

2. При збільшенні кількості точок в методі Монте-Карло відносно похибка зменшується, але потім залишається на одному і тому самому рівні при достатньо великій кількості випробувань.

3. Для зменшення похибки для стохастичних моделей слід використовувати декілька незалежних ДПЧ.

### **Література**

1. Діденко Д.Г. Порівняння генераторів псевдовипадкових чисел в системах імітаційного моделювання OpenGPSS, GPSS World та AnyLogic. // Шоста науково-практична конференція з міжнародною участю «Математичне та імітаційне моделювання систем (МОДС-2011)». - Чернігів. - 2011. - С.315-318.
2. Алиев Т.И., Асафьев Г.К. Проблема сочетания генераторов псевдослучайных величин в GPSS-моделях. 2011. // Пятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика (ИММОД-2011)». - г. Санкт-Петербург. - 2011. - т.1 - С.95-100.
3. Томашевский В.Н., Диденко Д.Г. Агентная архитектура распределенной дискретно-событийной системы имитационного моделирования OpenGPSS. Системні дослідження та інформаційні технології. № 4, 2006. – К.: ВПК «Політехніка», 2006. С.123–133.
4. Бражник А.Н. Имитационное моделирование: возможности GPSS WORLD. - СПб.: Реноме, 2006. - 439 с.
5. Карпов Ю. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 400 с.: ил.
6. Томашевский В., Жданова Е. Имитационное моделирование в среде GPSS. - М.: Бестселлер, 2003. - 416 с.
7. Лоу А.М., Кельтон В.Д. Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. - СПб.: БХВ-Петербург, 2004. - 848с., ил.
8. Томашевський В.М. Моделювання систем. - К.: Видавнича група ВНУ, 2005. - 352 с.: іл.

УДК 004.942

### **ЗАСТОСУВАННЯ МЕРЕЖ ПЕТРІ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СЦЕНАРІЇВ АДАПТИВНОГО НАВЧАННЯ**

І.М. Погребнюк, В.М. Томашевський

*Національний транспортний університет, Україна  
Національний технічний університет України «КПІ»*

На сьогодні існує безліч прикладів Web-систем для організації дистанційного навчання, серед яких Blackboard, WebCt, Moodle, IBM LearningSpace, проте вони не використовують модель студента, що знижує якість навчального процесу й не дозволяє організувати адаптивне

навчання. Саме модель користувача враховує механізм адаптації при формуванні адаптивних сценаріїв навчання та тестування.

Метою даного дослідження є побудова моделі унікального адаптивного сценарію навчання (тем і фреймів тем) для кожного студента в залежності від певних характеристик моделі студента (рівень підготовки, результати тестування, карта прогалів знань, крива забування), за допомогою якої реалізується механізм адаптації в дистанційній навчальній системі.

Спостереження та спеціальні дослідження, проведені в роботі [1], показали, що надання користувачам можливості самостійно управляти ходом навчального процесу впливає на мотивацію та сприяє кращому засвоєнню матеріалу. Однак не можна не враховувати й того, що в більшості випадків послідовність викладу матеріалу настільки жорстка, що будь-яка її зміна небажана. У цих ситуаціях рекомендується надавати користувачу можливість управляти темпом подачі матеріалу, що дозволяє підвищити ефективність навчання на 30 - 45%, як показано в роботі [2]. З досліджень, проведених у роботі [3] видно, що середня успішність усіх студентів адаптивного навчання з врахуванням їх когнітивних особливостей збільшується більш ніж на 60 %. При таких же умовах для класичного навчання загальна успішність знижується. Обумовлено це тим, що, навчаючись за класичною схемою, студент один раз вивчає інформацію, а протягом подальшого навчання, займається вивченням інших предметів, або ж після нього, просто забуває те, що колись вивчив. Адаптивна ж модель навчання, заснована на понятійній моделі предметного середовища, дозволяє не втратити раніше набуті знання, а використати їх у потрібний час, а у разі забування, пригадати заново, відновивши їх у пам'яті.

У самому широкому змісті під моделлю студента розуміють знання про студента, які використовуються для організації процесу навчання. Це множина точно представлених фактів про студента, які описують різні сторони його стану: знання, особистісні характеристики, професійні якості тощо [4].

Індивідуалізоване навчання будується з урахуванням моделі користувача. Усі повідомлення користувача надходять в окремі блоки моделі на обробку. Перед початком навчання формується модель особистих характеристик, заснована як на психологічному тестуванні, так і на тестуванні користувача з даної теми (розділу, курсу). У процесі навчання модель користувача уточнюється й коригується. Результати контролю зберігаються в блоці історії навчання, там же перебувають відомості про пройдені теми й вирішені завдання. Інтерпретатор моделі взаємодіє з модулем порівняння, що визначає адекватність знань і вмінь користувача освітнім цілям і відповідним знанням і вмінням.

