

Олег Бісикало (Україна, Вінниця)

Підхід до створення електронних підручників з тестуючими компонентами на основі моделі адаптивного навчання

Бурхливий розвиток методів і технологій дистанційного навчання спрямований, в першу чергу, на вдосконалення процесу сприйняття знань людиною за посередництвом комп'ютера. І хоча основні зусилля дослідників та розробників були поки що зосереджені у напрямку технічно-комунікаційної сторони проблеми, головним у будь-якому навчанні лишається наголос на тому, як і чого вчити. Це і надає високої актуальності дослідженням в галузі формалізації психофізіологічних та педагогічних аспектів дистанційної освіти.

З дидактичної точки зору пасивний характер книжної інформації суттєво відрізняється від активного характеру процесу класичного навчання з викладачем. Але цей активний характер і, внаслідок, ефективність навчання багато в чому залежать від суб'єктивних якостей самого викладача – його педагогічної майстерності, вміння застосовувати зміну типів мотивації тощо [1].

Досвідчений викладач перед тим, як почати навчання обов'язково проведе педагогічне діагностування учня. Це призведе до виключення випадків зайвого повторення відомої інформації або, навпаки, надання зовсім незрозумілого, відорваного від попередніх тем матеріалу. Сам процес діагностування учня викладач в режимі репетитора проводить відносно швидко тому, що кожне наступне питання виникає на підставі аналізу попередніх відповідей учня. Тому не задаються нові питання по вже добре засвоєному матеріалу, а цілеспрямовано шукаються “білі плями” в знаннях учня [2].

Що ми маємо в цьому напрямку в сучасних програмних продуктах? Загальноприйнятим де-факто стандартом є гіпертекстові довідкові системи та сертифікаційні тести великого обсягу. Але стандартний гіпертекст, наприклад HELP Windows, створюється, насамперед, як довідник, - у ньому відносно легко знайти, якщо відомо, що шукати. Вчитися по електронним довідникам не менш важко, ніж по паперовим. Витрати ж на підготовку сучасних програмних тестових засобів та організацію відповідних сертифікаційних центрів (таких, як у Microsot, Novell, Cisco і т.д.) можна пояснити лише величезною потребою здобувачів отримати омріяні сертифікати та їх готовністю платити за це чималі кошти [3,4].

Зрозуміло, якщо головною метою вважати не сертифікацію споживача, а педагогічну діагностику з подальшим навчанням, необхідно обов'язково підвищувати всі можливі типи мотивації, бо сприйняття текстової інформації з екрану комп'ютера суттєво менше за сприйняття тексту на паперовому носії. Для електронного підручника це може бути і переключення уваги від тексту до мультимедійних ефектів, використання прикладів, завдань, графічних ілюстрацій тощо. Але одним з головних видів мотивації, який застосовує досвідчений викладач в режимі репетитора, є задовільнення потягу учня до самовдосконалення [5]. Для цього останньому на кожному уроці надається саме така індивідуальна “порція” матеріалу, яку він здатний засвоїти.

Таким чином, при створенні якісного електронного підручника бажано закласти модель викладача (у вигляді моделі предметної області) та модель учня. Звідси постановка задачі: на основі відомої моделі предметної області провести педагогічне діагностування учня та запропонувати йому індивідуальну програму навчання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій [6,7]. Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми [8].

Пропонується наступна математична модель для формалізації задачі адаптивного навчання, що була поставлена. Будем вважати, що електронний підручник складається з N екранів (сторінок навчального гіпертексту) та M контрольних питань по навчальному матеріалу. Безумовно, що цікавим для розгляду є той варіант, коли $M > N$. Представимо електронний підручник у вигляді двійки:

$$E = \langle P, Q \rangle, \quad \text{де} \quad (1)$$

P – модель викладача;

Q – модель учня.

