

## МОДЕЛЬ СТУДЕНТА ДЛЯ ЕКСПЕРТНО-НАВЧАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ГРАМАТИКИ ІНОЗЕМНОЇ МОВИ

**А. М. Гуржій, М. П. Костіков**

Національний університет харчових технологій  
вул. Володимирська, 68, м. Київ, 01033. E-mail: mikolaszk@gmail.com

Представлено розроблену структуру моделі студента для експертно-навчальної системи граматики іноземної мови. Описано окремі складові розробленої моделі, зокрема моделювання знань у рамках оверлейної моделі, індивідуальні цілі навчання та психологічні особливості студента. Сформульовано цільову функцію якості навчання з урахуванням важливості окремих елементів навчання у структурі курсу. Досліджено забування навчальної інформації з часом, моделювання і прогнозування цього процесу через експоненційний розподіл. Розглянуто формування наступного кроку навчання з урахуванням поточних знань студента.

**Ключові слова:** граматика; експертні системи; електронні засоби навчання; модель студента.

## МОДЕЛЬ СТУДЕНТА ДЛЯ ЕКСПЕРТНО-ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМИ ГРАММАТИКИ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА

**А. Н. Гуржий, Н. П. Костиков**

Национальный университет пищевых технологий  
ул. Владимирская, 68, г. Киев, 01033, Украина. E-mail: mikolaszk@gmail.com

Представлена разработанная структура модели студента для экспертно-обучающей системы грамматики иностранного языка. Описаны отдельные составляющие разработанной модели, в том числе моделирование знаний в рамках оверлейной модели, индивидуальные цели обучения и психологические особенности студента. Сформулирована целевая функция качества обучения с учётом важности отдельных элементов обучения в структуре курса. Исследовано забывание учебной информации со временем, моделирование и прогнозирование этого процесса через экспоненциальное распределение. Рассмотрена задача формирования следующего шага обучения с учётом текущих знаний студента.

**Ключевые слова:** грамматика; модель студента; экспертные системы; электронные средства обучения.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Розроблення справді ефективних електронних засобів навчання вимагає якісно нових підходів до структури та форми подання навчальної інформації. Механічне перенесення традиційних паперових підручників у електронний формат не може дати бажаного ефекту та розкрити потенціал інформаційних технологій у цій області. Для ефективного управління процесом навчання слід враховувати індивідуальні особливості студентів. Це можна реалізувати шляхом застосування методів штучного інтелекту і створення інтелектуальних навчальних систем, або експертно-навчальних систем (ЕНС). Їхньою важливою складовою є модель студента (МС), завдяки якій процес навчання може стати дійсно адаптивним та індивідуалізованим.

Питанням проектування інтелектуальних і експертно-навчальних систем (ЕНС) займалися Ю. Машбиць [1], О. Меньяйленко [2], В. Петрушин, Д. Смолін. Проблему створення МС розкрито у працях К. Буль [3–4], А. Карпенка [5], В. Растрігіна [6], Л. Растрігіна [7] та ін.

На сьогодні вже розроблено велику кількість різноманітних електронних засобів навчання іноземних мов, однак у них недостатню увагу приділено питанню вивчення граматики. Тим часом опанування цих навичок є вкрай важливим при вивченні флективних мов (зокрема слов'янських), слова яких мають велику кількість граматичних форм. Крім того, існуючі засоби не завжди забезпечують реалізацію механізму зворотного зв'язку, необхідного для адаптивного та індивідуалізованого навчання. Часто при помилкових відповідях студента йому надається тільки можливість повторного проходження вправи

або дається загальна рекомендація проглянути теоретичний матеріал іще раз. У той же час, немає спроб аналізу причин помилок, а результати контролю знань рідко впливають на подальший хід навчання.

Саме тому актуальним є застосування існуючих методів індивідуалізації навчання при створенні електронних засобів навчання іноземних мов. Для навчання граматики іноземної мови доцільним є створення експертно-навчальної системи, оскільки такі системи докладно моделюють як предметну область (через використання бази знань), так і пізнавальну діяльність особи, що навчається (за рахунок використання МС). За словами Ю. Машбиця, індивідуалізованим можна вважати лише таке навчання, яке спирається на МС [1]. Тож питання створення МС для ЕНС граматики іноземної мови потребує окремого дослідження.

