

УДК 519.682.5

## ФОРМУВАННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ В АДАПТИВНІЙ СИСТЕМІ ПЕРЕДАЧІ ЗНАНЬ

**П. І. Федорук**

Доктор технічних наук, завідувач кафедри  
Кафедра інформаційних технологій  
Прикарпатський національний університету ім.  
Василя Стефаніка\*  
Контактний тел.: (0342) 59-60-48  
E-mail: pavlo@pu.if.ua

**С. М. Петрик**

Інженер-програміст  
Центр дистанційного навчання та контролю знань  
Прикарпатського національного університету ім.  
Василя Стефаніка\*  
\*вул. Шевченка 57, м. Івано-Франківськ, Україна,  
76025  
Контактний тел.: (0342) 596048, 063-617-67-41  
E-mail: petryk@pu.if.ua

*У статті розглядається метод представлення знань у адаптивній системі передачі знань, який дозволяє оперувати різними за структурою частинами навчального матеріалу для забезпечення процесу індивідуалізованого навчання. Описано математичну модель методу та особливості його застосування*

*Ключові слова: блок матеріалу, спектр знань*

*В статье рассматривается метод представления знаний в адаптивной системе передачи знаний, который позволяет оперировать различными по структуре частями материала для обеспечения процесса индивидуализированного обучения. Описывается математическая модель метода и особенности его использования*

*Ключевые слова: блок материала, спектр знаний*

*The article reveals the method of knowledge representation in adaptive system of knowledge transfer, which allows operating different by structure parts of learning material for providing the process of individual learning. Mathematical model of the method and features of its use are described*

*Keywords: the block of material, the spectrum of knowledge*

### Вступ

Швидке старіння знань за рахунок бурхливого розвитку сучасних технологій ставить нові вимоги перед системою освіти. Постає задача запровадження концепції безперервної освіти. Вирішення задачі неможливе без використання нових засобів, методів та форм навчання, зокрема використання технологій дистанційного навчання. Проте системи дистанційного навчання, які стали вже класичним не в змозі задовольнити сучасні вимоги до таких систем. Так типова модель використання систем дистанційного навчання передбачає: 1) підготовку конкретного навчального курсу у певній предметній області; 2) організацію доступу до матеріалів курсу; 3) організацію спілкування учасників навчального процесу; 4) проходження студентами точок контролю і завершення курсу іспитом. Натомість концепція безперервної освіти ставить свої специфічні вимоги до навчальних систем [1]. Модель освітнього процесу за вимогами безперервного навчання на відміну від класичного дистанційного навчання міститиме такі етапи: 1) визначення освітніх потреб і цілей студента; 2) визначення вже наявних у

студента знань та навичок, що відповідають цілям навчання; 3) побудова і адаптивна підтримка релевантного індивідуалізованого навчального процесу на основі відомостей отриманих на 1-му і 2-му етапах.

Із розвитком дистанційного навчання як форми організації навчального процесу, особливістю якого є надання студентам можливості самостійно отримувати необхідні знання, користуючись розвинутими інформаційними ресурсами, що забезпечуються сучасними інформаційними технологіями, постає проблема адаптації дистанційного навчання до студента і створення адаптивного навчання. По-перше, це адаптивне планування на етапі підготовки індивідуалізованого навчально-методичного матеріалу в системі дистанційного навчання (СДН). Такий підхід дозволяє реалізувати адаптацію навчального матеріалу як до групи студентів, так і до окремого студента. У цьому випадку структура, зміст і спосіб представлення навчального матеріалу залежать від поставлених цілей навчання, рівня початкової підготовки студентів для яких створюється навчальний курс, можливостей відтворення та передачі інформації в СДН, а також ряду інших факторів. По-друге, це адаптивна взаємодія

студента з СДН, в процесі якої виконується динамічна генерація навчального матеріалу для конкретного студента, використовується система допомоги і підказок, організовуються діалоги між користувачами, а також здійснюється гнучка настройка інтерфейсу.

Вивченням цих проблеми займалися багато вітчизняних і закордонних вчених, зокрема: Р. Елліс, Х. Сінгх, М. Нічані, Р. Кулен, Д. Леннокс, С. В. Титенко, О. О. Гагарін. Проте питання представлення знань в адаптивних системах передачі знань вивчено недостатньо. Саме тому, побудова моделі представлення знань для організації процесу індивідуалізованого дистанційного навчання є важливою та актуальною задачею для забезпечення ефективності навчального процесу.