В свою чергу, модель викладача або, інакше, модель предметної області, будемо розглядати у вигляді п'ятірки:

$$P = \langle A, B, S, \rho, R \rangle, \quad \text{де} \quad (2)$$

A – кадри (екрани) підручника у вигляді облікової множини $A = \{ a_i \mid 1 \leq i \leq N \}$;

B – контрольні питання до матеріалу електронного підручника вигляді облікової множини $B = \{ b_j \mid 1 \leq j \leq M \}$; будемо також вважати, що з кожним тестовим питанням b_j пов'язано 3÷7 відповідей, лише одна з яких правильна, а інші – неправильні;

S – структурна матриця зв'язків між кадрами, формально використаємо бінарне відношення $S \subseteq A \times A$, де $(a, a') \in S$ означає, що від елемента a до елемента a' існує направлений зв'язок, тобто в тексті екрану a' є гіперпосилання на екран a . Оскільки, в загальному випадку, посилання від екрану a на екран a' не обов'язково призводить до зворотнього посилання, матриця S не є симетричної відносно головної діагоналі;

ρ – інформація про відповідність між питаннями та кадрами, записуємо у вигляді бінарного відношення $\rho \subseteq A \times B$, де $(a, b) \in \rho$ означає, що для відповіді на питання b необхідно знати (в тому числі) інформацію кадру a ;

R – множина (рангу N) визначення рівня кожного екрану гіпертексту $(r)_i \in [1, 2, 3, 4]$ – базове поняття, інформаційний кадр, тема, розділ.

Розглянемо типову структуру навчального гіпертексту, який складається з таких кадрів, що належать до наступних 4-х рівнів (рис.1):

1. На 1-му рівні знаходяться основні поняття, визначення, аксіоми тощо (базові кадри). Тип зв'язків – «багато до багатьох», в тому числі допускаються і замкнені кільця;
2. До 2-го рівня відносяться основні інформаційні кадри, які несуть найбільше змістовне навантаження та можуть складатися з одного або множини послідовних екранів. Тип зв'язків – лінійний, «один до багатьох» та «багато до одного»;
3. На 3-му рівні розширений (анотований) зміст всіх інформаційних кадрів об'єднуються у тему (структурні кадри нижчого рівня). Тип зв'язків – «один до багатьох» та «один до одного» (на зразок «дивись також»);
4. На 4-му рівні вміщується назва та зміст розділа з посиланнями на всі теми, що входять до його складу (структурні кадри вищого рівня). Тип зв'язків – тільки «один до багатьох».

