УДК 004.94 doi:10.15421/321605

В.М. Долгов, А.С. Гриценко, Я.В. Шевелєва
Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

УСПІШНІСТЬ СТУДЕНТІВ У КОНТЕКСТІ САМОРГАНІЗАЦІЇ

Робота присвячена розробці мультиагентної моделі у середовищі NetLogo для прогнозування успішності студентів в залежності від копінг-поведінки та харизми.

В контексте анализа сложных систем рассмотрено поведение контингента студентов, проявляющиеся посредством их успеваемости. Подтвержден факт возникновения ряда эффектов самоорганизации в системе реподаватель-студент-оценка. Предложена мультиагентная модель процесса формирования основных показателей успеваемости .

The work is dedicated to the development of multi-agent model in NetLogo environment to predict progress of students according to coping ideas and charisma.

Ключові слова: мультиагентна модель, харизма, копінг-поведінка, кластеризація, успішність, статистичний аналіз.

Вступ. До аналізу навчальної діяльності у ВНЗ слід підходити всебічно, звертаючи увагу не лише на «технологію» навчального процесу, а й на мотивацію. Виступаючи як психічне явище, мотивація поведінки людини – відбиття поглядів, ціннісних орієнтацій, настанов того соціального шару (групи, спільності), представником якого є особистість [1]. Відповідно до теми праці, об'єктом дослідження є контингент студентів вищого навчального закладу, які у формальній сфері проявляють себе здебільшого поточною та семестровою успішністю. Саме успішність студентів є один із головних показників діяльності навчального закладу у процесі проведення таких важливих заходів, як акредитація напрямів та спеціальностей, за якими здійснюють підготовку студентів. Тому це питання є важливе, а ставлення молоді до навчання, як і негативні процеси, що спостерігаємо протягом останнього часу в цій царині, є визначальні для роботи навчального закладу.

© Долгов В. М., Гриценко А. С., Шевелєва Я. В., 2016

Постановка задачі. В основі дослідження – реальні дані з семестрової успішності студентів факультету фізики, електроніки та комп'ютерних систем (ФФЕКС) Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара, який здійснює підготовку фахівців за напрямами: телекомунікації, комп'ютерна інженерія, комп'ютерні науки, мікро- та наноелектроніка, прикладна фізика, фізика, радіоелектронні апарати – за ОПП бакалавра.

Метод розв'язування. У дослідженні розглядаємо контингент студентів з погляду на їх успішність як складну адаптивну систему викладач – студент – система, що ґрунтується на оцінюванні студентів і відкриту щонайменше з інформаційного боку. Як соціальна система вона досить велика. Адже у навчальному процесі на ФФЕКС беруть участь близько 300 викладачів, студентів, які готують протягом чотирьох років навчання приблизно 16,5 тисяч звітів.

У подальшому скористаємося статистичними даними щодо успішності студентів ФФЕКС випуску 2014 року за зведеними відомостями 7 семестрів. Із численних статистичних досліджень висновок, що, перш за все, складною адаптивною системою є система взаємодії РСО – викладач – студент. Метою аналізу даних про успішність є не стільки вивчення статистики, скільки пошук ефектів самоорганізації в системі.

У разі вибору окремих напрямів підготовки студентів й аналізі успішності в цілому зберігаються головні риси розподілу отриманих студентами балів та тенденції оцінювання знань студентів викладачами. На рис.1 як приклад наведено гістограму розподілу успішності за перший курс студентів комп'ютерних спеціальностей, які навчалися протягом 2010-2014 рр. за всіма напрямами підготовки факультету ФФЕКС.

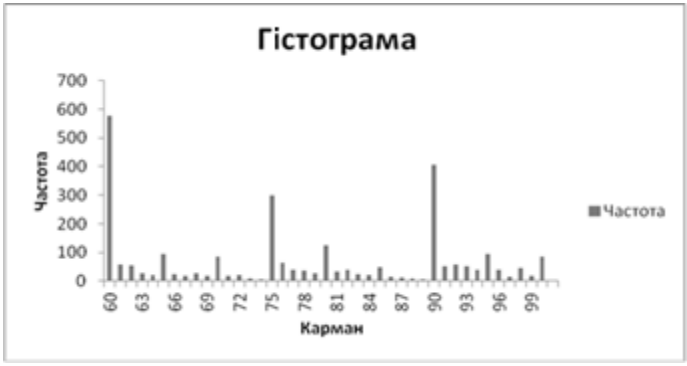


Рис. 1. Гістограма реальних даних успішності студентів ФФЕКС за перший курс

Для апроксимації емпіричних даних застосовано метод багатовимірної узагальненої лінійної регресії [2]. Найкращі результати апроксимації (рис. 2) отримано при використанні зсув-масштабної суміші з 9 компонент як опорного дискретного розподілу Пуассона [3] з параметром Лямбда=0,4 і точками найбільших значень, що припадають на 60, 65, 70, 75, 80, 85, 95 та 100 балів. Кількість компонент у суміші підтверджено інформаційними критеріями Акаїке та Байєса [4].

