

## ВИМІРЮВАННЯ АДАПТОВАНOSTI ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ

В.В. Любченко

Одеський національний політехнічний університет,  
65044, Одеса, проспект Шевченка, 1, тел. (048) 734 8566, lvv@edu.opu.ua

У роботі визначено, яким чином електронні курси можуть бути задіяні в механізмах адаптації систем електронного навчання, і як кількісно виміряти здатність до адаптації електронного навчального курсу на основі його моделі предметної області. Визначені критерії виправданості проекту або задачі адаптації для заданої моделі предметної області навчального курсу.

The paper discusses how electronic courses could be used for the mechanisms of e-learning systems adaptation, and how could be measured e-learning course adaptability on the model domain base. Reasonability criteria of adaptation project (task) for e-learning course domain model are defined.

### Вступ

Стандартна задача навчання полягає в тому, щоб той кого навчають, щонайкраще засвоїв певні порції інформації. *Алгоритм навчання* можна інтерпретувати як правило вибору порції навчальної інформації  $U$ , яку необхідно вивчити. Якість  $Q$  такого навчання можна оцінювати за результатами періодичного контролю того, кого навчають. Очевидно, що якість навчання залежить від алгоритму навчання  $U$  і того, кого навчають:

$$Q = Q(U, \omega), \quad (1)$$

де  $\omega$  – індивідуальні характеристики того, кого навчають, як об'єкта навчання. Очевидно, що ці властивості апіорі невідомі в явному виді та можуть бути отримані лише в результаті досить громіздкого процесу ідентифікації.

Процес навчання природно зробити адаптивним, тобто таким, що пристосовується до індивідуальних особливостей того, кого навчають, які, в загальному випадку, можуть змінюватися в процесі навчання [1], тобто

$$\omega = \omega(t). \quad (2)$$

Під *адаптивністю навчального процесу* розуміють його здатність пристосовуватися до умов і навколишнього середовища, які змінюються, що приводить до підвищення ефективності процесу. Очевидно перш ніж розробляти механізми адаптації для системи, яка має забезпечити адаптивність навчального процесу, слід визначити, що буде об'єктом адаптації, і в якій мірі можна реалізувати адаптивність.

Електронні навчальні курси є одним із елементів системи електронного навчання, які забезпечують певні аспекти адаптації та здатні впливати на адаптованість системи в цілому. У цій роботі визначається яким чином електронні курси можуть бути задіяні в механізмах адаптації систем електронного навчання та як кількісно виміряти здатність до адаптації електронного навчального курсу на основі його моделі предметної області.

### 1. Механізми адаптації в електронному навчанні

Механізми адаптації є важливою темою досліджень останнього часу в області електронного навчання. Аналіз існуючих рішень щодо механізмів адаптації дозволяє виділити 8 видів адаптації, які реалізують у навчальних системах [2].

1. Орієнтована на інтерфейс адаптація (адаптивна навігація), яка приводить до зміни властивостей елементів і варіантів компонування екранного інтерфейсу.

2. Орієнтована на навчання адаптація, в якій процес навчання динамічно адаптується до послідовності змісту курсу. Шлях навчання є динамічним і персоналізованим як для того кого навчають, так і для кожного курсу в цілому, так що той, кого навчають, може йти за різними варіантами навчання залежно від курсу, успішності тощо.

3. Орієнтована на зміст адаптація, яка приводить до динамічної зміни змісту. Наприклад, інформація курсу розділяється на три рівні деталізації, й відповідний рівень відображається залежно від значень визначених факторів.

4. Інтерактивна підтримка розв'язання задач, яка допомагає тому кого навчають, на наступному кроці отримати правильне розв'язання задачі. Керівництво може здійснюватися як у режимі реального часу, так і в автономному режимі або за раніше встановленими правилами.

5. Гнучка фільтрація інформації, яка забезпечує отримання лише тієї інформації, яку має побачити той, кого навчають.

6. Гнучке групування, яке дозволяє створювати групи тих, кого навчають, і організувати підтримку взаємодії за виконанням конкретних завдань.

7. Гнучке оцінювання, в якому моделі оцінки, реального змісту й тестування можуть змінюватися в залежності від успіхів того, кого навчають, і рекомендацій викладача.

8. Зміни «на льоту» – можливість змінювати / адаптувати курс викладачем або автором курсу в режимі реального часу.

Всі 8 видів адаптації навчальних систем мають на меті забезпечення адаптивності навчального процесу.

