

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ТРАЄКТОРІЇ НАВЧАННЯ З ВРАХУВАННЯМ СКЛАДНОСТІ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ І РІВНЯ ЗНАТЬ СТУДЕНТІВ

*Вирішено актуальне завдання формування індивідуальної траєкторії навчання в системі дистанційного навчання за допомогою стандарту SCORM. Запропоновано нові поля метаданих навчальних об'єктів у пакеті SCORM. Показано, що сучасна освіта повинна адаптуватися до індивідуальних характеристик студента в контролі знань і формуванні індивідуальної траєкторії навчання. Запропоновано формування індивідуальної траєкторії навчання з використанням навігації у навчальному матеріалі з вибором послідовності навчальних фрагментів.*

*Ключові слова: Інформаційна технологія, індивідуальна траєкторія навчання, система дистанційного навчання, пакет SCORM, навчальний фрагмент, метадані, послідовність навчальних фрагментів.*

T.V. Lendyuk

Ternopil national economic university

### INFORMATION TECHNOLOGY OF INDIVIDUAL LEARNING PATHS FORMING TAKING INTO ACCOUNT COMPLEXITY OF EDUCATIONAL MATERIAL AND STUDENTS KNOWLEDGE

*Actual task of generation of individual learning path in learning management system using SCORM package is solved. Learning objects metadata enriching in SCORM package with new fields is proposed. It was shown that modern education must adapt to the individual student's characteristics in knowledge control and generation of individual learning path. The generation of individual learning path using the navigation in learning contents with choice of learning objects sequence is proposed.*

*Keywords: information technology, individual learning path, learning management system, SCORM package, learning objects, metadata, learning objects sequence.*

#### Вступ

На даному етапі елементом стратегії економічного зростання стають наука та освіта. Важливу роль також відіграють якість навчання, підвищення кваліфікації працівників, а тому необхідним є розвиток освіти, підготовки за місцем роботи і самопідготовки.

При розгляді навчального процесу як цілісної технології, основні суперечності виникають при виборі навчального матеріалу між його складністю та рівнем знань студента. Адаптація навчального матеріалу до рівня знань студента є технологією вибору навчального матеріалу за семантичними зв'язками у сховищі навчальних об'єктів для формування набору навчального матеріалу відповідно до знань студента.

Роль освіти у формуванні економіки, заснованої на знаннях, важлива як ніколи. На даний час існують і розвиваються різні методи представлення та опису знань, наприклад, продукційні моделі, семантичні мережі, фрейми, таксономії, онтології тощо. Із них, в якості найперспективнішої моделі представлення знань розглядаються онтології [4].

Неформально, онтологія є описом погляду на світ стосовно конкретної області інтересів, який складається з термінів і правил використання цих термінів, що обмежують їх значення в рамках конкретної області. На формальному рівні, онтологія – це система, що складається з набору понять і набору тверджень про ці поняття, на основі котрих можна будувати класи, об'єкти, відносини, функції і теорії. Онтології можна застосовувати в багатьох галузях, але в [8] пропонується перелік ключових галузей: співпраця, взаємодія, навчання і моделювання.

На сьогодні найпоширенішою мовою подання онтологій є OWL (Web Ontology Language). Онтологія OWL представляється послідовністю аксіом і фактів, а також посилань на інші онтології. Переважно, це документи Web, на які посилаються через URI. Semantic Web, в цьому контексті, – це розширення традиційного Web, де до інформації додається певна семантика, що дає можливість людям і машинам працювати разом.

Весь навчальний матеріал бажано поділятися на навчальні фрагменти або об'єкти. Термін навчальний об'єкт, який походить від англійського терміну learning object (LO) з'явився у науково-методичній літературі недавно. Комітетом стандартів навчальних технологій при IEEE (Learning Technology Standards Committee of the IEEE) запропоновано наступне визначення цього терміну: «Будь-який об'єкт, який можна використовувати у навчальному процесі з метою полегшення проведення пошуку, оцінювання і обміну продуктів, компонентів і навчального вмісту» [13]. Комітет дає приклади цих об'єктів, включаючи мультимедійний вміст (multimedia content), навчальний вміст (instructional content), цілі навчання (learning objectives), навчальне програмне забезпечення (instructional software), інструментарій програмного забезпечення (software tools), і люди, організації чи події, що згадуються в технології, яка підтримує навчання.

Існує багато інших визначень навчальних об'єктів, наприклад, «Навчальний об'єкт – це будь-який цифровий файл, призначений для повторного використання із педагогічною метою, що включає пропозиції,

в якому контексті він може бути використаний» [12].

Формування навчального контенту з навчальних об'єктів за допомогою їх метаданих із сховища метаданих є вимогою часу. Для цього кожний навчальний об'єкт повинен містити метадані, котрі його описують: код, назва, складність, об'єкти попередники і наступники, важливість.

Прикладами елементів метаданих можуть служити ідентифікатор і назва матеріалу, мова, анотація, ключові слова, історія створення та супроводу матеріалу, учасники (автори і спонсори) створення або публікації продукту, його структура, рівень агрегації, версія, технічні дані – формат, розмір, розміщення, педагогічні особливості, тип інтерактивного режиму, необхідні ресурси, орієнтовний час на вивчення, складність, зв'язок з іншими ресурсами, місце в таксономічній класифікації та ін. Кожен елемент описується такими параметрами, як ім'я, визначення, розмір, упорядкованість, можливе зазначення типу даних, діапазону значень, пояснення за допомогою прикладу. Метадані використовуються для правильного відбору та пошуку одиниць навчального матеріалу, обміну навчальними модулями між різними системами дистанційного навчання (СДН), полегшення компіляції індивідуальних навчальних посібників.