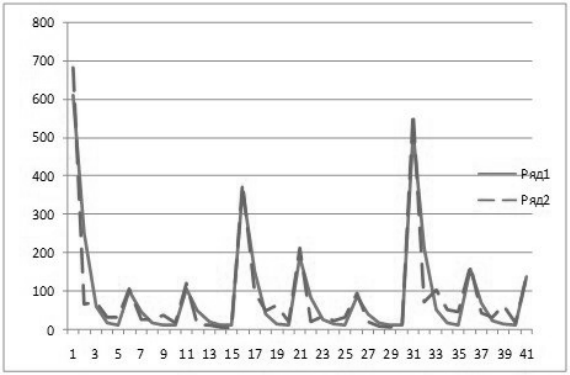


Рис. 2. Апроксимація дискретної щільності розподілу семестрової успішності студентів ФФЕКС

Відповідно до S-теореми Ю.Л. Климонтовича інформаційна ентропія під час переходу до більш впорядкованого стану зменшується – відбувається самоорганізація.

Таблиця 1

Ентропія розподілу

Ентропія, [біт]		
рівномірного розподілу щільності	нормального розподілу щільності	отриманого розподілу щільності
1,32	1,22	1,16

Ентропія розподілу (табл. 1) свідчить про помітні прояви самоорганізації в системі РСО – викладач – студент.

Слід зазначити, що рекомендована МОНУ шкала переведення загальних рейтингових оцінок, виражених у балах за багатобальною шкалою, в оцінки за національною шкалою та шкалою ЄСПК начебто навмисно вра-

ховує відомий принцип Міллера, відповідно до якого людина (викладач) підсвідомо може враховувати і розпізнавати 7±2 об'єктів, рівнів тощо. Викладач під час оцінювання успішності студентів застосовує саме ту (9) максимальну (!) кількість градацій (60, 65, 70, …, 100 балів). Зазначене оцінювання є найоб'єктивніше. Усе інше – це «суб'єктивна випадковість».

Стійкість тенденцій в оцінюванні поточної успішності студентів у подальшому застосуємо під час налаштування багатоагентної моделі поведінки контингенту студентів як складної адаптивної системи.

Керуючись цією ідеологією, можна уникнути проблем моделювання, застосовуючи багатоагентні системи (МАС), в яких кожен інтелектуальний агент здатен сприймати ситуацію, приймати рішення і комунікувати (спілкуватися) з іншими об'єктами. Головна відмінність МАС від наявних жорстко організованих програмних систем полягає у новій властивості – здатності до самоорганізації. Як правило, агенти можуть поводитись і досить просто. Складна система – це, у загальному випадку, динамічна система, утворена з безлічі простих і найчастіше нелінійно взаємодіючих частин [6]. Приклади таких систем мають місце в різних галузях [7]: фізиці (кристали, рідини, гази), хімії (хімічні реакції), біології (молекули ДНК і клітини живих організмів), а також в економіці й соціальних системах (на макрорівні).

Складна адаптивна система (САС) – це складна система, поведінка елементів якої змінюється в результаті дій інших елементів [8]. Теорія складних систем вивчає їх поведінку [9] і ґрунтується на припущенні, що загальна поведінка різноманітних складних систем, таких як екосистеми, економіка, людський мозок та інші, є результат єдиного набору базових принципів.

Проведені дослідження складних систем формують велику базу знань і гіпотез щодо найкращих засобів для опису характеристик складних систем реального світу.

Існують дві основні ідеї, які відображають суть усіх досліджень теорії складних систем. Суть першої – спостережувана комплексність може бути наслідком внутрішньої елементарності – спостережувана складна поведінка або безліч її моделей може бути результатом простої внутрішньої динаміки. Друга ідея полягає в тому, що спостережувана елементарність може бути наслідком внутрішньої комплексності –системи з надмірною складністю, які апріорі мають велику кількість ступенів волі й повинні виявляти складну поведінку, можуть за допомогою самоорганізації або вибіркового налаштування зовнішніх контрольних параметрів демонструвати просту поведінку системи низької розмірності.