Мета роботи – розробити структуру та окремі складові МС, яка б забезпечувала індивідуалізацію процесу навчання в ЕНС граматики іноземної мови з урахуванням специфіки цієї предметної області.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** У численних працях, присвячених побудові МС, описано такі її необхідні та можливі складові: знання, вміння, навички, виконання завдань, структура курсу, метод (стратегія) навчання, цілі навчання, початкові знання, знання в інших предметних областях, рівень володіння робочою мовою системи, особистісні (психологічні) характеристики, швидкість (стиль) навчання, здібності до навчання, загальна (ідентифікаційна) інформація про користувача. У [3–5] зазначено, що переважна більшість публікацій, присвячених МС, стосується формалізації знань

студента, натомість значно рідше враховується рівень умінь і навичок, а також психологічні характеристики студентів.

У ході аналізу праць, присвячених створенню МС, нами було виділено ряд показників, доцільних для використання в ЕНС граматики іноземної мови. Аналогічно до структури МС, поданої в дослідженні К. Буль [4], об'єднаємо їх у такі основні групи:

- 1) знання з предмету, що вивчається (рівень знань кожного ЕН);
- 2) знання з суміжних областей (рідна мова; знання інших мов);
- 3) цілі навчання (спеціальність; зацікавлення; бажаний рівень знань);
- 4) психологічні характеристики (тип мислення; швидкість забування інформації).

Крім того, для кожного студента буде зберігатись ідентифікаційна інформація для входу в систему (ім'я та прізвище; пароль). Також буде вестись облік поточної роботи студента (відповідь; час відповіді; кількість спроб; кількість помилок).

Значення окремих параметрів МС враховуватимуться при управлінні навчанням для формування відповідних керуючих впливів. Розглянемо, як саме впливатиме на процес навчання кожен із показників МС.

Знання з предмету, що вивчається, будемо відображати через оверлейну модель (модель покриття). Знання студента в ній накладаються на знання ЕНС. Припускається, що перші є підмножиною других і мають аналогічну структуру. При цьому точний оверлей містить лише правильні знання, а розширений також відображає і хибні елементи, даючи можливість врахування помилок студента, зумовлених прогалинами у знаннях і неправильними уявленнями чи версіями фрагментів знань [1].

За способом оцінювання знань серед оверлейних моделей виділяють бінарні («вивчено – не вивчено»), зважені (з використанням кількісної шкали), ймовірнісні (ймовірнісна шкала), нечіткі (з використанням нечітких множин) [8]. Використаємо ймовірнісну оверлейну модель, у якій будемо фіксувати ймовірність знання студентом окремих елементів навчання (ЕН).

Окремі ЕН (у нашому випадку – граматичні правила) подамо як множину  $I = \{i_1, i_2, \dots, i_{N_I}\}$ , де  $N_I$  – загальна кількість ЕН. За аналогією до [5] і [7], знання цих ЕН кожним студентом у рамках ймовірнісної (стохастичної) моделі можна подати наступним чином:

$$P_I(t) = \{p_1(t), p_2(t), \dots, p_{N_I}(t)\}, p \in [0;1] \quad (1)$$

де  $p_i(t)$  – ймовірність знання студентом  $i_j \in I$  у момент часу  $t$ . Перед початком навчання значення цих показників оцінюються в результаті вхідного тестування або приймаються рівними 0. У процесі навчання ймовірності знання ЕН збільшуються при їх вивченні й повторенні, однак після цього постійно зменшуються внаслідок забування з плином часу. Спрогнозувати ймовірність із урахуванням забування можна зокрема за експоненційним розподілом

часу забування [2, 7]. Якщо прийняти початкову ймовірність знання рівною 1, її зміна у часі описується такою функцією:

$$p_j(\tau_j) = \exp(-s_j \tau_j), \tau_j > 0, s_j \geq 0, \quad (2)$$

де  $\tau_j$  – час із моменту останнього заучування  $i_j \in I$ ;  $s_j$  – швидкість забування  $i_j \in I$ . Швидкість забування є індивідуальною та розраховується окремо для кожного студента і для кожного  $i_j \in I$ . Вона зменшується при повторному заучуванні елемента на поточному занятті, в протилежному ж випадку лишається незмінною.