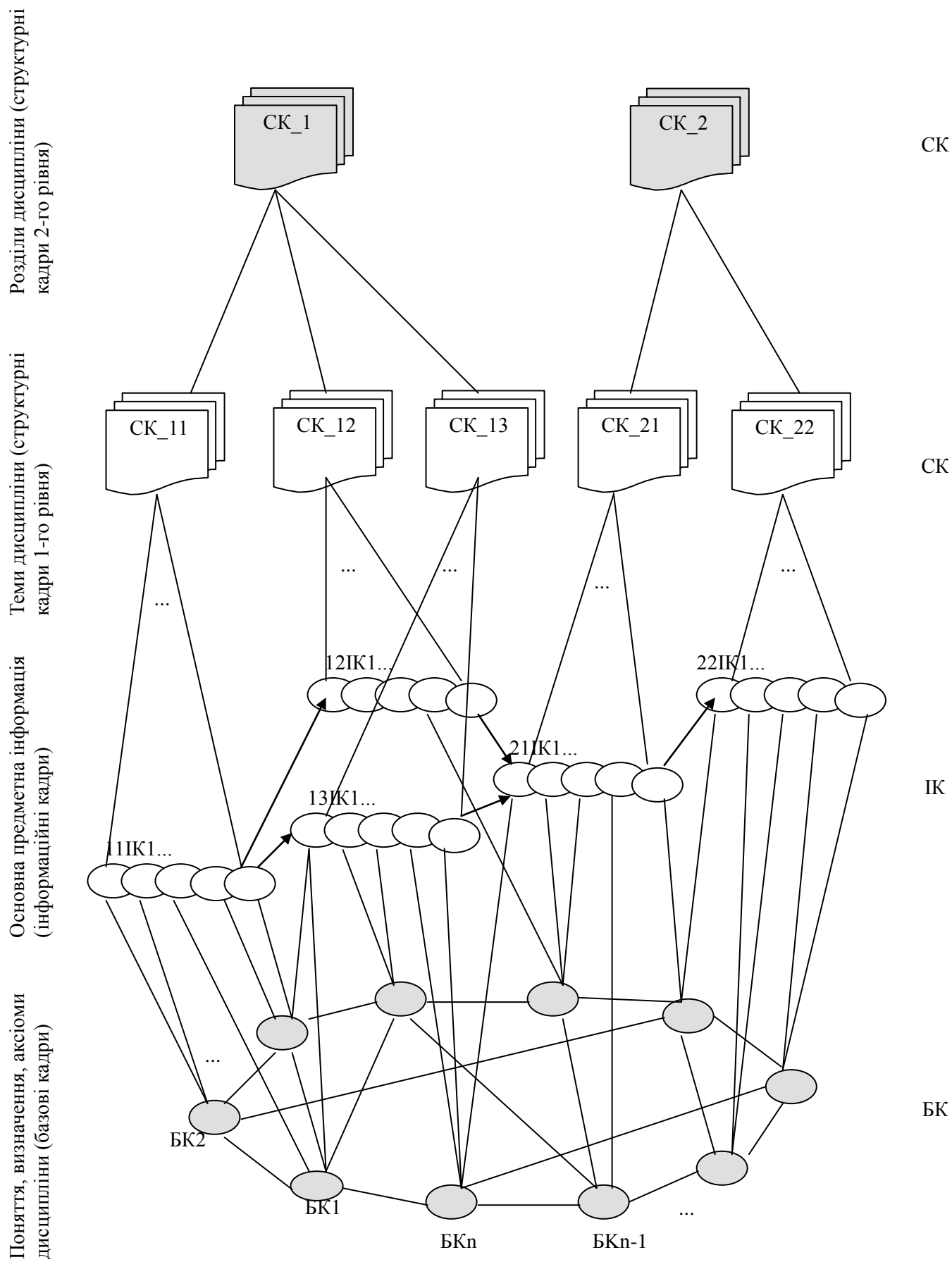


Рис. 1. Структура предметної складової електронного підручника

Модель учня, в свою чергу, представимо у вигляді четвірки:

$$O = \langle F, G, Q, L \rangle, \quad \text{де} \quad (3)$$

F - множина (рангу N) визначення оцінок для екранів гіпертексту: $(f)_i \in [0, 5]$ – фактично множина F являє собою результат діагностування за п'ятибальною системою;

G - множина (рангу M) для обліку питань, що вже були задані:

$(g)_j = 1$ якщо j-те питання вже задано в процесі тестування;

$(g)_j = 0$ якщо j-те питання ще не задавалося в поточному тестуванні;

Q - множина (рангу N) для визначення кількості питань, що задані по i-му екрану:

$(q)_i \in [0, 1, 2, \dots, M]$;

L - множина (рангу N) – індивідуальна стратегія навчання, де $(l)_i \in [0, 1, 2, \dots, N]$ – порядковий номер i-го екрану для пред'явлення учню (значення 0 може повторюватися і означає, що i-й кадр у такій мірі засвоєний учнем, що його немає потреби знову вивчати).

Запропонований підхід до формалізації електронного підручника дозволяє також ввести точність оцінки учня T як кількість одержаних відповідей по питанням B, що вимагають знання матеріалу з підмножини кадрів A 1-го та 2-го рівнів.

Таким чином, навчання кожного окремого учня за допомогою електронного підручника будемо розглядати як трьохступеневу оптимізаційну задачу: педагогічне діагностування учня з потрібною точністю, визначення індивідуальної стратегії та, власне, навчання предмету.