Створення метаданих є складною творчою роботою, і хоча, займає дуже багато часу розробника курсу, в подальшому, сприяє навчанню, пошуку та систематизації навчального матеріалу. Неякісна підготовка метаданих призводить до отримання навчального матеріалу невідповідної складності.

На даний час існує багато СДН, котрі не можуть обмінюватися навчальним матеріалом та оцінками студентів, що пов'язано з використанням різних стандартів. Проте ринок відгукнувся на цю ситуацію формуванням ініціатив щодо стандартизації – консорціумів розробників систем і контенту, було створено галузеві специфікації і стандарти, найважливішими з котрих є стандарти AICC і ADL SCORM, а також специфікації консорціуму IMS. Наявність підтримки перерахованих стандартів в системі електронного навчання не є перевагою розробника – це вже просто доведена необхідність [3].

Найважливішим результатом роботи ADL стало створення концепції, специфікацій і керівництва, об'єднаних назвою SCORM (Shareable Content Object Reference Model) – промисловий стандарт для обміну навчальними матеріалами на базі концептуальної моделі стандарту IEEE 1484.12.1 [1].

Основою моделі SCORM є модульна побудова підручників і навчальних посібників. Модулі (learning objects або instructional objects) навчального матеріалу в SCORM називаються подієними об'єктами контенту Shareable Content Objects (SCO). SCO – це автономна одиниця навчального матеріалу, що має метадані та змістовну частину. SCO можуть в різних поєднаннях об'єднуватися один з одним у складі підручників і навчальних посібників, для компіляції котрих створюється система управління модульним підручником (сервер управління контентом), найчастіше використовується її назва – Learning Management System (LMS) [11].

Одна з базових ідей SCORM – це складання електронних освітніх ресурсів з блоків навчального матеріалу, так званих «спільно використовуваних об'єктів змісту» (Sharable Content Objects – SCOs). Будь-який з подібних об'єктів може бути представлений у вигляді фрагмента тексту, графічної ілюстрації, комп'ютерної програми, відеокліпу, елемента гіпермедіа або їх комбінації. SCORM не накладає обмежень на розмір SCOs і час роботи з ними.

У світовій практиці триває активне впровадження SCORM-моделі для упаковки курсів дистанційного навчання, і на даний момент більшість СДН імпортують в цьому форматі курси дистанційного навчання для власних потреб. Майже всі СДН, навіть безкоштовні, можуть використовувати курси у форматі SCORM для організації процесу навчання, у зв'язку з цим можна забезпечити сумісність між поширеними СДН [11].

Тобто, за допомогою SCORM можна побудувати індивідуальну траєкторію навчання. При цьому виникає питання – що розуміють під індивідуальною траєкторією навчання? Можна дати кілька визначень, що розтлумачують це поняття. Наприклад, П. Брусіловський вважає, що послідовність курсу спрямована на допомогу студенту знайти оптимальний шлях «в навчальному матеріалі» [6]. Карла Лімонгеллі вважає, що генерування курсу для студента може розглядатися як індивідуальна траєкторія навчання (набір дій), які студент має вивчити (виконати) для досягнення цільового рівня знань [11]. Грецькі вчені Карампіперіс та Сампсон розглядають визначення послідовності навчальних ресурсів як навчальний шлях [11].

Отже, адаптивна видача навчального матеріалу збільшує можливості використання навчального матеріалу. Інтелектуальний аналіз відповідей студента за допомогою інтерактивного та інтелектуального зворотного зв'язку значно збільшують якість адаптивних підказок, знімаючи цей тягар з плечей педагога [7].

#### **Формування індивідуальної траєкторії навчання з визначенням рівня знань студентів і складності навчального матеріалу**

Однією з переваг використання інформаційних технологій у навчанні є можливість використання адаптивного навчання. СДН з можливістю адаптації готує для студента навчальний матеріал з врахуванням його індивідуальних особливостей і формує індивідуальну траєкторію навчання з використанням навчальних фрагментів заданого рівня складності та додаткового навчального матеріалу відповідно до результатів проміжного тестування.

Адаптивне навчання пов'язане також із адаптивним тестуванням. Основним недоліком класичного тестування є фіксована, і, достатньо велика, кількість питань тесту. На подолання цього недоліку спрямоване комп'ютерне адаптивне навчання (КАТ), в котрому є можливість адаптації, пристосування до особливостей студента. При проходженні тесту комп'ютер заповнює модель студента, котра

використовується для вибору наступних завдань тесту залежно від рівня засвоєння знань [14]. В такому тесті спочатку задається питання середньої складності. Якщо відповідь правильна, то задається складніше питання. Якщо ж відповідь – неправильна, то комп'ютер пропонує простіше питання. При проходженні КАТ, оцінка рівня знань стає точнішою, а тест триває, поки точність оцінки досягне прийняттого рівня або коли буде задано визначену кількість питань.

Адаптивне тестування можна визначити як «сукупність процесів генерації, пред'явлення та оцінки результатів виконання адаптивних тестів, що забезпечує приріст ефективності вимірювань в порівнянні з традиційним тестуванням завдяки оптимізації підбору характеристик завдань, їх кількості, послідовності і швидкості пред'явлення стосовно особливостей підготовки тестованих» [5].

Коли, під час тестування, виявляється недостатність рівня знань студента, він повинен повторити частину навчального матеріалу і повторно протестуватися. На жаль, КАТ може оцінити рівень знань студента лише за допомогою тестування і за допомогою проміжних тестів комп'ютер коригує рівень знань студента, а остаточну оцінку ставить викладач.