У розглядуваному випадку агент-студент ставить дві цілі:

1) залишитися у системі;

2) заощадити (накопичити) максимум ресурсів, пріоритетних для агента.

Для моделювання складної адаптивної системи обрано середовище програмування Netlogo [10] як засіб, придатний у галузі, що досліджуємо.

Надалі, на відміну від [11], говоритимемо про привабливість для студента тієї або іншої моделі поведінки з погляду досягнення поставленої мети. Модель дозволяє стежити за створенням студентських угруповань навколо певних центрів привабливості. Вони мають ту чи іншу модель поведінки студентів щодо переваг у виборі стратегії навчання (скласти звітність будь-яким чином, прагнути глибоких знань, бути відмінником тощо). До угруповання як залучають нових членів, так і втрачають їх залежно від великої кількості параметрів.

Головне питання, на яке ми сподівалися знайти відповідь – чи може ідея привабливості моделі поведінки для студента бути показником загальної картини успішності на ФФЕКС?

Визначення кількості центрів привабливості ототожнено з визначенням кількості кластерів у вихідних даних – зведеній відомості успішності студентів.

Для остаточного висновку побудуємо результуючу таблицю даних за методами Deductor (табл. 2), де підрахуємо суму недіагональних елементів нижнього трикутника у матрицях порівняння. Як відомо, метод, відповідно до якого сума буде найменшою, дасть найточніші результати.

З урахуванням кращих результатів зроблено висновок, що кількість кластерів дорівнює трьом.

Для розробки мультиагентної системи з трьома кластерами застосовано середовище NetLogo.

За наявності трьох центрів привабливості загальна кількість показників, що можна розглядати як змінні, якщо значення показників привабливості фіксовані, дорівнює:

3*(швидкість) + 3*(радіус впливу) + 3*(здатність утримувати інших агентів) + 3* (спадання привабливості) + 1*(кількість агентів) + АБО (1*значення максимального показника uncompr-стійкості до впливу інших агентів у разі рівномірного розподілу; 2*(параметри нормального розподілу)) + 1*(здатність залучати агентів з інших груп).

Таблиця 2

Результати для різних методів кластеризації

Метод кластеризації	Для вихідних даних з оцінками		Для кількості рівнів A, B, C, D, E	
	Кількість кластерів	Напівсума недіагональних елементів	Кількість кластерів	Напівсума недіагональних елементів
k-means	3	95,22	3	83,37
	4	247,86	4	226,09
g-means	2	0	5	721,28
EM-кластеризація	3	0	3	5,41
	4	0	4	12,1
Карта Кохонена	3	-	3	84,83
	4	-	4	234,56

Таким чином, результати роботи моделі залежать від великої кількості показників і є певною мірою непередбачуваними, тобто їх не можна обчислити. Це потребує масового моделювання й отримання необхідних характеристик «у середньому».

Щоб зрозуміти принцип функціонування мультиагентної моделі, потрібно налагодити її відповідним чином. Слід виділити два головних завдання:

- на основі статистичних даних про семестрову успішність студентів бакалаврів 2014 року випуску знайти значення коефіцієнтів привабливості (вони змінюються від 0 до 1 і в сумі складають 1);
- сформулювати критерій якості функціонування моделі з метою оцінки її дієвості.

Перше питання вирішене у такий спосіб – нижче наведено приклади для комп'ютерних напрямів ФФЕКС. Встановлювали успішність студентів за шкалою ECTS і підраховували частку студентів за відомими рівнями успішності. Для трьох центрів привабливості отримані зі зазначених статичних даних коефіцієнти становили 0,28; 0,27; 0,45 (табл. 3).

Таблиця 3

Показники привабливості

Розраховані показники привабливості центрів		
Привабливість центру 1	Привабливість центру 2	Привабливість центру 3
0,27884615	0,26923077	0,45192308
Значення показників привабливості, задані в моделі		
Привабливість центру 1	Привабливість центру 2	Привабливість центру 3
0,28	0,27	0,45

Для вирішення другого питання запропоновано скористатися функціоналом якості такого вигляду:

I=((4,74*К1+4,22*К2+3,52*К3)/(К1+К2+К3)- 4,04)^2.

