

УДК 004.822: 004.823

**МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ  
ПРИ ПОБУДОВІ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ТРАЄКТОРІЇ  
В АДАПТИВНИХ СИСТЕМАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ**

П.І. Федорук, М.С. Дутчак, М.В. Пікуляк

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника*

e-mail: pavlo@pu.if.ua

**1. Вступ**

Використання сучасних інформаційних технологій у навчальному процесі дозволяє підвищити якість навчального процесу й підсилити освітні ефекти від застосування інноваційних педагогічних програм і методик, оскільки дає викладачам додаткові можливості для побудови індивідуальних освітніх траєкторій студентів, а також дозволяє автоматизувати цей процес. 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 організація адаптивного навчання. Адаптивне дистанційне навчання – це програмоване навчання, під час якого враховуються індивідуальні особливості студентів.

Однією із основних задач при організації адаптивного навчання є побудова індивідуальної навчальної траєкторії для подачі навчального матеріалу (НМ), для чого необхідно розробити ефективний механізм його квантування. Це передбачає розбиття НМ на складові частини, описі властивостей цих частин і встановленні зв'язків між ними. Використовуючи розроблений механізм квантування, створити модель НМ, що є необхідним для побудови адаптивного сценарію навчання.

**2. Вибір моделі представлення знань**

Одним із основних компонентів адаптивної системи дистанційного навчання є експертний модуль. Експертний модуль — це запрограмований аналог викладача при традиційному навчанні, який здійснює вибір об'єктів навчання дистанційного курсу за методологією, яка визначає набір правил вибору. При виборі об'єктів навчання враховується залежність між об'єктами навчання і характеристиками студента.

У завданнях моделювання розробляється група сценаріїв розвитку досліджуваної системи на основі організації раціонального вибору кожної із приналежних до неї підсистем і узгодження взаємних зв'язків між ними [1].

Досліджувана складна система (навчальний курс) включає скінчену множину підсистем — навчальних блоків (НБ), які, в свою чергу, теж можна поділити на підблоки. При чому на одному з найнижчих рівнів цієї системи знаходяться кванти навчальної інформації (КНІ). КНІ — це найменша порція знань: текст для вивчення деякого поняття, теми, питання, завдання, коментар, роз'яснювальний текст і тому подібне [2]. Процес адаптації представлення знань полягає у виборі необхідних КНІ, організації їх послідовності, вибору детальності та методики викладу.

Для організації адаптивного діалогу необхідне використання певного типу моделей. Основними моделями, що застосовуються в даний час в інтелектуальних системах для цих цілей, є оверлейні моделі: векторні та мережеві, та імітаційні моделі [3].

Модель НМ повинна включати відомості про необхідний користувачу сервіс з боку системи, а також взаємозв'язки між наданими НБ [4]. Використання тут моделі на базі теорії графів дозволяє спроектувати послідовність навчання, використовуючи такі технології як адаптивна навігація і адаптивне представлення знань.

Для виконання завдань адаптації використаємо засоби розроблені із використанням апарату семантичних мереж. У даному випадку семантична мережа це інформаційна модель предметної області, що має вид орієнтованого графа. В якості цієї моделі використаємо орієнтований граф з навантаженими ребрами  $G(V,s)$ . Множина  $V$  вершин графа відповідає КНІ, а множина  $S$  ребер — зв'язкам між ними [4].

### 3. Структурування і адаптивне представлення знань при дистанційному навчанні

Для адаптивної подачі НМ весь матеріал розбивається на домени (області). Домени (D) можуть бути різних рівнів:

- 1 рівень: навчальна дисципліна(Dd),
- 2 рівень: окремі заняття(лекції, практичні і т. д.)(Dz),
- 3 рівень: пункти(Dp) і т. д.

Для ідентифікації домена кожного рівні введемо позначення:  $D_{Dd, Dz, Dp, \dots}$ , де Dd, Dz, Dp — це ідентифікатори домена на кожному рівні.

Матеріал кожного із доменів 2-го рівня необхідно поділити на фрейми. Фрейм являє собою найменш можливий фрагмент матеріалу, який може подаватися самостійно, не втрачаючи при цьому зрозумілості, фрейм не повинен бути синтаксично зв'язний з іншим фреймом. Кожному фрейму присвоюється заголовок і ідентифікатор.

$F_i$  (<заголовок фрейму>)

{<текст фрейму>}, де  $i$  — порядковий номер фрейму.