Серед теорій тестування на Заході є популярною Item Response Theory (IRT), призначена для оцінки латентних (прихованих) параметрів студентів і параметрів завдань тесту за допомогою застосування математико-статистичних моделей вимірювання [5].

На відміну від класичної теорії, де індивідуальний бал тестованого студента розглядається як постійне число, в IRT латентний параметр трактується як деяка змінна [9]. Початкове значення параметра отримується безпосередньо з емпіричних даних тестування. Змінний характер вимірюваної величини вказує на можливість послідовного наближення до об'єктивних оцінок параметра за допомогою тих чи інших ітераційних методів [5]. Можливість об'єднати в одній шкалі вимірювання рівня підготовленості і складності завдань – серйозна перевага IRT перед класичною теорією.

Переваги IRT: IRT перетворює вимірювання, виконані в дихотомічних і порядкових шкалах, у лінійні вимірювання, в результаті якісні дані аналізуються за допомогою кількісних методів; шкала вимірювання параметрів моделі Раша є лінійною, тому можна використовувати широкий спектр статистичних процедур для аналізу результатів вимірювань; оцінка складності тестових завдань не залежить від вибірки досліджуваних; оцінка рівня підготовки тестованих не залежить від використовуваного набору тестових завдань; неповнота даних не є критичною [2].

Гнучкіший підхід базується на взаємодії двох теорій. На першому етапі створення тесту з набору завдань емпіричні дані краще обробляти за допомогою простішого, але менше ефективного математико-статистичного апарату класичної теорії тестів. На другому етапі, в процесі поглибленого аналізу якості завдань, для об'єктивної оцінки їх параметрів необхідно залучати апарат IRT [2].

В рамках основного припущення IRT встановлюється зв'язок між латентними (прихованими) параметрами студентів, які проходять тестування і спостережуваними результатами виконання тесту. При встановленні зв'язку важливо розуміти, що першопричиною є латентні параметри.

Елементи першої множини – це значення латентного параметра, що визначає рівень підготовки  $\theta_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ), де  $N$  – кількість протестованих студентів. Другу множину складають значення латентного параметра  $\beta_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ), що описує рівень складності  $n$  завдань тесту.

Однак на практиці завжди ставиться зворотна задача: за відповідями студентів на завдання тесту оцінити значення латентних параметрів  $\theta$  і  $\beta$ . Для її вирішення потрібно відповісти щонайменше на два питання. Перше зв'язане з вибором виду співвідношення між латентними параметрами  $\theta$  і  $\beta$ . Ідея встановлення співвідношення належить датському математику Г. Рашу, котрий запропонував ввести його у вигляді різниці  $\theta - \beta$ , припускаючи, що параметри  $\theta$  і  $\beta$  оцінюються в одній шкалі [5]. Георг Раш припустив, що рівень підготовки студента  $\theta$  і рівень складності завдання  $\beta$  розміщені на одній шкалі і вимірюються в одних і тих самих одиницях – логітах. Аргументом функції успіху студента є різниця  $\theta - \beta$  [2].

Зокрема, можна розглядати ймовірність правильного виконання  $i$ -м студентом з рівнем підготовки  $\theta_i$  різних за складністю завдань тесту, вважаючи  $\theta_j$  параметром  $i$ -го студента, а  $\beta$  – незалежною змінною. В цьому випадку ймовірність буде функцією латентної змінної  $\beta$ :

$$P_i \{x_{ij} = 1 | \theta_i\} = f(\theta_i - \beta), i=1,2,\dots,N. \quad (1)$$

Аналогічно вводиться ймовірність правильного виконання  $j$ -го завдання із складністю  $\beta_j$  різними студентами групи. Тут незалежною змінною є  $\theta$ , а  $\beta_j$  – параметр, що визначає складність  $j$ -го завдання тесту:

$$P_j \{x_{ij} = 1 | \beta_j\} = \phi(\theta - \beta_j), j=1,2,\dots,n. \quad (2)$$

де  $x_{ij}$  – відповідь на питання (правильна або неправильна, тобто 1 або 0);  $N$  – кількість студентів;  $n$  – кількість завдань в тесті.

Кількість параметрів, що входять в аналітичне завдання функцій, є підставою для підрозділу

сімейства IRT на класи. Серед логістичних функцій розрізняють однопараметричну модель Раша, а також дво- і трипараметричну моделі А. Бірнбаума, які однак є дуже складними і не надто ефективними.

Однопараметрична модель Г. Раша.

$$P_j(\theta) = \frac{e^{1,7(\theta-\beta_j)}}{1 + e^{1,7(\theta-\beta_j)}} \quad (3)$$

$$P_i(\beta) = \frac{e^{1,7(\theta_i-\beta)}}{1 + e^{1,7(\theta_i-\beta)}} \quad (4)$$

де  $\theta$  і  $\beta$  – незалежні змінні для першої і другої функцій відповідно.

Параметри  $\theta$  і  $\beta$  виражаються як шкальовані показники єдиної для всіх моделей шкали логітів.

Введення єдиної шкали для елементів двох різних множин – значень  $\theta$  і значень  $\beta$  – дає змогу вирішити ряд питань, як теоретичних, так і практичних. Зокрема, завдяки єдиній шкалі можна ввести взаємозв'язок між змінними у вигляді різниці  $\theta - \beta$ , коректно порівняти результати студентів, отримані за допомогою різних тестів, підібрати оптимальні значення  $\beta$ , що дають можливість визначити шукане  $\theta$  з мінімальною помилкою вимірювання. В цілому ці важливі переваги сприяють подоланню ряду істотних недоліків класичної теорії тестів і значно підвищують ефективність тестових вимірювань.