Таблиця 4

Походження даних для формування функціонала

Показник	Всі	К3 3-3,99	К2 4-4,49	К1 4,5-5,0
Середнє	4,044	3,524	4,223	4,744
Стандартна похибка	0,039	0,029	0,0212	0,0229
Інтервал	1,968	0,952	0,492	0,492
Мінімум	3,032	3,0317	4	4,508
Максимум	5	3,984	4,492	5
Кількість студентів	208	94	60	54

де К1, К2, К3 – кількість студентів, які входять до складу групи з відповідною успішністю і в подальшому будуть притягнуті центром привабливості у моделі мультиагентної системи. Сума К1, К2, К3 має бути близькою

до загальної кількості семестрових оцінок, якими скористалися під час статистичного аналізу.

Аналіз одержаних результатів. За вищенаведеними показниками відбирали такі значення параметрів моделювання: швидкість пересування центрів привабливості, радіуси впливу центрів на агентів-студентів, зменшення привабливості центрів під час приєднання наступних агентів та ін. З 200 наборів параметрів, вибраних випадково з дискретним розподілом (пакет «Аналіз даних» (Microsoft Excel 2010), задовільними було визнано 40.

Для кожного набору фіксували кількість агентів, залучених до тієї чи іншої групи. Підсумкову статистику, отриману за допомогою пакета «Аналіз даних» (Microsoft Excel 2010), наведемо у Табл. 5. Дані наведені у нормованій формі, і дозволяють порівняти показники привабливості моделей поведінки (центрів привабливості) з отриманими під час статистичного аналізу семестрової успішності студентів ФФЕКС (див. вище).

Таблиця 5

Підсумкова статистика щодо кількості агентів в групі

Показник	Група 1	Група 2	Група 3	Середній бал
Середнє	1002,3	2385,2	3012,5	3,943117
Стандартне відхилення	131,98	208,23	210,97	0,02974
Мінімум	858	2041	2804	3,899163
Максимум	1311	2684	3332	3,992306

Установлюючи параметри uncompromised (безкомпромісність)=40; folks=1000; speed=0,3; conflict=off (перемикач conflict дозволяє вибір двох режимів моделі: off - лідери не жорстко конкурують між собою: якщо агент приєднався до групи, то він залишається в ній; on - групи конкурують між собою), у середовищі Netlogo виводимо значення середнього бала на кожній ітерації. Процес вважається завершеним, якщо відхилення від сталого значення становить 5%. Залежність середнього балу від кількості ітерацій зображена на рисунках 3, 4:

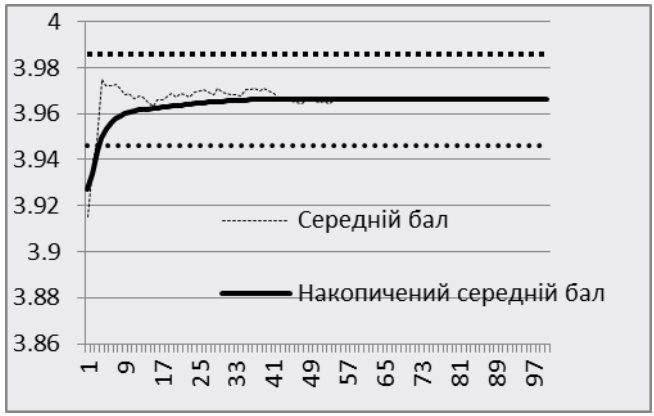


Рис. 3. Залежність середнього балу від кількості ітерацій, якщо значення conflict=off



Рис. 4. Залежність середнього балу від кількості ітерацій, якщо значення conflict= on

За таких самих умов отримуємо залежність значень кількості агентів у кожній групі на ітерації (рис. 5, 6).

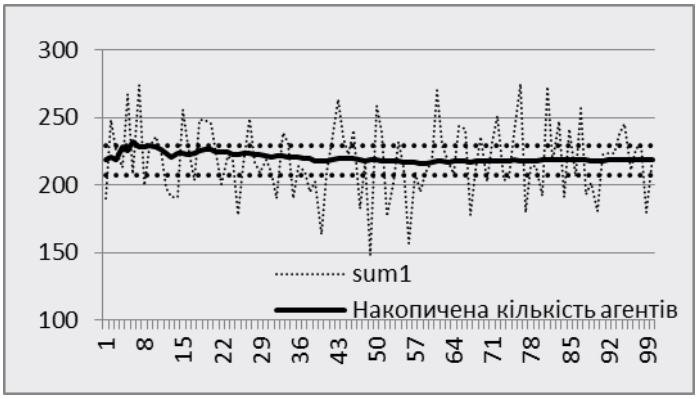


Рис. 5. Залежність кількості агентів в групі 1 від кількості ітерацій, якщо значення conflict=off