### Моделі представлення знань у навчальних системах

Раніше були відомі три основні моделі представлення даних: реляційні, сіткові і ієрархічні. На сьогоднішній день в арсеналі експертів наявна ціла система методів представлення знань, розроблених на протязі останніх десятиліть. Зокрема, це продукційні, фреймові, логічні моделі, семантичні мережі [2].

Логічні моделі. В основі їх лежить така формальна системи  $M = \langle T, P, A, B \rangle$ , де  $T$  - множина базових елементів самої різної природи.  $P$  - множина синтаксичних правил. З допомогою цих правил з множини  $T$  утворюють синтаксично правильні сукупності. При цьому ця множина правил реалізується в процедурі  $P(P)$ . В множині системно правильних конструкцій  $P$  виділяється деяка підмножина  $A$ . Елементи  $A$  називають аксіомами. Аналогічно, повинна бути задана процедура  $P(A)$ , яка визначає приналежність довільної конструкції до множини аксіом -  $A$ .  $B$  - є множиною правил виводу. Застосовуючи їх до елементів  $A$ , можна одержати, нові синтаксичні правильні конструкції, до яких знову можна застосувати правила  $B$ . Так формується множина вивідних сукупностей. Якщо для довільної синтетично правильної сукупності існує процедура  $P(B)$ , з допомогою якої можна визначити чи є вона вивідною, то така система називається вирішуваною.

Основним недоліком логічних моделей є неможливість отримання висновків в областях, де необхідні правдоподібні виведення, коли результат отримуємо з певною оцінкою ймовірності його істинності.

Мережеві моделі - задаються у вигляді  $U = \langle I, C_1, C_2, \dots, C_n, \Gamma \rangle$ .  $I$  - множина інформаційних одиниць,  $C_1, C_2, \dots, C_n$  - множини типів зв'язків між  $I$ .  $\Gamma$  - це відображення, яке задає зв'язки з заданого набору типів зв'язків між  $I$ . В залежності від типів зв'язків, які використовують в моделях розрізняють:

1. класифікуючі мережі - використовують відношення структуризації - показують ієрархічні відношення між інформаційними елементами;
2. функціональні - інакше їх називають обчислювальними моделями, які реалізують логіку розрахунку одних інформаційних одиниць через інші;

3. сценарій - використовують каузальні відношення.

Якщо в мережеві моделі допускаються зв'язки різного типу, то її називають семантичною мережею.

Продукційні моделі - синтез логічної і сіткової моделі; конструкції вигляду «ЯКЩО умова, ТО дія»  $A \Rightarrow B$ , використовуються для продукційного виведення, при якому на кожному кроці, при істинності умови деякого вибраного правила, активізується відповідна дія. Продукції застосовуються до фрагментів мережевого опису. До недоліків продукційних моделей представлення знань відносяться:

- труднощі керування продукційним виведенням через складність оцінки цілісного образу знань і відсутність гнучкості в логічному виведенні;
- низька ефективність обробки знань через тривалу непродуктивну перевірку використання правил;
- складність представлення родовидової ієрархії понять у явній формі.

Фреймові моделі - ієрархічні структури для опису стереотипної ситуації, що складаються із знань про характеристики цієї ситуації і їх значень. На відміну від попередніх 3-ох моделей в ній фіксується жорстка структура інформаційних одиниць, яка називається протофреймом. В загальному випадку вона виглядає так:

Ім'я фрейма: Ім'я слота 1 (значення слота 1)

Ім'я слота 2 (значення слота 2)

Ім'я слота  $N$  (значення слота  $N$ ).

Значення слота може бути чим завгодно (числом, математичною формулою, текстом, програмою, посиланням на інший слот, тощо). Значенням слота може виступати слот більш нижчого рівня. При конкретизації фрейма йому і слотам присвоюються конкретні імена і проходять заповнення слота. Так з протофрейма одержуються фрейми-екземпляри.

Зв'язки між фреймами задаються з допомогою спеціального слота з іменем "зв'язок".