Аналіз існуючих робіт в області будівництва адаптивних навчальних систем показує, що під поняттям адаптивності розуміють зміну функцій навчальної системи, що може вимагати зміни структури курсу та зміни інтерфейсу системи.

Виходячи з цього, за аналогією з класифікацією яку запропоновано в [3], можемо виділити три основні складові адаптивності навчального процесу:

- функціональна адаптивність – здатність навчального процесу до зміни своїх операцій автоматично або за запитом того, кого навчають;
- структурна адаптивність – здатність процесу до зміни структури контенту (складу та змісту навчальних матеріалів);
- адаптивність траєкторії – здатність процесу до змін під час розповсюдження інформації, які пристосовані до характеристик того, кого навчають.

Основні складові адаптивності навчального процесу, як правило, не можна розглядати повністю незалежно одну від однієї, можна тільки говорити про провідну роль однієї з них. Для адаптації, орієнтованої на навчання, адаптації, орієнтованої на зміст, і інтерактивної підтримки рішення задач основним є забезпечення функціональної адаптивності. Для гнучкої фільтрації інформації та змін «на льоту» основним є забезпечення структурної адаптивності. Для адаптації, орієнтованої на інтерфейс, гнучкого групування і гнучкого оцінювання основним є забезпечення адаптивності траєкторії.

Реалізація функціональної адаптивності заснована на визначенні властивостей і умов моделювання курсу. Вона передбачає організацію моніторингу, що дозволяє відстежувати процес навчання студентів і робити зауваження «з льоту», а також вносити, якщо буде потреба, зміни в процес навчання. Зміст курсу може бути як статичним, так і динамічним. Можливі кілька підходів до реалізації функціональної адаптивності:

- у навчальних матеріалах курсу визначаються блоки інформації, які можуть бути сховані або показані на основі певних параметрів;
- вміст визначених навчальних матеріалів може бути змінено в режимі реального часу;
- навчальні матеріали курсу можуть бути адаптовані до показу або приховання однієї з кількох зв'язаних тем.

Такі зміни передбачаються при проектуванні курсу.

Реалізація структурної адаптивності також закладається на етапі проектування навчального курсу. Під час роботи з курсом викладач може міняти, додавати або видаляти тільки раніше визначені модулі в структурі. Також, при проектуванні курсу можна передбачити гнучку фільтрацію інформації, що забезпечує надання тому, кого навчають, тільки тієї інформації, яка може бути йому доступна відповідно до визначених правил.

Адаптація траєкторії реалізується за допомогою варіантів генерованих завдань, навігаційних засобів і візуалізації об'єктів. У реалізації адаптивності траєкторії основну роль грає система оцінювання. Наприклад, зміст і інтерпретація результатів тестування можуть мінятися залежно від результатів показаних тим, кого навчають. Засоби адаптації траєкторії дозволяють також виконати «віртуалізацію» інших складових адаптації. Наприклад, можна задати докладний набір питань і підказок за рішенням певного завдання. В процесі рішення, залежно від дій того, кого навчають, змінюється шлях навігації, забезпечуючи імітацію гнучкого рішення, тобто функціональної адаптивності.

Зауважимо, що для всіх основних складових адаптивності навчального процесу важливими є структура навчальних матеріалів електронного курсу, яку можна представити моделлю предметної області навчального курсу. Найвідомішим рішенням є використання *оверлейної моделі студента*, яка заснована на структурній моделі предметної області [4] представленій у вигляді мережі концептів. Концепти пов'язані один з одним, утворюючи в такий спосіб свого роду семантичну мережу, яка відбиває структуру предметної області. Більшість адаптивних систем використовують розвинені моделі предметної області з кількома типами концептів, що представляють різні типи елементів знання (або об'єктів), і кількома видами зв'язків, що представляють різні види відношень між концептами.

Очевидно, що для ефективної адаптації необхідно, щоб модель предметної області навчального курсу розроблялась з урахуванням її здатності підтримати адаптацію. Здатність до адаптації будемо називати *адаптованістю*. Розглянемо, яким чином можна виміряти адаптованість навчального курсу на основі аналізу моделі його предметної області.

## 2. Загальна міра та розрахунок показників адаптованості навчального курсу

Нехай навчальний курс  $C$  має бути адаптований до роботи в нових умовах. Це задача адаптації для  $C$ . Комплект релевантних або цільових задач адаптації  $C$  позначимо  $S_p$ , що є завжди підмножиною невизначеної множини (тобто множини, яка не може бути вичерпно відомою) всіх можливих варіантів адаптації  $C$ .