Формально:

- Заповнення множини оцінок F з визначеною точністю T при випадковому першому питанні з множини B за мінімальну кількість кроків

$$P, T, \text{Random} \Rightarrow F, G, Q \quad \text{для} \quad \text{Step} \rightarrow \text{Min} \quad , \quad (4)$$

де Random – генератор випадкових чисел;

Step – кількість ітерацій процесу тестування;

- Визначення індивідуальної стратегії навчання L по відомим значенням множини F та структурної матриці S

$$P, F \Rightarrow L \quad ; \quad (5)$$

- Опанування нових знань за індивідуальною стратегією навчання L та вихід на потрібний рівень оцінки F за мінімальний час або найбільш продуктивне навчання за обмежений час

$$P, L \Rightarrow F = \text{const} \quad \text{для} \quad t \rightarrow \text{Min} \quad , \quad (6)$$

де t – час навчання за індивідуальною стратегією, або

$$P, L \Rightarrow t = \text{const} \quad \text{для} \quad F \rightarrow \text{Max} \quad . \quad (7)$$

Розглянемо алгоритм вирішення задачі (1) ÷ (7). Перед першим запуском алгоритму попередньо обнулюються множини F, G, Q, L (складові моделі учня). Введення користувачем необхідної точності тестування T потребує перевірки повноти банку питань:

$$\sum_{j=1}^M \rho_{ij} \geq T \quad \text{для} \quad \forall \{i | (r)_i = 1 \cup 2\} . \quad (8)$$

Після цього запускається генератор випадкових чисел та визначається перше питання тесту $j' \in [1, M, \text{step} 1]$. Факт задання тестового питання j' фіксується в алгоритмі як

$$(g)_{j'} = 1 . \quad (9)$$

Вибір учнем однієї відповіді з множини запропонованих дає для викладача багато інформації – це і час отримання правильної відповіді i, навіть, ступінь “неправильності” в іншому випадку. В найбільш спрощеному варіанті система працює за бінарною логікою. Якщо відповідь правильна, то у відповідний елемент множини F додається 1:

$$(f)_i = (f)_i + \rho_{ij} \quad \text{для} \quad \forall i \in [1, N, \text{step} = 1] . \quad (10)$$

У випадку неправильної відповіді відбувається зворотня дія

$$(f)_i = (f)_i - \rho_{ij} \quad \text{для} \quad \forall i \in [1, N, \text{step} = 1] . \quad (11)$$

З метою запобігання зацикленню алгоритма (наприклад, якщо по одному екрану один раз було отримано правильну відповідь, а другий раз – неправильну) будемо фіксувати кількість заданих питань по кожному екрану у вигляді:

$$(q)_i = (q)_i + \rho_{ij} \quad \text{для} \quad \forall i \in [1, N, \text{step} = 1] . \quad (12)$$

Тоді визначення моменту закінчення тестування забезпечується перевіркою

$$(q)_i \geq T \quad \text{для} \quad \forall \{i | (r)_i = 1 \cup 2\} . \quad (13)$$

У випадку, коли тестування не закінчено, визначається номер екрану i' як першого з тих, для якого умова (13) не виконується. Тоді для вибору номеру наступного питання організується цикл по нульовим елементам множини G з метою пошуку пов'язаного зі сторінкою i' першого ще не заданого питання. Формально

$$p_{i'j} = 1 \text{ якщо } \{j' \mid (g)_j = 0\}. \quad (14)$$

Таким чином, знайдено нове питання j' і управління передається до кроку алгоритму з виразом (9).

Оскільки за даною методикою оцінки $(f)_i$ можуть набувати будь-яких значень існує потреба їх перетворення до традиційного вигляду в п'ятибальній системі $(f)_i \in [0, 5]$. Пропонується використовувати окрему процедуру візуалізації оцінок після закінчення основного алгоритму. Для цього знаходяться найбільший елемент MAX та найменший елемент MIN множини F . Тоді підсумкова оцінка знаходиться як

$$(f)_i = ((f)_i - \text{MIN}) / (\text{MAX} - \text{MIN}) \times 5 \quad \text{для} \quad \forall i \in [1, N, \text{step} = 1]. \quad (15)$$