Недоліки фреймових моделей:

- відносно висока їх складність, що збільшує трудомісткість внесення змін в родо-видову ієрархію і сповільнена швидкість роботи механізму виведення;
- ускладнені процеси обробки виключень, а також управління завершеністю і незмінністю цілісного образу знань.

Кожна з розглянутих вище моделей володіє достатньо потужними методологічними засобами маніпулювання знаннями і пошуку рішень. Однак головним їхнім недоліком, незважаючи на досить широке застосування у виробничих експертних системах, є неможливість забезпечення ефективної автоматизованої диференціації в дистанційному навчальному процесі. Це обумовлює необхідність розробки та створення нових моделей представлення знань, які б задовольняли вимогам, що ставляться перед розробниками автоматизованих адаптивних систем передачі знань.

Багатоваріантність представлення курсу при проведенні індивідуалізованого навчання передбачає підбір варіанту, який би найкраще підходив для конкретного студента та можливість розширення матеріалу при необхідності його повторного вивчення

або наявності «білих плям» в знаннях студента. Виходячи з цілей індивідуалізованого навчання, освітній процес, повинен забезпечувати кожному студентові можливість вибору прийомів і способів навчальної роботи, методів і стратегії навчання, змісту, виду й форми подачі навчального матеріалу [3,4].

**Використання методу “спектр знань” у дистанційному навчанні**

Розроблений метод, названий нами “спектр знань”, дає можливість організувати процес індивідуалізованого навчання і дозволяє забезпечити формування навчального матеріалу в системі дистанційного навчання з урахуванням індивідуальних особливостей, умінь і здібностей студентів.

Традиційно навчальний курс розділяють на логічні частини – заняття (лекції, тощо). Для реалізації адаптивних можливостей на етапі реалізації в системі дистанційного навчання лекції (заняття) пропонується поділяти на менші частини – “блоки знань”. Тоді, лекція викладається у логічній послідовності окремих блоків, згідно із заздалегідь заданим планом. Основним принципом при формуванні лекції (заняття) є наявність взаємозв'язку викладач-студент, котрий розширюється до вигляду викладач-матеріал-система студент. Тобто, для ефективного і якісного навчання викладач і студент повинні взаємодіяти один з одним, але при відсутності викладача поряд із студентом дана взаємодія відбувається на рівні матеріал-студенти за участі системи дистанційного навчання, яка у свою чергу повинна забезпечувати прийняття рішень аналогічних можливим рішенням викладача при викладанні.

У ЕОМ знання так само, як і дані, відображаються в знаковій формі - у вигляді формул, тексту, файлів, інформаційних масивів, тощо. Тому можна сказати, що знання - це особливим чином організовані дані. Проте це було б занадто вузьким розуміння. А між тим, у системах дистанційного навчання знання є основним об'єктом формування, обробки і дослідження. База знань, нарівні з базою даних, - є необхідною складовою програмного комплексу системи.

Метод “спектр знань” використовує так званий фільтрувальний механізм для створення динамічної області об'єктів навчання, які відповідають загальним вимогам; система відслідковує прогрес засвоєння знань і навичок під час вивчення курсу й динамічно змінює викладання курсу відповідно до певних вимог і потреб студента. Застосування методу “спектру знань” дозволяє сформувати унікальний ідентифікатор блоку матеріалу.

Даний процес можна представити у вигляді (1):

$$F(x, y, x_0) \tag{1}$$

де  $x_0$  - “ключ блоку” (належність блоку певній

категорії універсальної десяткової класифікації (УДК)),

$x \in [0; 370]$  - множина значень (видиме

випромінювання),  $x = \lambda - 380$  ;

$y \in [0; 1]$  - важливість частини блоку (яскравість)

(рис.1).



Рис.1. Загальний “спектр знань”

$Z$  - спосіб представлення матеріалу (рисунок, текстова інформація, табличне представлення, тощо). Визначаючи спосіб представлення матеріалу через  $z = z_0$  отримуємо спектр блоку матеріалу (2):

$$B(x, y, z_0) = \begin{cases} F(x, y, z) \\ G(x, y, z) \\ z = z_0 \end{cases} \tag{2}$$

де  $G(x, y, x_0)$  - “підспектр знань” (спектр тих частин, які служать для пояснення або розширення матеріалу) (рис.2).