Окрема задача адаптації  $C$  є елементом  $Sp$  і позначається  $Sp_i$ . Виконання  $Sp_i$  потребує певного обсягу роботи, яка представляє рівень складності вирішення задачі (тобто загальну кількість інформаційних перетворень, необхідних для рішення задачі) в умовах існуючої моделі предметної області. Будемо називати цей обсяг робіт інформаційним вмістом  $Sp_i$  і позначати  $Inf(Sp_i)$ . Елементи  $Sp$  не мають однакової значущості; деякі задачі адаптації частіше виникають і частіше необхідні, ніж інші. Імовірність появи певної задачі адаптації  $Sp_i$  будемо позначати  $Pr(Sp_i)$ . Чим вище  $Pr(Sp_i)$ , тим важливіше забезпечити можливість вирішення відповідної задачі адаптації.

Адаптованість є мірою придатності існуючої моделі предметної області навчального курсу для адаптації до різних вимог тих, кого навчають. Адаптованість курсу  $C$  будемо позначати  $A(C)$  і розраховувати як

$$A(C) \propto \frac{1}{\sum_i Pr(Sp_i) Inf(Sp_i)}. \quad (3)$$

$Inf(Sp_i)$  залежить від того, наскільки модель предметної області курсу  $C$  забезпечує рішення задачі  $Sp_i$ . Позначимо існуючу модель предметної області  $D_1$ . Якщо при цьому існуюча модель забезпечує рішення задачі  $Sp_i$ , інформаційний вміст для задачі адаптації є нульовим, оскільки жодних змін не потрібно. Така ситуація, як правило, відбувається тільки в тому випадку, коли модель відразу складалася для забезпечення кількох траєкторій навчання, тому потрібна практично нульова робота для переключення з однієї траєкторії на іншу. Проте в загальному випадку вирішення нової задачі вимагає змін в реалізації моделі предметної області на  $D_2$ . Таким чином, інформаційний вміст  $Sp_i$  залежить від роботи, необхідної для зміни існуючої моделі предметної області ( $D_1$ ) на необхідну ( $D_2$ ):

$$Inf(Sp_i) = F(D_1, D_2). \quad (4)$$

$Sp_i$  вимагає від моделі предметної області інформації, якої в даний час вона не має. Якщо нова модель буде отримана, вона буде містити лише необхідну інформацію. Будемо називати її «ідеальна модель» —  $ID_2$  — в тому сенсі, що це «мінімальне» втілення необхідної для рішення задачі інформації. Створення ідеальної моделі не обов'язково призведе до її отримання, остаточну реалізацію моделі, яка здатна забезпечити рішення  $Sp_i$  будемо називати «актуальною моделлю» і позначимо  $AD_2$ . Таким чином, рівняння (4) зміниться так:

$$Inf(Sp_i) = F(D_1, AD_2). \quad (5)$$

Якщо позначити обробку інформації потрібно для того, щоб змінити модель від однієї реалізації до іншої  $Inf(D_i \rightarrow D_j)$ , то можна записати:

$$Inf(D_1 \rightarrow AD_2) \geq Inf(D_1 \rightarrow ID_2). \quad (6)$$

У правій частині рівняння ідеальний мінімальний вміст інформації для адаптації  $C$  до нової задачі  $Sp_i$ . Ідеальний мінімальний вміст інформації є вартістю створення мінімальної моделі предметної області курсу  $C$  необхідної для того, щоб рішити нову задачу. Фактичний інформаційний зміст адаптації є більш високим, ніж ідеальний мінімум.

Рівняння (3) показує, що загальна адаптованість  $C$  зворотно пропорційна інформаційному вмісту елементів множини  $Sp$ . Проте інформаційний вміст адаптації не може з'являтися в рівнянні в лінійній пропорції, оскільки рішення задачі виконується адаптацією існуючої моделі, а не розробкою нової.

Кількість зусиль, заощаджених у задачі адаптації може бути представлена як  $Inf(Zero \rightarrow ID_2) - Inf(D_1 \rightarrow ID_2)$ , тобто як різниця між загальними зусиллями на будівництво нової моделі предметної області та зусиллями, які потрібні на адаптацію. Зрозуміло, що якщо це значення від'ємне або дорівнює нулю, то адаптувати існуючу модель предметної області до рішення нової задачі недоречно. Для нормалізації цього параметра його слід розділити на загальну кількість зусиль створення нової моделі предметної області.