На стику психології та інформатики з'явилась ще одна техніка запам'ятовування – майндмеппінг (mind mapping). У перекладі з англ. словосполучення означає «карта розуму» або «ментальна карта» або «інтелект-карта». Це принципово новий спосіб аналітичного представлення інформації, заснований на графічному відображенні асоціативних або логічних зв'язків. Автор техніки ментальних карт Тоні Бьюзен.

Представлення кожної навчальної теми інтелект-картою дозволяє охопити всю ситуацію в цілому, а також утримувати одночасно у пам'яті велику кількість інформації, щоб знаходити зв'язки між окремими елементами, запам'ятовувати інформацію і бути спроможним відтворити її навіть через довгий період часу. Інтелект-карта є інструментом як вивчення, так і повторення пройденого матеріалу.

Після проведення тестування на основі інтелект-карт кожної навчальної теми можна будувати карти прогалін знань. Карти прогалін знань – інтелект-карти з певної теми або модуля, на яких відображені засвоєні та незасвоєні ключові поняття. Аналізуючи карту прогалін знань викладач отримує інформацію про глибину засвоєння понять, тем, загалом навчального курсу. Саме інтелект-карти, як вважають Тоні і Баррі Бьюзени, – це метод, який дозволяє стимулювати «глибоку», а не «поверхневу» освіту [5].

На основі вищенаведених ідей представимо інтелект-карту модуля адаптації теоретичного матеріалу та побудови індивідуального сценарію теоретичного навчання в дистанційній адаптивній навчальній системі, яка наведена на рис. 1.

У результаті адаптивна система формує карти прогалін знань, на основі яких і кривих забування буде індивідуальний план повторень незасвоєних фреймів матеріалу для кожного студента.

Отже, для адаптивного навчання характерний унікальний сценарій тем і їх блоків (фреймів) для кожного студента, оскільки вибір наступного навчального матеріалу з бази знань залежить від певних характеристик моделі студента (рівень підготовки, результати тестування, карта прогалін знань, крива забування).

Формально модель процесу навчання описується кортежем  $M = \langle P, T, F, C, M_0, cf, h, s \rangle$ , де  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  – множина вузлів  $p_i$ , кожному вузлу відповідає етап процесу навчання (вивчення теоретичного блоку, виконання тестового завдання),  $n$  – кількість вузлів;  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_k\}$  – множина переходів  $t_i$ , перехід відповідає меті навчання, спрацювання переходу інтерпретується як виконання навчального завдання,  $k$  – кількість переходів;  $F = P \times T \cup T \times P$  – відношення інцидентності, яке визначає множину дуг, спрямованих від вузлів до переходів і від переходів до вузлів;  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_v\}$  – множина кольорів  $c_i$  мережі Петрі,  $v$  – кількість

кольорів;  $M_0: P \rightarrow C^0$  – функція, яка задає початкову розмітку мережі Петрі;  $cf: F \rightarrow C$  – функція, яка задає вирази для дуг мережі Петрі;  $h: F \times M$  – функція, що задає правила спрацювання переходів;  $M = P \times C^0$  – множина всіх можливих розміток мережі Петрі;  $s: S \times T \rightarrow (-\infty, +\infty)$  – функція, яка задає статистичні дані  $S$  для кожного переходу.

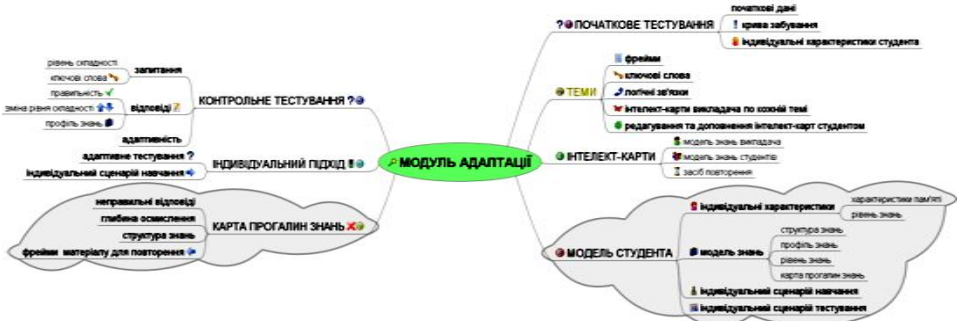


Рисунок - 1. Модуль адаптації теоретичного матеріалу

Визначення кольору об’єктів мережі задається як

$$c_i = (Id, b, l, t_z),$$

де  $Id = \{1, \dots, m\}$  – компонента кольору для ідентифікації студента,  $m$  – число студентів;  $b$  – компонента кольору для підрахунку загальної кількості балів студента;  $l$  – компонента кольору для врахування рівня підготовки студента;  $t_z$  – компонента кольору для врахування часу забування навчального фрейму.