Складність питання визначається 0,5 ймовірністю за шкалою логітів правильної відповіді студента із середнім рівнем знань. Складність питань тесту після цього визначається за допомогою обробки результатів тестування групи студентів. Складність навчального матеріалу визначається рівнем знань і нормативним часом вивчення даного навчального матеріалу. Рівень знань студента визначається кількістю вивченого навчального матеріалу і отриманою оцінкою. За допомогою тестування формується і постійно коригується індивідуальна траєкторія навчання, котра складається з навчальних фрагментів, що утворюють навчальні модулі.

Після проходження циклу навчання, з наступним тестуванням, в разі, якщо студент не досягнув мінімально-допустимої оцінки, йому дається роз'яснення та довідковий матеріал. Коли ж студентом досягнуто мінімально-допустиму оцінку – він може припинити навчання або продовжити його на вищому рівні, з новими навчальними фрагментами, тобто індивідуальна траєкторія навчання змінюється і розширюється.

Однією з переваг дистанційного навчання, і, одночасно, одним з недоліків, є навчання у циклі. Тобто, коли студент не досягнув запланованої чи мінімальної оцінки, курс вивчення потрібно повторити. При повторному вивченні перевагою є підвищення рівня знань, а недоліком – перевитрата часу.

Кожен модуль може складатися з довільного числа фрагментів навчального матеріалу. Кожен фрагмент навчального матеріалу подається у такому складі: номер та назва навчального фрагмента, нові поняття, що даються в даному фрагменті, ключові слова, запланований навчальний час, список рекомендованої літератури, методичні рекомендації викладачу та студенту, локальні навчальні цілі фрагмента, навчальний текст, завдання та задачі, теми для обговорення, тестові завдання.

На жаль, відомі підходи не розраховані на побудову індивідуальної траєкторії навчання з використанням стандарту SCORM, а просто експортують його і використовують без змін як наперед приготований навчальний матеріал.

СДН MOODLE не є адаптивною системою, але в той же час, це найпоширеніша із систем, тому що є відкритою і некомерційною. Разом з тим, її можна перетворити на адаптивну за допомогою навчального матеріалу у стандарті SCORM, який можна зчитати у будь-якій СДН, і враховуючи особливості приховування навчальних фрагментів, можна привнести в MOODLE елементи адаптації. Тобто, приховуючи від студента різну кількість навчальних фрагментів можна побудувати індивідуальну траєкторію навчання для кожного студента. Викладач при обробці навчального матеріалу може редагувати метадані, тобто до метаданих по замовчуванню додавати тип навчального матеріалу, складність, нормативний час вивчення.

Отже, постає завдання додати до СДН MOODLE можливість адаптації з використанням готових навчальних матеріалів у стандарті SCORM для оптимального використання навчальних матеріалів.

#### **Визначення рівня складності навчальних об'єктів**

Звичайно, апарат IRT досить складний, і тому починати розробку тесту потрібно, ґрунтуючись на класичній теорії, незважаючи на її недостатню ефективність та істотні недоліки [5].

Для визначення рівня складності навчальних об'єктів потрібно провести початкове тестування і занести результати тестування в матрицю тестування. Після цього буде видно, які завдання потрібно усунути з обробки результатів тестування (завдання на котрі відповіли всі або ніхто не відповів, а також оцінки студентів, які дали правильні відповіді на всі запитання або не дали жодного). Після цього усуваються завдання, котрі мають слабку кореляцію із отриманими балами (менше 0,2). Оцінку надійності тесту доцільно проводити за формулою К'юдер-Річардсон [2], а оцінку валідності тестових завдань доцільно проводити за допомогою точково-бісеріального коефіцієнту кореляції [5]. Після цього потрібно визначити середню складність групи питань і середньоквадратичне відхилення. Таким чином складність питань стає незалежною від рівня знань вибірки студентів.

Очевидно, що тестові питання повинні бути надійними та валідними, тобто, щоб їм можна було довіряти. Тут про збільшення часу оцінювання не йдеться. Викладач готує тести ще до тестування. В даному випадку значно зростають затрати праці викладача на підготовку якісних тестових питань.

Реалізація запропонованого механізму дає змогу побудувати індивідуальну навчальну траєкторію. При цьому студент забезпечується теоретичним матеріалом, вправами для вивчення теорії, інструктивними матеріалами для виконання вправ, відповідно до його моделі, тобто студент забезпечується навчальним матеріалом відповідно до його індивідуальних особливостей.

Як складність питань, так і рівень знань студентів визначаються в логітах, які теоретично можуть змінюватися від  $-\infty$  до  $+\infty$ , але рекомендованими межами є від  $-5$  до  $+5$  [5]. Проте для підготовки навчального матеріалу певної складності і для виставлення оцінки студентам потрібно перевести їх оцінку або складність питань в звичну систему оцінювання: п'ятибальну, дванадцятибальну чи стобальну. Для цього можна використати наступну формулу, де шкала логітів зміщується так, щоб вона починалася з нуля, а потім отриманий відрізок масштабується на бажану систему оцінювання:

$$C_i = \frac{(\theta_i + 5) \cdot M_{\max}}{10},$$

де  $C_i$  – перевід оцінки  $i$ -го студента,  $\theta_i$  – логіт успішності  $i$ -го студента,  $M_{\max}$  – максимальна оцінка у вибраній системі оцінювання. Наприклад, логіт  $+2,9$  при переводі у стобальну систему оцінювання буде:

$$C_i = \frac{(2,9 + 5) \cdot 100}{10} = 79.$$

Потрібно зауважити, що від'ємні логіти складності питань свідчать про їх недостатню складність, а від'ємні логіти рівня підготовки студентів свідчать про недостатню підготовку.