Отже для даної задачі адаптації  $Sp_i$  можемо визначити фактор адаптації, який показує нормалізовану кількість заощаджених зусиль на рішення  $Sp_i$ :

$$AF(Sp_i) = \frac{Inf(Zero \rightarrow ID_2) - Inf(D_1 \rightarrow ID_2)}{Inf(Zero \rightarrow ID_2)} = 1 - \frac{Inf(D_1 \rightarrow ID_2)}{Inf(Zero \rightarrow ID_2)}. \quad (7)$$

Можна легко побачити, що:

$$0 \leq AF(Sp_i) \leq 1. \quad (8)$$

Якщо показник  $AF$  для задачі є нульовим або від'ємним, застосовувати адаптацію немає сенсу. Крім того,  $AF$  не може бути більше за 1, оскільки  $AF = 1$  означає, що задача адаптації має нульовий інформаційний вміст, тобто модель предметної області складено так, що вона від початку була здатною забезпечувати додаткові траєкторії навчання.

Адаптація повинна надати рішення для забезпечення деяких додаткових індивідуальних траєкторій навчання, які необхідні для тих, кого навчають, у доповнення до траєкторій, які забезпечувалися існуючою моделлю предметної області. Таким чином, загальна сума заощаджених зусиль розраховується як різниця між інформаційним вмістом множини моделей і інформаційним вмістом однієї адаптованої моделі. Отже загальний показник адаптованості моделі можна отримати комбінацією (3) та (8):

$$A(C) = \sum_{i=1}^n \Pr(Sp_i) AF(Sp_i). \quad (9)$$

Використавши (7), маємо

$$A(C) = \sum_{i=1}^n \Pr(Sp_i) \left( 1 - \frac{Inf(D_1 \rightarrow ID_2)}{Inf(Zero \rightarrow ID_2)} \right). \quad (10)$$

Оскільки кожна модель забезпечує щонайменше одну траєкторію навчання, загальний показник адаптованості не може бути меншим за 1. Таким чином,  $A(C) \geq 1$ .

Показники адаптованості можна використовувати як критерії.

– Якщо  $Inf(Zero \rightarrow ID_1) \geq \sum_{i=1}^n Inf(Zero \rightarrow ID_{2i})$ , то цей проект адаптації не виправданий.

– Якщо  $Inf(D_1 \rightarrow AD_2) \geq Inf(Zero \rightarrow ID_2)$ , то задача адаптації  $Sp_i$  не виправдана.

– Для даного курсу  $C$  і даної задачі адаптації  $Sp_i$ , ідеальний мінімальний вміст інформації є фіксований (за умови, що  $ID_2$  досяжний). Ідеальний мінімальний вміст інформації може бути зменшений лише при початковому проектуванні курсу  $C$ . Початкова модель предметної області, яка має стан  $ID_2$  вимагає збільшення початкових витрат і може бути виправдана тільки у випадку, коли  $Pr(Sp_i)$  є високою.

– Інформаційний вміст додаткової роботи, причиною якої є досягнення  $AD_2$ , може бути зменшений, якщо зміни не поширюються на весь навчальний курс (всю модель предметної області). Обмежити модифікації можна за допомогою якісного розділення курсу на тематичні компоненти.

## Висновки

Здатність до адаптації навчальних матеріалів електронних курсів є одним з факторів, що забезпечує ефективну адаптацію навчального процесу, оскільки їх структура та здатність до адаптації є важливими для всіх основних складових адаптивності навчального процесу. Можливість чисельного оцінювання показників адаптованості дозволяє визначити, чи є виправданими проект або задача адаптації для заданої моделі предметної області навчального курсу, тобто до того, як електронний навчальний курс фактично реалізований.

1. *Растринин Л.А.* Адаптация сложных систем. – Рига: Зинатне, 1981. – 375 с.
2. *Burgos D., Tattersall C., Koper R.* How to represent adaptation in eLearning with IMS Learning Design // *Interactive Learning Environments* [Електронний ресурс]. – 2007. – 15(2). – Р. 161 – 170. — Режим доступу: <http://hdl.handle.net/1820/786>.
3. *Крислов В.А., Сухарев Д.Е., Юдин С.А.* Механизмы адаптивности автоматизированных систем управления предприятием // *Холодильная техника и технология*. – 2003. – № 3. – С. 85 – 88.
4. *Nwana H.S.* Intelligent Tutoring Systems: an overview // *Artificial Intelligent Review* [Електронний ресурс]. – 1990. – 4. – Р. 251–277. – Режим доступу: <http://www.compassproject.net/sadhana/teaching/readings/its.pdf>.