Статистичні дані для кожного переходу задаються як

$$S = \{m, th, fr, type, p, status, kw, Rz, t_z, t_{\max}, z\},$$

де  $m$  – номер модуля;  $th$  – номер теми;  $fr$  – номер блоку теми;  $type$  – тип навчального фрейму, який може приймати значення  $type_j = \{\text{«теоретичний»}, \text{«тест»}, \text{«завдання»}\}$ ;  $p$  – пріоритет навчального фрейму;  $status$  – стан, у якому перебуває студент відносно навчального фрейму, який може приймати значення

$$status(type) = \begin{cases} \{\text{«Вивчено»}, \text{«Повторено»}, \text{«Не вивчено»}\}, \text{ якщо } type = \text{«теоретичний»}; \\ \{\text{«Пройдено»}, \text{«Пройдено з помилками»}, \text{«Не пройдено»}\}, \text{ якщо } type = \text{«тест»}; \\ \{\text{«Виконано»}, \text{«Не виконано»}\}, \text{ якщо } type = \text{«завдання»} \end{cases}, kw -$$

ключове поняття навчального фрейму;  $Rz$  – бал за виконання навчального фрейму;  $t_z$  – час забування студентом навчального фрейму;  $t_{\max}$  – максимальний час на виконання навчального фрейму;  $z$  – рівень складності навчального фрейму.

Формалізована модель навчального курсу створена за допомогою ієрархічної чотирьох рівневої мережі Петрі, яка реалізована та апробована у середовищі CPN Tools.

### Література

1. Distant higher education and the adult learner. / Ed by Van Enkernort– Heerlen: Dutchopen univ, 1986. – 169 p.
2. Бобков А.И., Далматов С.Б., Преснякова Г.В., Шашин Г.В. Принципы построения адаптивных аналоговых систем обучения и контроля знаний. Учеб. Пособие. – Л.: Лен. инст. авиац. приборостроения, 1987. – 80 с.
3. Томашевський В.М., Новіков Ю.Л., Каменська П.А. Моделі процесів адаптивного навчання. Наукові праці: Науково-методичний журнал. – Т. 134. Вип. 121. Комп'ютерні технології. – Миколаїв: Вид. ЧДУ ім. Петра Могили, 2010. – С. 36–50.
4. Томашевський В.М., Дмитрик І.М. Аналіз моделей навчання та контролю знань. // Вісник НТУУ «КПІ», «Інформатика, управління та обчислювальна техніка», № 49. – 2008. – С. 146-151.
5. Бьюзен Т.и Б. «Супермышление» / Пер. с англ. Е. А. Самсонов; Худ. обл. М. В. Драко. – 2-е изд. – Мн.: ООО «Попурри», 2003. – 304 с.:ил. + 16 с. вкл. – (Серия «Живите с умом»).

УДК 519.854.2

## **ВЫВОД ГАРАНТИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ДЛЯ МОДЕЛЬНОЙ ЗАДАЧИ О РЮКЗАКЕ С МОНОТОННЫМИ СЕПАРАБЕЛЬНЫМИ ФУНКЦИЯМИ**

Н.С.Емельянченко

*Белорусский государственный университет, Беларусь*

Модельная задача о ранце в классическом ее представлении относится к числу широко известных задач дискретной оптимизации. Основными сферами применения являются области планирования и управления экономическими, производственными и транспортными системами. В частности, следует отметить задачи объемного планирования для предприятий с единичным и мелкосерийным характером производства и задачи загрузки транспортных средств. Начиная с 60-70-х гг. XX века стали рассматриваться различные модификации задачи о ранце. В частности, была изучена модель с дробимыми предметами и модель в многомерной постановке. Одновременно исследовались модели, где требование булевозначности переменных заменено требованием принадлежности их некоторому множеству неотрицательных целых чисел в ограниченном диапазоне [1]. Наиболее существенным шагом на пути расширения практической применимости ранцевых моделей стало исследование задачи о ранце с нелинейными критериями, в частности, сепарабельными. Актуальность иссле-