Згідно з правилами побудови бази знань ненульові оцінки в основному циклі алгоритму будуть отримані лише для екранів 1-го та 2-го рівнів. Тому, в найпростішому варіанті, знайдемо підсумкову оцінку теми як середнє арифметичне оцінок всіх інформаційних кадрів та понять, що входять до його складу. Формально

$$(f)_i = \left(\sum_{j=1}^N s_{ij} \times (f)_j \right) / N_i \quad \text{для} \quad \forall \{i \mid (r)_i = 3\}, \quad (16)$$

де N_i – кількість ненульових елементів $(f)_i$,

$(f)_j = (f)_j$ якщо $\{j \mid (r)_j = 2\}$,

$(f)_j = 0$ якщо $\{j \mid (r)_j = 3\}$.

Підсумкову оцінку розділа визначимо як середнє арифметичне оцінок всіх відповідних йому тем:

$$(f)_i = \left(\sum_{j=1}^N s_{ij} \times (f)_j \right) / N_i \quad \text{для} \quad \forall \{i \mid (r)_i = 4\}, \quad (17)$$

де N_i – кількість ненульових елементів $(f)_i$.

Отримання оцінок $(f)_i$ по всім кадрам гіпертексту забезпечує розв'язання другою частиною трьохступеневої оптимізаційної задачі - автоматичне визначення індивідуальної стратегії навчання для кожного учня. З іншого боку, сама по собі оцінка F , особливо за умови її візуалізації, надає можливість учню проаналізувати рівень своїх знань та самостійно приймати рішення стосовно особистої програми навчання. Візуалізації множини F можна досягти схематичним зображенням ієрархично-мережевого дерева гіпертексту з використанням відтінків сірого при позначенні екранів. В таблиці 1 подано зображення різних значень оцінки кадрів електронного підручника, які використовуються для прикладу на рис.2.

Таблиця 1. Візуальне зображення різних значень оцінки кадрів електронного підручника.

	2	Рівень знань 0 ÷ 25 %
	3	Рівень знань 25 ÷ 50 %
	4	Рівень знань 50 ÷ 75 %
	5	Рівень знань 75 ÷ 100 %