Постає завдання оптимального підбору навчальних фрагментів для індивідуальної траєкторії навчання з врахуванням їх складності та часу вивчення, а також рівня знань студентів.

#### Модель оптимізації часу проходження індивідуальної траєкторії навчання

Ресурсів, особливо, часових, майже завжди не вистачає, тому постає необхідність оптимального використання наявних ресурсів і контроль рівня їх використання. На що потрібно звернути привертнути особливу увагу при побудові індивідуальної траєкторії навчання? Насамперед, потрібно взяти до уваги наступні питання:

- щоб розробка навчального матеріалу не стала занадто складною для викладача;
- щоб час проходження індивідуальної траєкторії навчання був меншим – тоді у вільний час студент може зайнятися науковою діяльністю або вивчити складніший матеріал поза програмою;
- регулювання кількості навчального матеріалу різного рівня складності на різних фазах проходження індивідуальної траєкторії навчання теж може бути базою для оптимізації навчального матеріалу;
- оптимізація часу може мати вплив на мотивацію студентів: студенти з вищим рівнем знань економлять час на вивчення обов'язкової програми, а студенти з нижчим рівнем знань, хоча й затрачують зайвий час, але мотивуються вищим рівнем знань і кращими оцінками.

Запропоновано модель оптимізації часу проходження індивідуальної траєкторії навчання. Як правило, час проходження індивідуальної траєкторії навчання складається із суми часу попереднього та завершального тестування, а також часу вивчення навчальних фрагментів, залежно від їх складності та рівня знань студента:

$$T_{\text{заг}} = T_{\text{пт}} + T_{\text{кт}} + \sum_{i=1}^n \frac{Cnf_i T_{\text{норм}_i}}{Rzs_j}, \quad (5)$$

де  $T_{\text{заг}}$  – загальні затрати часу на проходження індивідуальної траєкторії навчання,  $T_{\text{пт}}$  – затрати часу на початкове тестування,  $T_{\text{кт}}$  – затрати часу на кінцеве тестування,  $T_{\text{норм}_i}$  – нормативний час вивчення  $i$ -го навчального фрагмента,  $Cnf_i$  – складність  $i$ -го навчального фрагмента,  $Rzs_j$  – рівень знань  $j$ -го студента.

Перед викладачем постає завдання оптимізації затрат часу на проходження індивідуальної траєкторії навчання, тобто перерозподіл кількості навчальних фрагментів так, щоб студенти швидше вивчили навчальний матеріал, отримали максимальні знання і виділили час на наукову роботу. У формулі (9) показано, що затрати часу потрібно мінімізувати.

$$T_{\text{заг}} \rightarrow \min, \quad (6)$$

При цьому фактичний час проходження індивідуальної траєкторії навчання є трохи більшим від суми часу на початкове і завершальне тестування та час вивчення навчального матеріалу.

$$T_{\text{факт}} \geq T_{\text{пт}} + T_{\text{кт}} + T_{\text{навч}} \quad (7)$$

де  $T_{\text{факт}}$  – фактичний час навчання,  $T_{\text{пт}}$  – тривалість початкового тестування,  $T_{\text{кт}}$  – тривалість кінцевого тестування,  $T_{\text{навч}}$  – тривалість навчання.

Обмеження навчальних фрагментів і рівню знань студентів за складністю є наступними:

$$T_{\text{факт}_j} = \frac{Cnf_i T_{\text{норм}_i}}{Rzs_j} \quad (8)$$

де  $T_{\text{факт}_j}$  – фактичний час вивчення навчального фрагменту з нормативним часом вивчення  $T_{\text{норм}_i}$ , зі

складністю  $Cnf_i$  студентом із рівнем знань  $Rzs_j$ .

Інтенсивність проходження індивідуальної траєкторії навчання студентом залежить від його мотивації, але ця залежність не є лінійною. На практиці таку залежність необхідно описувати кривою, котра має точку перегину, що є характерним для більшості економічних і техніко-економічних процесів.

#### Експериментальні дослідження

Під час виконання проекту з оптимізації часу вивчення навчального матеріалу, зокрема, побудови індивідуальної траєкторії навчання у науково-дослідному центрі з проблем оподаткування Національного університету державної податкової служби України було отримано дані з оптимізації часу вивчення навчальних фрагментів індивідуальної траєкторії навчання для студентів з різним рівнем знань, які вивчали навчальні фрагменти різного рівня складності, а також проходили при цьому попереднє та завершальне тестування.

При вивченні дисципліни «Теорія прийняття рішень», зокрема, теми «Прийняття рішень методом аналітичної ієрархії» в СДН MOODLE студенти вивчали навчальні фрагменти різного рівня складності. Всього було 25 навчальних фрагментів. Кількість студентів у групі 23 і рівень їх знань теж відрізнявся. Розглянемо модель оптимізації часу проходження індивідуальної траєкторії навчання для студентів з мінімально-допустимим, середнім та високим рівнем знань, а саме для студентів із рівнем знань 60, 80 і 100 балів.

Час вивчення навчальних фрагментів залежить від їх рівня складності та рівня знань студентів. Зокрема, чим складніший чи простіший навчальний фрагмент, тим більше чи менше треба часу для їх вивчення відповідно. Також, при вищому чи нижчому рівні знань студентів потрібно, відповідно, менше чи більше часу для вивчення певного навчального фрагмента.