Формула (2) справедлива, якщо при заучуванні ЕН початкова ймовірність його знання  $p_j = 1$ . Однак при вивченні нова інформація сприймається не повністю, а певна частина її втрачається, що проявляється у не завжди правильних відповідях на завдання зі щойно пройденого матеріалу. Тож перепишемо залежність (2) у більш загальному вигляді як

$$p_j(\tau_j) = p_j(t_j) \cdot \exp(-s_j \tau_j), \tau_j > 0, s_j \geq 0 \quad (3)$$

де  $p_j(t_j)$  – ймовірність знання  $i_j \in I$  у момент часу  $t_j$ , коли він востаннє заучувався. Цю ймовірність оцінюватимемо за результатами контролю знань відразу після заучування.

Швидкість забування  $s_j$  для  $i_j \in I$ , пройдених на поточному занятті  $l$ , можна обчислювати, починаючи з наступного заняття, після контролю знань для цих елементів. Знаючи проміжок часу  $\tau_j$ , який минув після їх заучування, та оцінивши поточні ймовірності їх знання  $p_j(\tau_j)$ , можна провести перетворення формули (3) і вивести з неї швидкість забування як

$$s_j = -\frac{\ln\left(\frac{p_j(\tau_j)}{p_j(t_j)}\right)}{\tau_j}, p_j(\tau_j) > 0, p_j(t_j) > 0, \tau_j > 0. \quad (4)$$

Підставивши отримане значення  $s_j$  у формулу (3), можна спрогнозувати ймовірність знання  $i_j \in I$  у майбутньому для довільного проміжку часу  $\tau_j$  від моменту заучування  $i_j \in I$  на поточному занятті. Завдяки цьому в подальшому можна планувати час наступного заняття залежно від того, наскільки швидко студентом забувається пройдений матеріал.

Мету навчання можна сформулювати як максимізацію функції якості навчання  $Q(t)$ . Взввши за основу формулу з [6], визначимо її як

$$Q(t) = \sum_{j=1}^{N_I} w'_j p_j(t) \rightarrow \max, Q(t) \in [0;1], \quad (5)$$

де  $w'_j$  – нормована оцінка важливості  $i_j \in I$ ,  $w'_j \in [0;1]$ ,  $\sum_{j=1}^{N_I} w'_j = 1$ . У нашому випадку будемо вважати важливішими передусім такі граматичні правила, які частіше застосовуються для утворення

граматичних форм у рамках визначеного обсягу слів із певного частотного словника, а також ті, знання яких лежить в основі вивчення інших правил. Беручи до уваги ці чинники, визначимо для кожного  $i_j \in I$  оцінку його важливості  $w_j$  (ненормовану) як

$$w_j = K_\gamma \cdot \frac{\gamma_j(D)}{\gamma(D)} + K_\eta \cdot \eta_j + K_\theta \cdot \theta_j, \quad (6)$$

де  $K_\gamma, K_\eta, K_\theta$  – коефіцієнти врахування відповідно частотності правила, його зв'язків із іншими та експертних оцінок,  $K_\gamma, K_\eta, K_\theta \geq 0$ ;  $D$  – загальний обсяг слів іноземної мови, для яких змодельовано словозміну в рамках цілого курсу чи поточного рівня;  $\gamma(D)$  – кількість усіх граматичних форм, які утворюються для обсягу слів  $D$ ;  $\gamma_j(D)$  – кількість граматичних форм для обсягу слів  $D$ , при утворенні яких використовується правило  $i_j$ ,  $0 \leq \gamma_j(D) \leq \gamma(D)$ ;  $\eta_j$  – кількість правил, для вивчення яких необхідне знання правила  $i_j$ ,  $\eta_j \geq 0$ ;  $\theta_j$  – оцінка важливості правила, визначена за методом експертних оцінок за певною шкалою,  $\theta_j > 0$ .

