація” Шелінга (ілюструє використання агентно-орієнтованого моделювання в застосуванні до соціальних явищ);
- розповсюдження суспільної думки (ілюструє нелінійність моделі, переломні моменти і крайню чутливість до початкових умов)
- гра “Пиво” (гра розподілу поставок) показує, як важко керувати складними системами.

Перед кожною демонстрацією студентам описуються правила поведінки агентів. Студентів просять передбачити поведінку системи, яку вони будуть спостерігати в демонстрації. Згодом студенти обговорюють те, що вони спостерігали і характеризують отримані результати з точки зору обговорюваних принципів. Зауважимо, що чотири перших моделі є в бібліотеці NetLogo.

Автори також пропонують студентам як творчі мотиваційні завдання додати “зомбі” в існуючі агентні моделі [9]. Стратегія рішення складається з додавання нової змінної стану для існуючих агентів, яка позначає їх як “живий” або “неживий”. Неживі (наприклад, зомбі) агенти шукають і кусають живих агентів. Покусані агенти стають зомбі після короткого періоду інкубації, який може бути реалізований як простий лічильник або запланована подія, залежно від середовища моделювання. Поведінка зомбі програмується шляхом додавання простих умовних операторів, які заміщають нормальну поведінку агента й активують поведінку зомбі.

Таким чином, на засадах аналізу існуючих курсів з мультиагентного моделювання пропонуємо таку структуру вступного курсу з мультиагентного

моделювання: блок “Вступ до мультиагентного моделювання” (вступ в основні концепції агентного моделювання, обговорення агентно-орієнтованих моделей), блок “Методологія агентного моделювання” (порівняльний аналіз методологій моделювання, архітектур агентно-орієнтованих систем), блок “Платформи MAC” (програмні засоби мультиагентних систем) та блок “Верифікація та презентація моделі” (техніка верифікації та перевірки валідності моделі, презентування результатів моделювання).

Для навчання студентів основам комп’ютерного моделювання, побудови і аналізу навчальних мультиагентних моделей нам здається перспективним застосування середовища програмування NetLogo [5; 6; 10; 11] та AnyLogic [3; 8]. NetLogo є вільним програмним забезпеченням, а AnyLogic має безкоштовну академічну версію. Система AnyLogic підтримує декілька методів моделювання, а саме: системну динаміку, дискретно-подієве моделювання та агентне моделювання, а також дозволяє комбінувати агентне моделювання з іншими відомими підходами. Вона має російськомовний інтерфейс та численну кількість методичних посібників [3; 8].

Таким чином, курси з різноманітних аспектів мультиагентних технологій вивчаються у ВНЗ як на рівні бакалавра, магістра з інформаційних технологій та бізнес-інформатики та економіки, так і на рівні курсів підвищення кваліфікації фахівців з інформаційних технологій, а також для студентів інших спеціальностей у рамках курсів з інформаційних технологій. Деякі курси будуються на засадах мультиагентних технологій, в інших саме ці технології є об’єктом вивчення. У структурі вступного курсу з мультиагентного моделювання доцільно виділити блоки “Вступ до мультиагентного моделювання”, “Методологія агентного моделювання”, “Платформи MAC”, “Верифікація та презентація моделі”.