В таблиці 1 наведено результати підрахунку часу вивчення навчального фрагмента залежно від складності навчального матеріалу і з нормативним часом вивчення при змінному рівні знань студента. Викладач, при підготовці навчального матеріалу визначає тип і складність кожного навчального фрагменту, а також нормативний час його вивчення. Наприклад, при нормативі часу 10 хв. на вивчення навчального фрагмента складністю 60 балів, студент із рівнем знань в 60 балів буде вивчати цей навчальний фрагмент 10 хв., а студент із рівнем знань 100 балів – 6 хв. У випадку вивчення навчального матеріалу складністю 100 балів при нормативному часі 10 хв. студент із рівнем знань 100 балів буде вивчати його 10 хв., а студент із рівнем знань 60 балів – 16 хв.

Таблиця 1

**Залежність часу вивчення навчального фрагменту заданої складності з нормативним часом вивчення 10 хв. від рівня знань студента**

Складність навчального фрагмента	Рівень знань студентів				
	60	70	80	90	100
	Час вивчення навчального фрагмента, хв.				
60	10	8,6	7,5	6,7	6
70	11,7	10	8,8	7,8	7
80	13,3	11,4	10	8,9	8
90	15	12,9	11,3	10	9
100	16,7	14,3	12,5	11,1	10

На рис. 1 зображено залежність часу вивчення навчального фрагмента від його складності.

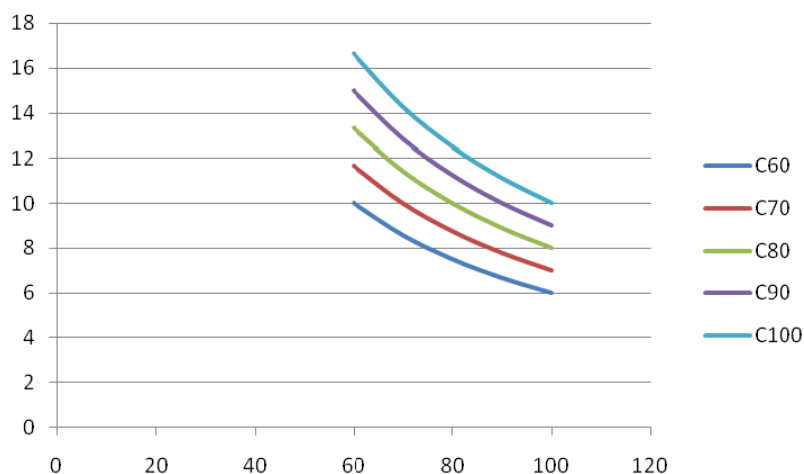


Рис. 1. Залежність часу вивчення навчального фрагмента від його складності

В таблиці 2 наведено результати підрахунку часу вивчення навчального фрагмента залежно від рівня

знань студента і з нормативним часом вивчення при змінній складності навчального матеріалу. Наприклад, студент із рівнем знань 60 балів 10 хв. буде вивчати навчальний фрагмент зі складністю 60 балів і нормативом часу 10 хв., при цьому він 16,7 хв. вивчатиме фрагмент складністю 100 балів і з нормативом часу 10 хв.

В той же час, студент із рівнем знань 100 балів 10 хв. буде вивчати навчальний фрагмент зі складністю 100 балів і нормативом часу 10 хв., при цьому він 6 хв. вивчатиме фрагмент складністю 60 балів і нормативом часу 10 хв.

Студент із рівнем знань 80 балів 7,5 хв. буде вивчати матеріал складністю 60 балів, 10 хв. буде вивчати матеріал складністю 80 балів при нормативі 10 хв. і 12,5 хв. буде вивчати матеріал складністю 100 балів.

Таблиця 2

**Залежність часу вивчення навчального фрагменту студентами із заданим рівнем знань з нормативним часом вивчення 10 хв. від рівня складності навчального фрагмента**

Рівень знань студента	Складність навчальних фрагментів				
	60	70	80	90	100
	Час вивчення навчального фрагмента, хв.				
60	10	11,7	13,3	15	16,7
70	8,6	10	11,4	12,9	14,3
80	7,5	8,8	10	11,3	12,5
90	6,7	7,8	8,9	10	11,1
100	6	7	8	9	10

На рис. 2 зображено залежність часу вивчення навчального фрагмента від рівня знань студента.

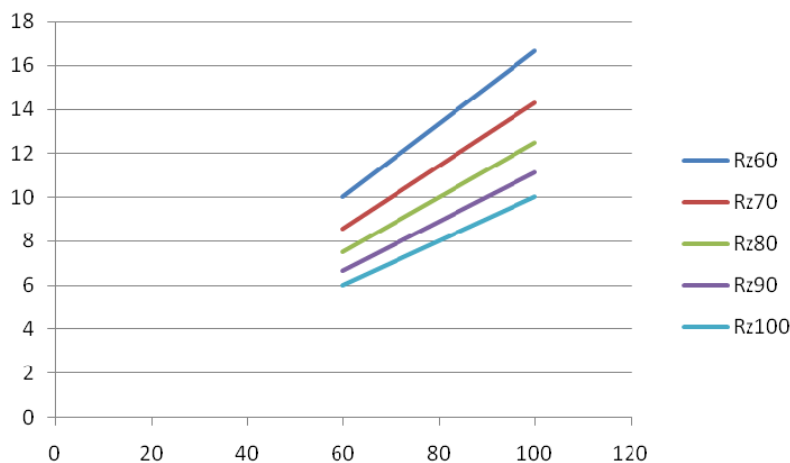


Рис. 2. Залежність часу вивчення навчального фрагмента від рівня знань студента

В таблиці 3 наведено тривалість вивчення навчального матеріалу студентами із рівним рівнем знань: 60, 70, 80, 90 і 100 балів, при умові, що вони вивчають всі навчальні фрагменти. Тут можна відмітити, що при рівні знань нижче середнього студенти вивчають навчальний матеріал довше від суми нормативного часу, а при вищому рівні знань – швидше.