Рис.2. “Спектр знань” блоку матеріалу

Так як передбачається можливість використання одного блоку матеріалу у кількох лекціях і курсах, може виникнути необхідність провести коректування спектру блоку відповідно до змісту матеріалу викладеного у курсі. З цією метою введемо функцію важливості  $v(x): 0 \leq v(x) \leq 1$

Лекція як сукупність блоків, розміщених відповідно заданого плану, визначається наступним чином (3):

$$L(x, y, z_1) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n B_i^k(x, y, z_k) \cdot v(x) \tag{3}$$

де  $k$  - індекс блоку,  $n$  - кількість блоків що використовуються у лекції,  $v(x)$ - функція важливості.

Сукупність блоків матеріалу утворює суперпозицію матеріалу. Як наслідок, можливість формування будь-якого варіанту представлення матеріалу є ймовірною, але саме питання про таке формування є недоцільним доки немає спостерігача - студента. При наявності останнього ймовірність формування певних варіантів зростає, але формується єдиний і найбільш ефективний варіант подання лекції. УДК лекції або “ключ лекції” визначає ціль навчання – тематику матеріалу котра повинна подаватись у лекції. Таким чином забезпечується можливість функціонування системи при котрому блоки матеріалу підбираються згідно цілей навчання.

При представленні матеріалу на основі психологічних особливостей та рівня знань студента, система формує лекційний матеріал, використовуючи

для цього блоки з найбільш прийнятним для студента типом відображення (з переважанням малюнків, таблиць тощо) і найлегшим для засвоєння “рівнем складності” (з великою кількістю пояснень, прикладів, нагадувань тощо, або максимально стислий у викладі інформативний матеріал).

Критерієм формування лекції є індивідуальна складність вивчення, котра визначається на “довжині лекції” (рис.3), котра визначається як порядок розміщення блоків у лекції під час її вивчення.

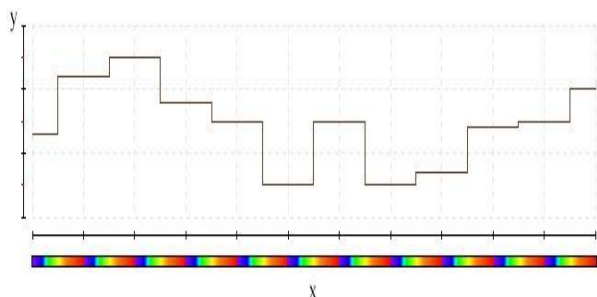


Рис. 3. “Довжина лекції”

Одночасно, підбір блоків в лекцію повинен контролюватися таким чином, щоб сформований матеріал не перевищував допустимих розмірів, а змістове навантаження між блоками не зменшувало концентрацію та увагу студента. Таким чином з великої кількості блоків, котрі містять однаково необхідний матеріал система повинна формувати лекцію так, щоб дозволити тому хто навчається найбільш швидко та якісно засвоїти представлені знання. Даний контроль відбувається завдяки аналізу критерію “індивідуальної складності вивчення лекції”.

Для визначення індивідуальної складності використовуємо характеристичну функцію складності (5):

$$t(x_i) = \begin{cases} v(x) \cdot y(x), & x = x_i \\ 0, & x \neq x_i \end{cases} \quad (5)$$

де  $x_i$  - характеристична точка.

Тоді функція індивідуальної складності вивчення лекції (6):

$$T(n) = t(x_0 + 380 \cdot (n - 1)) \quad (6)$$

де  $x_0$  - “ключ блоку”,  $n$  - кількість блоків що використовується у лекції.

Графічно індивідуальна складність вивчення лекції відображена на рис. 4, де відображено виклад матеріалу з найменшим навантаженням у середині лекції і ускладненням на початку і завершенні її викладу.

Критерій “індивідуальної складності вивчення лекції” прогнозує процес вивчення матеріалу і дозволяє компоувати лекцію з можливістю забезпечення про-

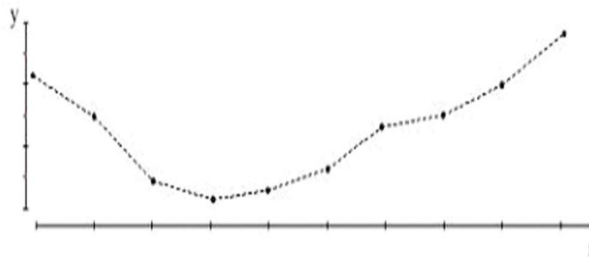


Рис. 4. Індивідуальна складність вивчення лекції

блемного навчання або відного курсу(актуалізації знань тощо).