**Напрямки подальшого дослідження:** розробка навчального-методичного забезпечення лабораторного практикуму з мультиагентного моделювання у середовищі AnyLogic.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Городецкий В. И. Многоагентные системы (обзор) [Электронный ресурс] / В. И. Городецкий, М. С. Грушинский, А. В. Хабалов. – Режим доступа: <http://www.raai.org/library/ainews/1998/2/GGKHMAS.ZIP>
2. Закирова Э. И. Управление образовательными системами с использованием мультиагентных технологий [Электронный ресурс] / Э. И. Закирова // Наука и образование. – 2013. – №9. – Режим доступа: <http://technomag.bmstu.ru/doc/606440.html>
3. Мезенцев К. Н. Моделирование систем в среде AnyLogic 6.4.1. Ч. 2. / К. Н. Мезенцев. М.: МАДИ: 2011. – 103 с.
4. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни “Мультиагентні системи” для студентів спеціальності 7.080402 “Інформаційні технології проектування” / С. О. Субботін, О. О. Олійник, А. О. Олійник. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2008. – 18 с.
5. Панченко Л. Ф. Побудова курсу “Моделювання економічних, екологічних та соціальних процесів” на засадах мультиагентної технології / Л. Ф. Панченко // Сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій в науці, освіті та економіці : матер. V Всеукраїн. наук.-практ. конф. 7 – 9 квіт. 2011 р., м. Луганськ, 2011. – Луганськ : Phoenix, 2011. – Т. 2. – С. 82 – 83.
6. Сиренко С. Н. Использование мультиагентной системы NetLogo в процессе обучения студентов гуманитариев [Электронный ресурс] / С. Н. Сиренко. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/89660/1/150-156.pdf>
7. Цуканов М. В. Совершенствование системы обучения курсу “Компьютерные коммуникации и сети” на основе применения мультиагентных технологий : дисс. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / М. В. Цуканов. – Курск, 2005. – 159 с.

8. Grigoryev I. AnyLogic 7 in Three Days: A Quick Course in Simulation Modeling [Електронний ресурс] / I. Grigoryev. – Режим доступу: <https://drive.google.com/file/d/0B9P4scWS3t8SWtEcE5vTmY0Rkk/view>
9. Macal C. N. Toward teaching agent-based simulation [Електронний ресурс] / Charles M. Macal, Michael J. North // Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference. – Режим доступу: <http://repast.sourceforge.net/docs/TowardTeachingABS.pdf>
10. NetLogo [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>
11. Wilensky U. An Introduction to Agent-Based Modeling / Uri Wilensky, William Rand. – MIT Press. – 2015. – 504 p.

#### **Анотація**

У статті на основі існуючих курсів з мультиагентних систем пропонується зміст та структура вступного курсу для фахівців з інформаційних технологій, обґрунтовується використання програмного забезпечення мультиагентних систем NetLogo та AnyLogic для навчання основам комп'ютерного моделювання.

**Ключові слова:** мультиагентні системи, NetLogo, AnyLogic

#### **Анотация**

В статье на основе анализа существующих курсов по мультиагентным системам предлагается содержание и структура вводного курса, обосновывается выбор программных средств NetLogo и AnyLogic для обучения основам компьютерного моделирования будущих специалистов в области информационных технологий.

**Ключевые слова:** мультиагентные системы, NetLogo, AnyLogic.

#### **Summary**

The article examines the contents of university MAS courses, proposes the structure of the introduction to MAS course. NetLogo and AnyLogic system is proposed to be used in learning of computer modeling by future specialists of information technologies.

**Key words:** Agent-Based Modeling, NetLogo, AnyLogic, MAS

**УДК 378.147 +371.38**

**О. І. Панченко,**

аспірантка

(Національний технічний університет  
“Харківський політехнічний інститут”)

### **НАВЧАЛЬНА ПРАКТИКА ЯК ВАЖЛИВИЙ ЧИННИК ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОГО МИСЛЕННЯ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ**

**Постановка проблеми.** Проблема підготовки сучасного конкурентоспроможного інженера-механіка зумовлена зростаючими вимогами до майбутнього фахівця. За сучасною парадигмою освіти майбутній інженер-механік потребує не тільки високого рівня загальнонаукових і професійних знань, умінь і навичок для майбутньої практичної діяльності в інженерній галузі, але й розвиненого професійного мислення [5]. Недостатня увага до формування і розвитку професійного мислення майбутнього інженера-механіка під час його фахової підготовки зі сторони суб'єктів навчання породжує неспроможність конкурентоспроможності на ринку праці та ставить під питання реалізацію особистісного потенціалу майбутнього фахівця. Вирішення цієї проблеми можливе за рахунок пошуку нових та оновлення існуючих форм роботи, які б відображали особистісні запити молоді і в яких студент міг би найповніше виявити своє “Я”. Однією з таких форм професійної підготовки майбутніх інженерів-механіків, яка потребує оновлення, є навчальна практика.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Потреба у створенні умов