Але в запропонованому підході студенти проходять індивідуальну траєкторію навчання і вивчають матеріал відповідно до їх рівня знань. Наприклад, студент із рівнем знань 60 балів вивчає усі навчальні фрагменти складністю 60 балів; студент із рівнем знань 70 балів вивчає усі навчальні фрагменти складністю до 70 балів; студент із рівнем знань 80 балів вивчає усі навчальні фрагменти складністю до 80 балів і так далі. Перший цикл такого навчання наведено в таблиці 4.

Таблиця 3

**Загальний час вивчення навчального матеріалу студентами різного рівня знань**

Навчальний фрагмент	Складність	Нормативний час, хв.	Рівень знань студента				
			60	70	80	90	100
1	60	4	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
2	60	4	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
3	60	4	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
...	...	...	...	...	...	...	...
28	90	5	7,5	6,4	5,6	5,0	4,5
29	90	5	7,5	6,4	5,6	5,0	4,5
30	100	4	6,7	5,7	5,0	4,4	4,0
Разом		120	146,0	125,1	109,5	97,3	87,6

Перший цикл вивчення навчального матеріалу студентами різного рівня знань

Навчальний фрагмент	Складність	Нормативний час, хв.	Рівень знань студента				
			60	70	80	90	100
1	60	4	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
2	60	4	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
3	60	4	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
...	...	...	...	...	...	...	...
10	80	3			3,0	2,7	2,4
11	80	3			3,0	2,7	2,4
12	80	4			4,0	3,6	3,2
...	...	...	...	...	...	...	...
21	70	4		4,0	3,5	3,1	2,8
22	70	5		5,0	4,4	3,9	3,5
23	70	6		6,0	5,3	4,7	4,2
...	...	...	...	...	...	...	...
28	90	5				5,0	4,5
29	90	5				5,0	4,5
30	100	4					4,0
		120	41,0	69,1	80,5	89,6	87,6

Коли студенти успішно здають тести на бажану оцінку, вони можуть пройти новий цикл навчання, щоб отримати вищу оцінку. Для цього їм доводиться вивчити більшу кількість навчальних фрагментів. Наприклад, студент із початковим рівнем знань 60 балів хоче отримати 70 балів і проходить новий цикл навчання з вивченням усіх навчальних фрагментів складністю до 70 балів; студент із початковим рівнем знань 70 балів проходить новий цикл навчання і вивчає усі навчальні фрагменти складністю до 80 балів і так далі.

Варто зауважити, що коли студент не досягає мінімально-допустимого або бажаного балу, адаптивна система може запропонувати йому додатковий і довідковий матеріал, для роз'яснення теми, що теж спричинить збільшення часу вивчення теми.

З наведеного вище можна побачити, що чим нижчий рівень знань студента, тим більша можливість того, що він пройде додаткові цикли навчання. Це займе більше часу, але підвищує рівень знань студента. А саме якість знань студента і є головною метою навчання. Мотивацією для студентів із нижчим рівнем знань буде те, що вони отримають кращі знання і бажану оцінку, а студенти із вищим рівнем знань мотивуються швидшим часом вивчення обов'язкового матеріалу і можливістю використати зекономлений час на наукові дослідження.

### Висновки

Запропоновано інформаційну технологію для створення індивідуальної траєкторії навчання студента в СДН MOODLE з використанням пакету SCORM. Встановлено, що навчальні фрагменти необхідно доповнювати метаданими і оформляти з використанням стандарту SCORM для досягнення незалежності контенту від програм управління з подальшим використанням в СДН. Рекомендовано використання технологій семантичного Вебу для семантичного Web-серверного зберігання і видачі навчальної інформації користувачеві на базі онтології. Показано, що сучасне дистанційне навчання повинне адаптуватися до індивідуальних особливостей студента при організації контролю знань і побудові індивідуальної траєкторії навчання при формуванні відповідного навчального матеріалу. Розроблено механізм побудови індивідуальної навчальної траєкторії з використанням навігації в мережі навчальних фрагментів з вибором навчальних фрагментів.

### Література

1. Глибовець М. М. Роль стандартів у системах електронного навчання / М. М. Глибовець // Наукові праці державного гуманітарного університету ім. П. Могили. Серія: Комп'ютерні технології. – 2011. – Випуск 148. – Том 160. – С. 122-129.
2. Ким В. С. Тестирование учебных достижений / В. С. Ким. – Уссурийск : Издательство УГПИ, 2007. – 214 с.
3. Ріппа С. П. Інформаційно-комунікаційні технології як фактор глобалізації освіти / С. П. Ріппа, Т. В. Лендок // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми впровадження інформаційних технологій в економіці», 23-24 квітня 2009 року, Частина 2, Ірпінь 2009. – С. 158-161.
4. Тузовский А. Ф. Системы управления знаниями (методы и технологии) / А. Ф. Тузовский, С. В. Чириков, В. З. Ямпольский ; под общ. ред. В. З. Ямпольского. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 260 с.
5. Чельшкова М. Б. Теория и практика конструирования педагогических тестов: Учебное пособие / Мария Борисовна Чельшкова. – М: Логос, 2002. – 432 с.