Однак, аби значення  $w_j$  лежали в проміжку  $[0;1]$ , а їх сума для всіх ЕН курсу дорівнювала 1, їх необхідно попередньо нормувати таким чином:

$$w'_j = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^{NI} w_j}. \quad (7)$$

Визначивши важливість  $w'_j$  для всіх  $i_j \in I$ , ми можемо у процесі навчання оцінювати знання студентом як усього курсу, так і окремого розділу через цільову функцію якості навчання (5). Її значення обов'язково повинно бути не нижчим за певний рівень (показник МС «бажаний рівень знань»), заданий наперед викладачем або студентом. Нехай  $\delta \in (0;1]$  – деякий поріг знання ЕН, тобто мінімальний допустимий рівень знання. Тоді вважатимемо  $i_j \in I$  вивченим при досягненні студентом імовірності його знання  $p_j(t) \geq \delta$  у момент часу  $t$ . Аналогічно може бути встановлено поріг знання для певної теми чи курсу в цілому. Приймемо поріг знання всього курсу рівним  $\Delta \in (0;1]$ . Виходячи з цього, сформулюємо для оптимальної якості навчання  $Q^*(t)$  обмеження  $Q^*(t) \geq \Delta$ .

Далі розглянемо задачу формування набору  $i_j \in I$  для наступного кроку навчання (для вивчення, повторення або тестування). Її суть полягає у знаходженні підмножини таких  $i_j \in I$ , які на момент формування набору мають максимальні значення

$$(1 - p_j) \cdot w'_j \quad (8)$$

і при вивченні яких забезпечується найбільший приріст цільової функції за один крок [6]. Завдяки цьому процес навчання може бути близьким до оптимального на кожному кроці. Справді, чим меншим є поточне знання певних ЕН і чим важливішими вони є для вивчення курсу, тим доречніше працювати з ними в першу чергу.

Однак для вивчення певних ЕН необхідне знання інших – попередніх відносно них. Якщо вони засво-

єні ще недостатньо, слід спочатку повернутися до них. Нехай є певна підмножина попередніх  $i_k \in I$ , необхідних для вивчення даного  $i_j \in I$ . Введемо показник  $pk_j$  – рівень їх знання студентом:

$$pk_j(t) = \begin{cases} 1, NK = 0, \\ \frac{\sum_{k=1}^{NK} p_k(t) \cdot w'_k}{\sum_{k=1}^{NK} w'_k}, NK > 0, \end{cases} \quad (9)$$

де  $NK$  – кількість  $i_k \in I$ , необхідних для вивчення елемента  $i_j$ ,  $NK \geq 0$ . Таким чином, значення цього показника, як і  $p_j$ , лежатиме в межах  $[0;1]$ . При формуванні наступного кроку навчання спершу з множини  $I$  виділятимемо підмножину  $N \subseteq I$  таких допустимих елементів, для яких показник (9) буде не меншим від порогу знання:

$$N = \{i_j | i_j \in I \wedge pk_j(t) \geq \delta\}. \quad (10)$$

Після цього з отриманої підмножини відбиратимемо  $i_j \in N$  із максимальним значенням показника (8) для наближення процесу навчання до оптимального.

При повторенні вже вивчених попередньо тем відбір конкретних  $i_j \in I$  для формування набору тестових завдань відбувається так само, як і при поданні та відпрацюванні нової інформації, проте обсяг набору обмежується тими елементами, що входять до теми чи підтеми, з якої проводиться тестування.

Далі розглянемо вплив на управління процесом навчання наступних двох груп показників МС – знання з суміжних областей і цілі навчання. Значення показників цього компонента МС задаватимуться самими студентами при реєстрації в системі.