Оскільки недоцільно оцінювати усі можливі випадки значень індивідуальної складності вивчення лекції при її формуванні, попередній контроль вибору блоків здійснюється на основі значення загальної складності блоку.

При формуванні спектру визначаються кількісні характеристики відповідності УДК, ми можемо вважати, що  $\exists(y_1, y_2)$  така, що  $y_1 = y_2$ , при  $x = x_n$ , тобто

$$F(x, y, x_0) = y(x) - \text{неперервна визначена функція.}$$

Таким чином загальну складність блоку можна визначити так:

$$S_{\text{com}} = \int_0^{380} y_k(x) \cdot v(x) dx$$

де  $k$  - індекс блоку.

Проте дана величина не може характеризувати складність блоку для конкретного студента. Тому за результатами складання тестового контролю, система формує “спектр знань” студента (7): накладаються спектри блоків матеріалу котрі були успішно засвоєні студентом при вивченні різних курсів, паралельно зберігається сукупність спектрів блоків, при вивченні котрих було виявлено незадовільний рівень знань.

$$St(x) = \sum y_j(x) \cdot v(x) \quad (7)$$

Загальну складність блоку визначимо наступним чином (8):

$$S_{\text{com}} = \int_0^{380} y_k(x) \cdot (y(x) - St(x)) \cdot v(x) dx \quad (8)$$

де  $k$  - індекс блоку.

Якщо  $S_{\text{com}} \gg 0$  ми можемо зробити висновок про

те, що матеріал є занадто складним для вивчення даним студентом, оскільки є величезна різниця між його актуальними знаннями і матеріалом представленим у блоці.

При  $S_{\text{com}} < 0$  виникає ймовірність того, що матеріал

поданий у блоці уже був вивчений студентом – актуальні знання студента можуть не бути розвинуті, оскільки матеріал блоку є знайомий студенту.

---

**Висновок**

---

Проблеми впровадження дистанційного навчання, які виникають внаслідок відсутності живого емоційного спілкування викладача і студента, можуть бути вирішеними внаслідок індивідуалізації процесу навчання з використанням даних психологічних характеристик, знань і здібностей студента. Тут постає задача самостійного формування матеріалу автоматизованою системою передачі знань, що передбачає необхідність додаткових досліджень у галузі людино-машинної взаємодії. Використовуючи ідею про певну шаблонність і дискретність людського мислення, можна за допомогою досить малих блоків інформації

і наближеної інтерпретації контексту представленого у них матеріалу забезпечити гнучку систему індивідуалізованого навчання. Тобто, використовуючи розроблений нами метод “спектр знань”, система, як викладач, в змозі оперувати сукупністю різних форм представлення, але вибирає найбільш доцільний варіант для кожного випадку, який в свою чергу може ґрунтуватися на основі попередніх способів застосування певних варіантів і, відповідно, їх результативності. Така сукупність блоків, за необхідності повторення певного матеріалу, дозволяє конкретизувати або деталізувати деякі аспекти навчального контенту, змінювати складність матеріалу і спосіб його подання не змінюючи при цьому тематики і змісту матеріалу.

---

**Література**

1. Гагарін О.О. Дослідження і аналіз методів та моделей інтелектуальних систем безперервного навчання [Текст] / О.О.Гагарін, С.В.Титенко // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2007. – № 6(56). – С. 37-48.
2. Федорук П.І. Адаптивна система дистанційного навчання та контролю знань на базі інтелектуальних Internet-технологій [Текст] / П.І. Федорук // Івано-Франківськ: Видавничо-дизайнерський відділ ЦІТ Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2008. – 326 с.
3. Машбиц Е.И. Психологические основы управления учебной деятельностью [Текст] / Е.И. Машбиц // К.:Вища школа, 1987. – 224с.
4. Brusilovsky P. Layered evaluation of adaptive learning systems [Текст] / P. Brusilovsky, C. Karagiannidis, D. Sampson // International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning. – 2004. – №14 (4/5). – С. 402 - 421.