В межах кожного фрейму виділяються кванти навчальної інформації (КНІ). КНІ являє собою сукупність тісно пов'язаної між собою інформації. Він формулює певну думку, але при самостійній подачі є незрозумілим, потребує доповнення іншими КНІ фрейму, чи сам є доповненням інших КНІ фрейму. КНІ ідентифікується відповідно до номеру фрейму, якому він належить і його порядкового номеру у фреймі:  $K_{i,j}$ , де  $i$  — номер фрейму,  $j$  — порядковий номер КНІ у фреймі. В межах КНІ виділяються поняття і їх роз'яснення. Поняття є основою КНІ, воно виражає основну думку. Поняття є обов'язковою для подачі складовою частиною КНІ, тоді як наявність його роз'яснень залежить від характеристик КНІ (складність, важливість і т.д.).

Після поділу НМ на КНІ, між ними встановлюються три типи зв'язку: синтаксичний, змістовний і якісний. Для математичного вираження зв'язку між КНІ вводиться коефіцієнт залежності (КЗ)  $k$ . КЗ показує тісноту зв'язку між двома об'єктами за певними ознаками. КЗ є відносною мірою зв'язку між двома ознаками, він набуває значення від 0 до +1. Чим ближче значення  $k$  до 1, тим щільніший зв'язок. При  $k=0$  зв'язок відсутній.

Синтаксичний зв'язок — текст  $i$ -го КНІ побудовано так, що він синтаксично вимагає іншого  $j$ -го КНІ, без  $j$ -го КНІ  $i$ -тий КНІ не може бути введений в НМ. Якщо  $j$ -тий КНІ синтаксично залежить від  $i$ -го КНІ, то синтаксичний КЗ  $sk_{j,i} = 1$ , інакше  $sk_{j,i} = 0$ .

Змістовний зв'язок — КНІ пов'язані по змісту, але необов'язково по синтаксису. У випадку коли  $i$ -тий КНІ змістовно залежить від  $j$ -го КНІ,  $i$ -тий може подаватися і без  $j$ -го КНІ. Шляхом аналізу всіх КНІ НМ заняття встановлюються значення змістових КЗ ( $zk$ ), які знаходяться в межах  $[0;1]$ . В межах одного фрейму  $zk$  є, як правило, близьким до 1.

Якісний зв'язок — якість засвоєння одного КНІ залежить від якості засвоєння іншого КНІ. Значення якісного зв'язку виражається якісним КЗ ( $jk$ ), значення  $jk \in [0,1]$ . Якісний КЗ доцільно визначати для змістовно зв'язних КНІ, оскільки якщо  $j$ -тий КНІ не пов'язаний змістовно із  $i$ -тим КНІ безпосередньо чи опосередковано,  $i$ -тий КНІ і не має впливу на  $j$ -тий КНІ.

На початковому етапі КЗ визначаються експертом чи експертною системою, але при

необхідності їх уточнюють в процесі засвоєння студентами НМ. Формула уточнення залежності досягнення певної якості засвоєння  $j$ -го КНІ від якості засвоєння  $i$ -го КНІ

$$jk_{i,j} \text{ має вигляд: } jk_{i,j} = \frac{\sum_{m=1}^l r_{i,j,m}}{l},$$

$$\text{де } r_{i,j,m} = \begin{cases} \frac{z_{i,m}}{z_{j,m}}, & \text{якщо } z_{i,m} \leq z_{j,m} \\ \frac{z_{j,m}}{z_{i,m}}, & \text{якщо } z_{j,m} < z_{i,m} \end{cases}$$

$l$  — кількість одночасних вивчень  $i$ -го та  $j$ -го КНІ;

$m$  — порядковий номер одночасного вивчення  $i$ -го та  $j$ -го КНІ  $m \in [1; l]$ ;

$z_{i,m}, z_{j,m}$  — ступінь засвоєння  $i$ -го ( $j$ -го) КНІ при  $m$  вивченні,  $z_{i,m}, z_{j,m} \in [0; 1]$ .

$r_{i,j,m}$  — якісний КЗ між  $i$ -тим та  $j$ -тим КНІ при  $m$  вивченні.

Чим більше число  $m$ , тим точніше визначається  $jk$  між ступенями засвоєння КНІ, оскільки виключаються випадкові залежності.