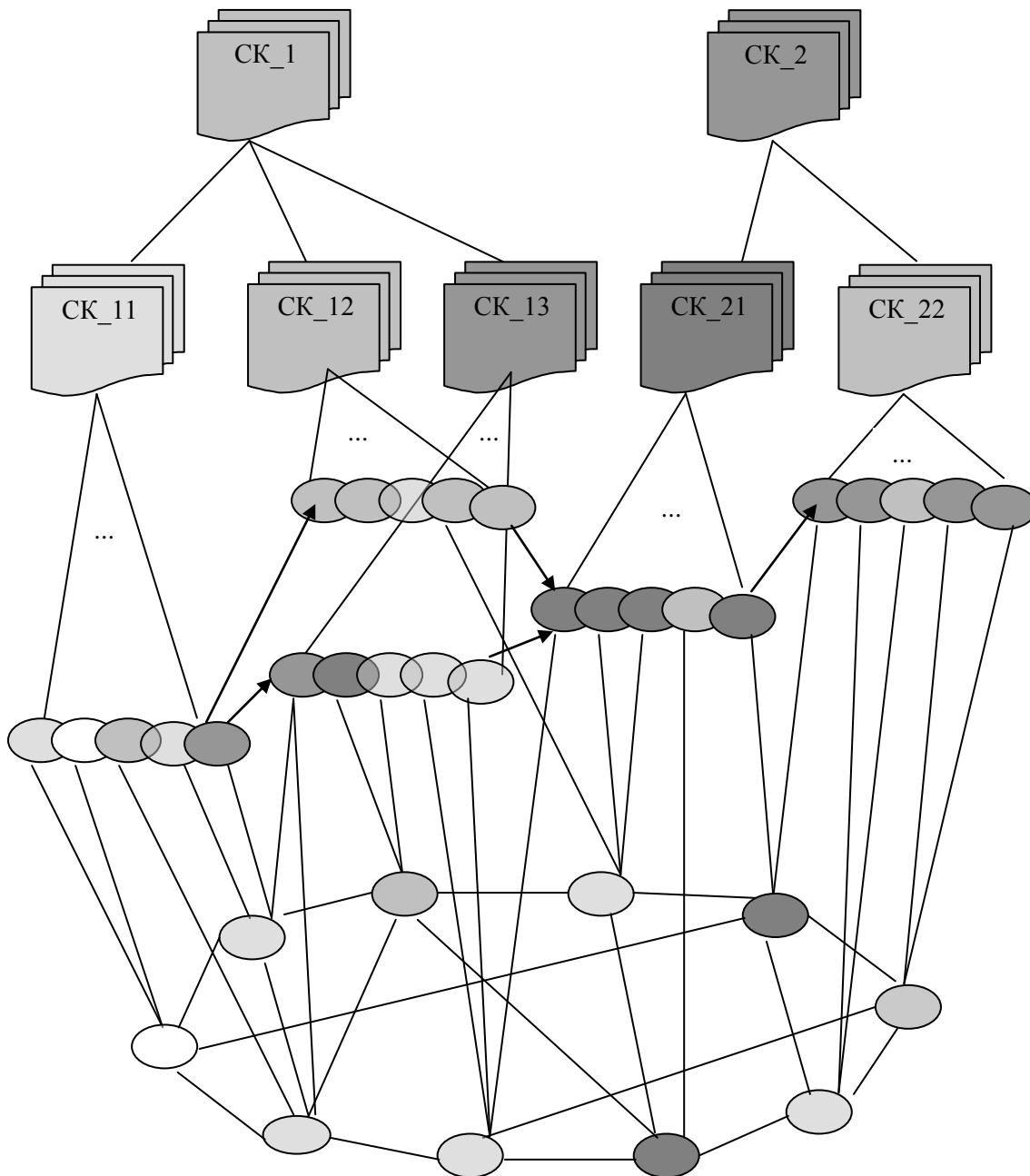


Рис. 1. Приклад візуальної оцінки кадрів електронного підручника.

Автоматичний варіант побудови стратегії залежить від специфіки предметного матеріалу та, у найбільш складних випадках мережевої архітектури може базуватися на одному з відомих алгоритмів обходу ієрархічного графу, наприклад, за принципом “знизу – вгору” та “зліва – направо”. Під час обходу пропускаються такі і –ті екрани, для яких

$$(f)_i > 4 \cap (r)_i = 3 \cup 4. \quad (18)$$

Третя частина задачі (6)÷(7) вимагає досягнення багатокритеріальної оптимізації власне навчального процесу – отримання максимуму нового матеріалу за мінімальний час при найбільшій мотивації студента до навчання. Вирішення цієї задачі на сьогоднішній час найменш формалізовано і спирається, як показує практичний досвід роботи з електронними посібниками,

на евристичні методи. Тому для кадрів-понять та інформаційних кадрів з оцінкою, меншою за 4 (“добре”) при розвинутому електронному посібнику можна також провести ранжування та представляти їх учню за трьома методами (табл.2):

Таблиця 2. Представлення навчального матеріалу в залежності від значень оцінки кадрів електронного підручника.

	Рівень знань 0 ÷ 25 %	Повна подача матеріалу з медіа-ефектами, прикладами, завданнями, ілюстраціями і т.д.
	Рівень знань 25 ÷ 50 %	Середній варіант представлення з основними ілюстраціями
	Рівень знань 50 ÷ 75 %	Стисла квінтесенція матеріалу

Практична методика побудови гіпертексту електронного підручника залишає за викладачем виключно творчі завдання: методично послідовне та взаємопов’язане викладення матеріалу у вигляді гіпертексту та створення банку контрольних питань.