6. Brusilovsky P. Adaptive hypermedia: From intelligent tutoring systems to web-based education / P. Brusilovsky // Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS'2000), Lecture Notes in Computer Science, Springer, Berlin/Heidelberg. – 2000. – Vol. 1839. – pp. 1-7.
7. Brusilovsky P. Adaptive navigation support: from adaptive hypermedia to the adaptive web and beyond / P. Brusilovsky // PsychNology Journal. – 2004. – Vol. 2. – No. 1. – pp. 7-23.
8. Fikes R. Multi-use ontologies [Електронний ресурс] : / R. Fikes // Stanford University, 1998, – Режим доступу до журн. : <http://www.ksl.stanford.edu/people/fikes/cs222/1998/Ontologies/sld015.htm>. – Назва з екрана.
9. Hambleton R. K. Item Response Theory: A Broad Psychometric Framework for Measurement Advances / R. K. Hambleton // Psicothema. –1994. – Vol. 6. – No. 3. – pp. 535-556.
10. Karampiperis P. Adaptive Learning Resources Sequencing in Educational Hypermedia Systems / P. Karampiperis & D. Sampson // Educational Technology & Society, Vol. 8, Issue 4, 2005, pp. 128-147.
11. Limongelli C. Configuration of Personalized e-Learning Courses in Moodle / Carla Limongelli, Giuseppe Sampietro, Marco Temperini // EUROCON 2007 The International Conference on «Computer as a Tool», Warsaw, September 9-12, 2007, pp. 2680-2686.
12. Sosteric M. When is a Learning Object not an Object: A first step towards a theory of learning objects [Електронний ресурс] / M. Sosteric and S. Hesemeier // The International Review of Research in Open and Distance Learning, Canada. – Vol. 2. – No. 3. – 2002. – Режим доступу : <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/106/185>.
13. Standard for Learning Object Metadata [Електронний ресурс] ; Piscataway, NJ, 2002. – p. 44. – Режим доступу : [http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM\\_1484\\_12\\_1\\_v1\\_Final\\_Draft.pdf](http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf).
14. Weiss D. J. Computerized Adaptive Testing for Effective and Efficient Measurement in Counseling and Education / D. J. Weiss // Measurement and Evaluation in Counseling and Development. – July 2004. – Volume 37. – pp. 70-84.

#### References

1. Hlybovets M. M. Rol standartiv u systemsh elektronnoho navchannia / M. M. Hlybovets // Naukovi pratsi derzhavnoho humanitarhoho Univrsytetu im. P. Mohyly. Seria Komputerni Technologii. – 2011. –Vypusk 148. – Tom 160. – pp. 122-129.
2. Kim V. S. Testirovanie uchebnyh dostizhenii // V. S. Kim. – Kim, Ussuriysk: Izdatelstvo UGPI, 2007. – 214 p.
3. Rippa S. P. Informatsiyno-komunicijni tehnologii yak faktor globalizacii osvity / S. P. Rippa, T. V. Lendyuk // Materialy VII mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoi konferencii “Problemy vprovadzhennia informatsiynyh tehnologiy v economici”, 23-24 kvitnia 2009 roku. – chastyna 2. – Irpin. – 2009 rik. – pp. 158-161.
4. Tuzovsky A. F. Sistemy upravleniya znaniyami (metody i tehnologii) / A. F. Tuzovsky, S. V. Chirikov, V. Z. Yampolsky. – Tomsk: Izdatelstvo NTL, 2005. – 260 p.
5. Chelyshkova M. B. Teoriya i Praktika konstruirovaniya pedagogicheskikh testov: Uchebnoye posobiye / M. B. Chelyshkova. – Moskva: Logos, 2002. –432 p.
6. Brusilovsky P. Adaptive hypermedia: From intelligent tutoring systems to web-based education / P. Brusilovsky // Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS'2000), Lecture Notes in Computer Science, Springer, Berlin/Heidelberg. – 2000. – Vol. 1839. – pp. 1-7.
7. Brusilovsky P. Adaptive navigation support: from adaptive hypermedia to the adaptive web and beyond / P. Brusilovsky // PsychNology Journal. – 2004. – Vol. 2. – No. 1. – pp. 7-23.
8. Fikes R. Multi-use ontologies [Електронний ресурс] : / R. Fikes // Stanford University, 1998, – Режим доступу до журн. : <http://www.ksl.stanford.edu/people/fikes/cs222/1998/Ontologies/sld015.htm>. – Назва з екрана.
9. Hambleton R. K. Item Response Theory: A Broad Psychometric Framework for Measurement Advances / R. K. Hambleton // Psicothema. –1994. – Vol. 6. – No. 3. – pp. 535-556.
10. Karampiperis P. Adaptive Learning Resources Sequencing in Educational Hypermedia Systems / P. Karampiperis & D. Sampson // Educational Technology & Society, Vol. 8, Issue 4, 2005, pp. 128-147.
11. Limongelli C. Configuration of Personalized e-Learning Courses in Moodle / Carla Limongelli, Giuseppe Sampietro, Marco Temperini // EUROCON 2007 The International Conference on «Computer as a Tool», Warsaw, September 9-12, 2007, pp. 2680-2686.
12. Sosteric M. When is a Learning Object not an Object: A first step towards a theory of learning objects [Електронний ресурс] / M. Sosteric and S. Hesemeier // The International Review of Research in Open and Distance Learning, Canada. – Vol. 2. – No. 3. – 2002. – Режим доступу : <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/106/185>.
13. Standard for Learning Object Metadata [Електронний ресурс] ; Piscataway, NJ, 2002. – p. 44. – Режим доступу : [http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM\\_1484\\_12\\_1\\_v1\\_Final\\_Draft.pdf](http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf).
14. Weiss D. J. Computerized Adaptive Testing for Effective and Efficient Measurement in Counseling and Education / D. J. Weiss // Measurement and Evaluation in Counseling and Development. – July 2004. – Volume 37. – pp. 70-84.

Рецензія/Peer review : 19.10.2016 р.

Надрукована/Printed : 15.11.2016 р.

Стаття рецензована редакційною колегією