Із збільшенням кількості КНІ використання моделі НМ у вигляді орієнтованого графа із відтворення усіх взаємозв'язків між КНІ стає складним, а то взагалі неможливим. Крім того, для того, щоб цей граф став “зрозумілим” для комп'ютерної системи, його представляють у вигляді матриці, в якій КЗ між будь-якими двома КНІ знаходиться на перетині відповідного рядка і стовпця, тобто є елементом матриці:

|       | $V_1$     | $V_2$     | $V_3$     | ... | $V_n$     |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----|-----------|
| $V_1$ | 1         | $k_{1/2}$ | $k_{1/3}$ | ... | $k_{1/n}$ |
| $V_2$ | $k_{2/1}$ | 1         | $k_{2/3}$ | ... | $k_{2/n}$ |
| $V_3$ | $k_{3/1}$ | $k_{3/2}$ | 1         | ... | $k_{3/n}$ |
| ...   | ...       | ...       | ...       | ... | ...       |
| $V_n$ | $k_{n/1}$ | $k_{n/2}$ | $k_{n/3}$ | ... | 1         |

де  $V_i$  — ідентифікатори КНІ,  $k_{i/j}$  — значення КЗ.

Значення КЗ для всіх трьох типів зв'язку фіксуються у вигляді трьох різних матриць, елементами яких є відповідні значення КЗ.

З використанням КЗ вся множина КНІ розбивається на рівні залежності.

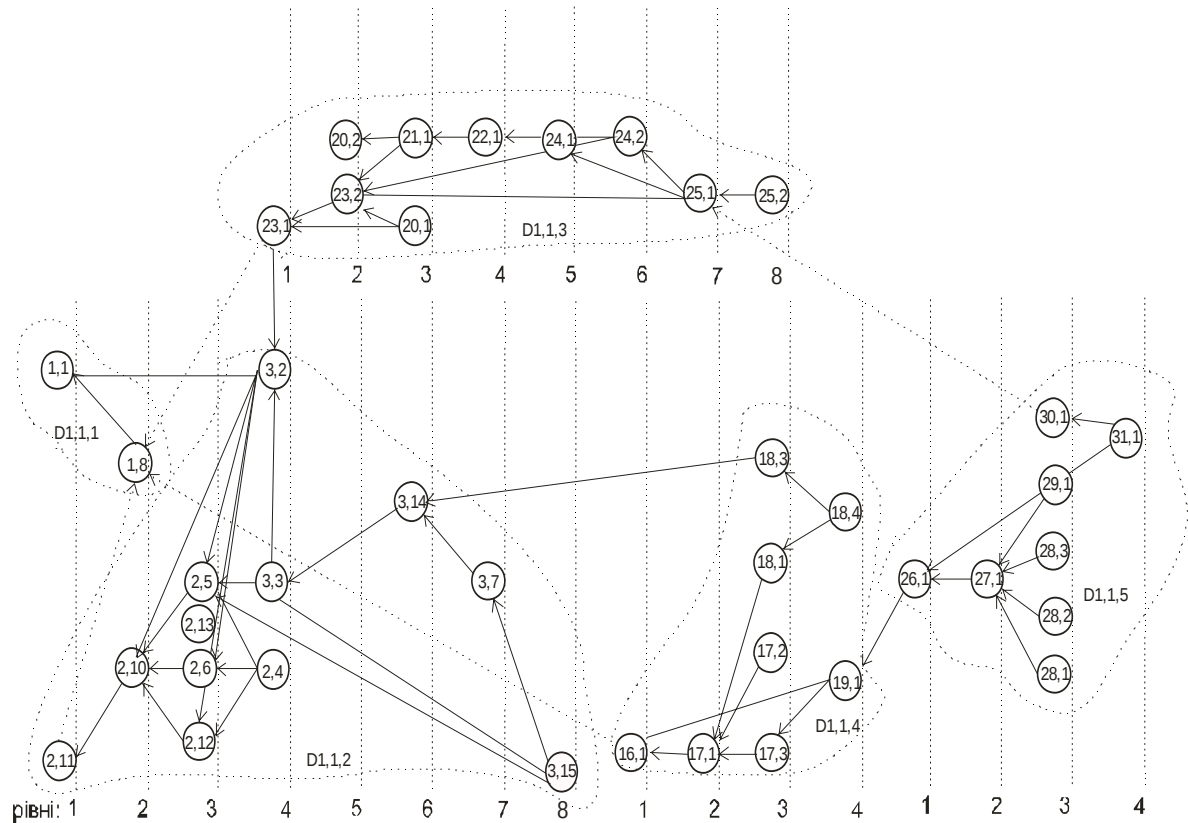
I рівень — КНІ, які не потребують попередніх знань (аксіоми, КНІ та ін.).

II рівень — КНІ, які засновані на знаннях першого рівня.

III рівень — КНІ, які засновані на знаннях першого та другого рівнів і т.д.

Ті КНІ, які залежать від кількох понять і знаходяться на різних рівнях залишаємо тільки на найвищому рівні із збереженням попередніх зв'язків (Мал.1.).