Структурна матриця зв’язків між кадрами генерується автоматично під час створення гіпертексту за таким принципом: 1 записується на перетині i -го стовбчика та j -го рядку, якщо від елемента a_i до елемента a_j існує направлений зв’язок; інакше – записується 0. Головна діагональ, як правило, складається тільки з нулів, бо, якщо інформація вміщується на одному екрані, немає потреби робити в ньому посилання на себе.

Матриця зв’язків між кадрами та питаннями також може автоматично заповнюватися під час створення чергового питання, якщо надати користувачу просту можливість вибору тих екранів, які пов’язані з даним питанням. Елементом (i, j) матриці $\rho \in 1$, якщо

$$(a_i, b_j) \in \rho \cap (r)_i = 1 \cup 2 \quad (19)$$

та 0 у інших випадках. Викладач повинен слідкувати лише за тим, щоб кількість питань по кожному з екранів 1 та 2 рівнів була більша за максимально можливе значення T .

В даний час запропонована математична модель впроваджується авторським колективом в програмні засоби Центру дорадництва інституту післядипломної освіти ВДАУ та лабораторії проблем комп’ютерного навчання Вінницької ФМШГ №17.

Висновки:

- Отримана адаптивна модель електронного підручника з тестуючими компонентами, яка, на відміну від існуючих програмних засобів, дозволяє:
 - Представити задачу тестування та навчання за допомогою електронного підручника як трьохступеневу оптимізаційну задачу та запропонувати методи її розв’язання;
 - Врахувати семантичні зв’язки між поняттями, визначеннями, темами, розділами та модулями матеріалу та отримати їх розгорнуту оцінку;
 - Зменшити загальну кількість тестових питань за рахунок збільшення варіативності опитування;
 - Врахувати при опитуванні попередні відповіді учня і, тим самим, прискорити та індивідуалізувати процес тестування;
 - На основі результатів тестування запропонувати індивідуальну стратегію вивчення навчального матеріалу.
- Основною складністю у впровадженні запропонованих електронних підручників є необхідність залучення до їх розробки виключно досвідчених педагогів, які чудово знають матеріал та методично довершено можуть його подати. Врахувавши, що якісний електронний підручник не створити без кваліфікованих програмістів та дизайнерів, інтелектуальні зусилля такого авторського колективу не можна вважати меншими за рівень зусиль по написанню класичного підручника.
- Розвиток запропонованого підходу може бути продовжений у наступних напрямках:
 - Створення програмної оболонки для побудови навчальних систем окресленого класу;
 - Ослаблення обмежень моделі у напрямку її наближення до мнемонічних дій викладача-репетитора;
 - Дослідження точності отриманих оцінок.

Література:

- Немов Р.С. Психология. Учеб для студ.высш.пед.уч.завед.в 3 кн. Кн.1. Общие основы психологии. – М., «Просвещение», «Владос», 1995. – 576 с.

2. Теплов Б.М. Психология и психофизиология индивидуальных различий//Избранные психологические труды. Под ред. М.Г. Ярошевского.-М.: Изд-во «Институт практической психологии», Воронеж: НПО «Модек», 1998. – 544 с.
3. Араксян В.В., Герасимов Н.А., Лукацкий А.М., Мишенский А.В. Адаптивная диалоговая система на ПЭВМ: методы и средства реализации // УСиМ. — 1990. — № 3. — С. 23—28.
4. Микола Пасека, Андрій Стецюк. Програмні засоби для створення систем навчання з використанням Web // Інформаційний бюллетень. Tempus Tacis Compact Project UM_CP 20527-1999, №2 жовтень-грудень, 2000.
5. Якобсон П.М. Психологические проблемы мотивации поведения человека. -М., “Просвещение”, 1969. – 317 с.
6. Вениаминов Е.М. Основания категорного подхода к представлению знаний. 1. Категорные средства // Техн. кибернетика. — 1988. — № 2. — С. 21—33.
7. Рубашкин В.Ш. Представление и анализ смысла в интеллектуальных информационных системах. – М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. лит., 1989. – 192 с.
8. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии / Поспелов Г.С. – М.: Наука, 1988. – 280 с., ил.