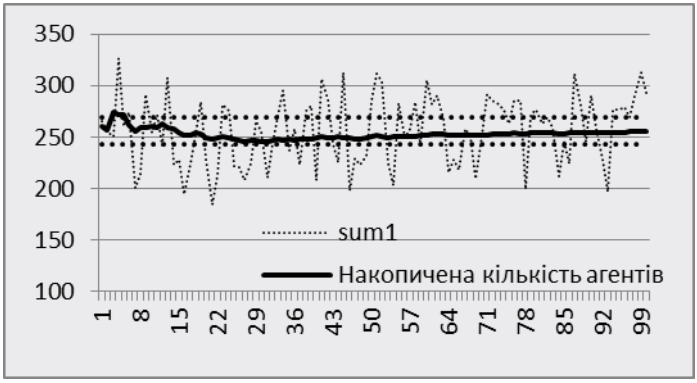


Рис. 6. Залежність кількості агентів в групі 1 від кількості ітерацій, якщо значення conflict= on

Проаналізувавши отримані результати, можна зробити висновок, що за різних параметрів для всіх спостережуваних значень потрібна досить мала кількість ітерацій, що пришвидшує роботу моделі NetLogo. Відтакі перехідний процес формування функціоналу якості є сталий.

А втім, хоча застосування розробленої моделі на основі ідеї харизми потребує додаткових досліджень, можна вважати, що модель працює досить ефективно, навіть у разі простих налаштувань є реальна та дозволяє розуміти засади студентської успішності.

Висновки. Відповідно до постановки задачі дослідження вдалося отримати такі результати:

- провели детальний статистичний аналіз семестрової успішності студентів ФФЕКС набору 2010 р. для з'ясування основних аспектів поведінки складної системи;
- показали, що система відносин студентів та викладачів при оцінюванні семестрової успішності в умовах застосування рейтингової системи оцінювання має ознаки складної і призводить до виникнення нетривіальних результатів;
- обрали програмні засоби для створення мультиагентної системи моделювання успішності студентів у межах факультету;
- спираючись на концепцію М. Вебера харизматичного царювання, розробили мультиагентну систему моделювання семестрової успішності студентів, перевірили її дієвість та можливості використання для пояснення окремих аспектів успішності;
- фактично підтвердили, що у разі відповідного налаштування системи ідею привабливості можна застосовувати для практичного пояснення та прогнозування стану успішності студентів;
- з'ясували, що подальше удосконалення системи можна проводити шляхом додання до неї елементів статистичного моделювання методом Монте-Карло.

Бібліографічні посилання

1. **Петров, А.Е.** Системный анализ мотивации студентов в интересах совершенствования процесса обучения [Текст] / А.Е. Петров, Е.А. Лифшиц // Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление. – 2012. – Т. 8, №2 (15). – С. 2.
2. **Стрижов, В. В.** Методы индуктивного порождения регрессионных моделей [Текст] / В. В. Стрижов. – М.: ВЦ РАН, 2008. – 55 с.
3. **Кремер, Н.Ш.** Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] / Н.Ш. Кремер. – М., 2010. – 551 с.
4. **Королев, В. Ю.** ЕМ-алгоритм, его модификации и их применение к задаче разделения смесей вероятностных распределений [Текст] / В.Ю. Королев. – М., 2003. – С. 21-29, 55-65.
5. Математические методы в биологии [Текст]: учеб.-метод. пособие для студентов заочного отд-ния ф-та экологии и биологии / авт.-сост. В. Б. Любимов [и др.] – Балашов: Николаев, 2007. – 48 с.
6. **Kauffman, S. A.** Investigations [Text] / S. A. Kauffman. – Oxford: Oxford University Press, 2000. – 302 p.

7. **Wolfram, S.** A new kind of science [Text] / S. Wolfram. – Champaign, IL: Wolfram Media, 2002. – 1192 p.
8. Элементы: сложные адаптивные системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://elementv.ru/trefil/21116.
9. **Auyang, S. Y.** Foundations of complex-system theories: in economics, evolutionary biology, and statistical physics [Text] / S. Y. Auyang. – Cambridge University Press, 1998. – 416 p.
10. NetLogo Home Page [Електронний ресурс]. – Режим доступу: ccl.northwestern.edu/netlogo.
11. Харизматическое господство [Електронний ресурс]. – Режим доступу: psyfactor.org/veber.htm
12. Megaputer Intelligence [Електронний ресурс]. – Режим доступу: megaputer.ru
IEEE Standards Association [Електронний ресурс]. – Режим доступу: grouper.ieee.org/.../depository/v12_i2/html/8.htm

Надійшла до редколегії 05.04.2016