Параметри «рідна мова студента» та «рівень знання інших мов» слід враховувати при управлінні процесом навчання, оскільки знання як рідної мови, так і інших іноземних мов впливає на процес оволодіння цільовою іноземною мовою. Особливої важливості параметр «рідна мова» набуває при вивченні споріднених мов. Беручи до уваги лінгвістичний досвід студента, можна точніше спрогнозувати його потенційні помилки та труднощі, багато з яких є типовими. Важливо також враховувати аналогії, що існують між граматичними правилами споріднених мов. При помилкових відповідях студента ті ЕН, які викликають у нього труднощі, доцільно пояснювати через подібні правила з інших мов, якими він володіє.

Крім того, відбір лексики для прикладів і граматичних вправ теж може бути проведений із урахуванням прогнозованої ймовірності знання студентом окремих слів, що відносяться до спільної та відмінної лексики між цільовою та іншими мовами. Так само на відбір лексики мають впливати параметри «спеціальність» і «зацікавлення», перший із яких

охоплює сфери потенційного професійного застосування мови, а другий – інші сфери життя, які цікавлять студента. Спеціальність може впливати і на характер вправ (для перекладачів – акцент на завданнях із перекладу тощо).

Отже, для реалізації індивідуалізації навчання за вищезгаданими параметрами слід спершу визначити (наприклад, за методом експертних оцінок):

- 1) подібність граматичних правил цільової іноземної мови до правил інших мов;
- 2) відношення окремих слів до лексики, спільної з іншими мовами;
- 3) відношення окремих слів до різних сфер життя та професійного вжитку мови.

Психологічні, або особистісні, характеристики в МС впливатимуть на вибір форм подання навчального матеріалу. Значення показників цього компонента МС визначаються системою під час проходження психологічного тесту перед початком навчання. Вони також можуть згодом коригуватися за результатами роботи студента з системою (враховуючи статистику його звернення до коментарів, додаткових прикладів тощо).

Для врахування у процесі навчання типу мислення студента (наочно-образний, словесно-логічний, абстрактно-символічний та предметно-дієвий) може бути сформовано чотири способи подання навчального матеріалу: образотворчі засоби наочності та анімація; словесна форма; логіко-структурні засоби наочності; інтерактивний зв'язок [9]. На основі віднесення студента до певного типу мислення буде змінюватись пріоритетна форма подання інформації.

ВИСНОВКИ. Розроблена МС, що містить імовірнісну модель знань та ряд інших параметрів, враховує специфіку навчання граматики іноземної мови та психологічні особливості окремих студентів, завдяки чому здійснюється індивідуалізація процесу навчання. Предметом подальшого дослідження є проектування інших складових ЕНС граматики іноземної мови та експериментальна перевірка розробленої МС.

#### A STUDENT MODEL FOR THE EXPERT TUTORING SYSTEM OF A FOREIGN GRAMMAR

A. Hurzhii, M. Kostikov

National University of Food Technologies

vul. Volodymyrska, 68, Kyiv 01033, Ukraine. E-mail: mikolaszk@gmail.com

**Purpose.** To develop a structure and specific components of a student model for the expert tutoring system of a foreign grammar in order to personalize the learning process and take into account the specifics of the domain. **Methodology.** The overlay model was used to describe the student's knowledge. The exponential distribution was used to model the forgetting of the learning information and predict this process in future. **Results.** The developed structure contains such components as knowledge model, individual aims of study, and student's psychological characteristics. The objective function of instruction quality is formulated, taking into account the importance of learning elements in the course structure. Generating the next learning step according to the student's current knowledge is considered. **Originality.** The developed student model takes into account the specifics of learning of a foreign grammar. **Practical Value.** Using the model in the corresponding expert tutoring system should allow raising the effectiveness of the learning process. **Conclusions.** The developed model and its parameters help to personalize the learning process and to take into account the specifics of the domain.