Ідентифікатори КНІ визначають порядок викладу відповідних КНІ у початковому матеріалі. Виходячи із встановлених зв'язків, доцільно домен, який містить фрейми 20-25( $D_{1,1,3}$ ) подавати швидше ніж домен, який містить фрейми 16-19( $D_{1,1,4}$ ) для того, щоб забезпечити послідовний виклад доменів  $D_{1,1,4}$  і  $D_{1,1,5}$ , між якими змістовий зв'язок сильніший, ніж між доменами  $D_{1,1,3}$  і  $D_{1,1,5}$ . А у домені  $D_{1,1,3}$  фрейм 23 перемістити на перше місце, оскільки від нього змістовно безпосередньо чи опосередковано залежить більшість фреймів домену.



Мал.1. Модель змістових зв'язків між КНІ у вигляді орієнтованого графу

Отже, при побудові послідовності навчання з допомогою КЗ групуються взаємозалежні КНІ. При цьому необхідно враховувати той факт, що чим довший час між вивченням залежних КНІ, тим більша ймовірність забування КНІ, що знаходиться на нижчому рівні. Тому чим кращий зв'язок початкової інформації з одержаною новою, тим краще засвоюється матеріал. Розбиття КНІ на рівні залежності і встановлення зв'язків між ними дає змогу встановити оптимальну послідовність вивчення НМ так, щоб не навантажувати навчальний курс зайвими повторами, але при цьому забезпечити необхідний взаємозв'язок матеріалу.

Для кожного заняття визначаються деякі ключові КНІ, які являють собою кінцеву мету проходження курсу. Після цього формується множина КНІ, від яких ключові КНІ якісно залежать (якісні КНІ). Потім формується множина понять, від яких синтаксично залежать ключові і якісні КНІ. Дана множина формує патерн основи заняття.

Одержані значення якісних і змістовних КЗ дають можливість динамічно міняти наповнення заняття відповідно до моделі студента. Наприклад, поступовим введенням змістовних КНІ чи роз'яснень існуючих понять знижується складність фреймів і збільшується обсяг матеріалу заняття лекції і час вивчення. Обсяг і складність патерну основи лекції коригується поступовим виключенням КНІ, від яких найменш якісно залежать ключові КНІ.

Запропонований алгоритм побудови моделі НМ дозволяє подавати необхідний НМ відповідно до навчальної програми і коригувати зміст заняття відповідно до моделі студента і відведеного часу на вивчення курсу. Для кожного студента послідовність навчання є різною в залежності від його спеціальності, здібностей до навчання, термінів чи мети навчання і т.д.

#### 4. Висновки

Використання запропонованої моделі процесу прийняття рішень при побудові індивідуальної навчальної траєкторії забезпечує динамічне створення сценарію навчання на основі моделей НМ та студента. При цьому в залежності від значень параметрів моделі студента активізується адаптивний процес зміни попереднього сценарію, під час якого проходить доповнення необхідними КНІ, вилучення непотрібних КНІ, зміна послідовності подачі КНІ.

Описану модель можна використовувати на всіх рівнях НМ, тобто визначити сценарії і управляти послідовністю вивчення курсів, розділів, тем і т.д. Отримані сценарії використовуються при роботі із базою знань адаптивної системи дистанційного навчання і застосовуються для управління послідовністю навчання. Реалізація даного алгоритму адаптації показала його ефективність при організації індивідуалізованого дистанційного навчання відповідно до потреб і здібностей студентів. Автоматизація встановлення зв'язків між КНІ дозволить у майбутньому забезпечити функціонування такого класу систем із мінімальним впливом суб'єктивних факторів, пов'язаних із особливостями залучених для роботи із даними системами експертів.

#### Література

1. Christoph Froschl. User Modeling and User Profiling in Adaptive E-learning Systems. Graz University of Technology, A-8010 Graz, Austria, 2005. – P. 175.
2. Федорук П. І. Адаптивна система дистанційного навчання та контролю знань на базі інтелектуальних Інтернет-технологій : [моногр.] / Федорук П. І. ; Прикарпат. нац. ун-т ім. В. Стефаника. – Івано-Франківськ : [б. в.], 2008. – 324 с.
3. Knowledge Representation Formalismus And Methods. Perl J., Cambridge University Press, New York, NY, 2009. – P. 478.
4. Зайцева Л.В. Модели и методы адаптации в системах компьютерного обучения // Труды X Всероссийской научно-метод. Конференции Телематика 2003. – Том 2. 14 - 17 апреля 2003 г. – Санкт-Петербург : С-ПИТМО, 2003. - С.502 – 503.