**Key words:** expert systems; grammar; language learning software; student model.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Основи нових інформаційних технологій навчання: Посібник для вчителів / Ю.І. Машбиць, О.О. Гокунь, М.І. Жалдак [та ін.]; Інститут психології ім. Г.С. Костюка АПН України, Інститут змісту і методів навчання. – К.: [б.в.], 1997. – 260 с.
2. Меняйленко О.С. Автоматизовані педагогічні навчальні системи: моногр. – Луганськ: Альма-матер, 2003. – 272 с.
3. Буль Е.Е. Обзор моделей студента для компьютерных систем обучения // Образовательные технологии и общество. – Казань, 2003. – Т. 6. – № 4. – С. 245–250.
4. Bule J. Models for Adaptive Computer-Based Learning Management: doctoral thesis summary / Ekaterina Bule; Riga Technical University. – Riga: RTU, 2011. – 41 p.
5. Карпенко А.П., Добряков А.А. Модельное обеспечение автоматизированных обучающих систем. Обзор [Електрон. ресурс] // Наука и образование: электрон. науч.-техн. изд. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – № 7. – 63 с. – Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/193116.html>. – Назва з екрану.
6. Rastrigin V. Statistical estimation of the parameters of training models // Transport and Telecommunication. – Riga, 2002. – Vol. 3. – № 1. – PP. 62–67.
7. Растринин Л.А., Эренштейн М.Х. Адаптивное обучение с моделью обучаемого. – Рига: Зинатне, 1988. – 160 с.
8. Шабалина О.А. Модели и методы для управления процессом обучения с помощью адаптивных обучающих систем: дис...канд. техн. наук: 05.13.10 / О. А. Шабалина; Волгоградский гос. техн. ун-т. – Астрахань, 2005. – 158 с.
9. Школьна О.В. Реалізація індивідуального підходу в електронних засобах навчання на основі врахування психологічних факторів // Програма і матер. 79 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI ст.», 15–16 квітня 2013 р. – К.: НУХТ, 2013 р. – Ч. 2. – С. 611–612.

## REFERENCES

1. Mashbyc, Yu.I., Hokun, O.O., Zhaldak, M.I. et al. (1997), *Osnovy novykh informacinykh tekhnologii navchannia* [The basics of the new information technology for learning], Institute of Psychology. GS Kostyuk Academy of Pedagogical Sciences Ukraine, Kyiv, Ukraine.
2. Meniaylenko, O.S. (2003), *Avtomatyzovani pedahohichni navchalni systemy* [Automated pedagogical instruction systems], Alma-mater, Luhansk, Ukraine.
3. Bule, J. (2003), *Obzor modeley studenta dlia kompyuternykh sistem obucheniya* [A review of student models for computer instruction systems], *Obrazovatelnyye tekhnologii i obshchestvo*, vol. 6, no. 4, pp. 245–250.
4. Bule, J. (2011), "Models for Adaptive Computer-Based Learning Management", Thesis abstract for Ph.D, Riga, Latvia.
5. Karpenko, A.P., Dobriakov, A.A. (2011), "Model support of the automated instruction systems. A review", *Nauka i obrazovaniye*, Moscow, no. 7.
6. Rastrigin, V. (2002), "Statistical estimation of the parameters of training models", *Transport and Telecommunication*, vol. 3, no. 1, pp. 62–67.
7. Rastrigin, L.A., Erenshtein, M.Kh. (1988), *Adaptivnoye obuchenije s modelyu obuchaemogo* [Adaptive learning with a student model], Zinatne, Riga, Latvia.
8. Shabalina, O.A. (2005), *Modeli i metody dlia upravleniya processom obucheniya s pomoshyu adaptivnykh obuchayushchikh sistem* [Models and methods for learning process management with the help of adaptive learning systems], Volgogradskiy gos. tehn. un-t., Astrakhan, Russia.
9. Shkolna, O.V. (2013), "Realization of the individual approach in the learning software on the base of taking into account the psychological factors", *Prohrama i materialy 79 naukovoyi konferenciyi „Naukovi zdotuky molodi – vyrishenniu problem kharchuvannia liudstva u XXI st.”* [Program and proceedings of the 79th scientific conference of the young scientists, doctoral students and students „Scientific achievements of the youth for solving the problem of human nutrition in the XXI century”], Kyiv, April 15–16, 2013, vol. 2, pp. 611–612. .

Стаття надійшла 14.12.2015.