

АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ З ІНДИВІДУАЛЬНОЮ ТРАЄКТОРІЄЮ НАВЧАННЯ

Вступ

За теперішнього часу тенденція до використання інформаційних технологій в навчанні спостерігається в усьому світі. Сучасний етап розвитку характеризується використанням персоніфікованих систем навчання або систем навчання з забезпеченням індивідуальної траєкторії. Індивідуальна освітня траєкторія визначається як певна послідовність елементів учбової діяльності кожного учня з реалізації власних освітніх задач, що відповідають їх здібностям, можливостям, мотивації, інтересам.

Серед систем з індивідуальною траєкторією навчання виділяють персоніфіковану систему Келлера [1], за якою учбові курси розподіляють на одиниці вивчення, які учень вивчає в обраному для нього самому темпі. Тобто учням дозволяється працювати на змінних швидкостях по всьому курсу. Крім того, це забезпечує вивчення курсу учням з різним рівнем навчання за рахунок можливості багаторазового повторення поданого матеріалу.

Шкільна модель Керрола, що дозволяє визначити час, необхідний для вивчення матеріалу, як функцію здібності і мотивації, була вдосконалена Джонстоном і Алдріджем [1], знайшла відображення в аналітичному виразі:

$$L = 100[1 - \exp(-k(t - t_0))],$$

де L – відображає досягнення в навчанні; t – час навчання; t_0 – час, що необхідний для попереднього навчання; $K = CM$, де C і M є функціями здібності і мотивації відповідно.

Треба зазначити, що вивчення і визначення здатності кожного учня – це дуже складна проблема, особливо для групи учнів. Друга важлива проблема – це регулювання швидкості або темпу навчання. Для вирішення цих проблем персоніфікований навчальний матеріал розробляють так, щоб він відповідав профілю учня. Крім того, також важливим є забезпечення адаптації шляху або траєкторії навчання, яке б відповідало відмінностям кожного учня в процесі навчання. У відповідності з цими вимогами рекомендується структурування учбового матеріалу на компоненти, які, в свою чергу, складаються з учбових матеріалів, практичних завдань, тренінгів і тестів. В такому навчальному середовищі учень обирає свій власний план або траєкторію відповідно до його мети, часу вивчення,

мотивації, тощо. Перед переходом до наступної структурної одиниці учбового матеріалу учень повинен виконати певні вправи або пройти тестування. На основі отриманих результатів формується поточний профіль учня, який може бути використаний для перевірки правильності або корекції (при необхідності) індивідуальної траєкторії навчання.

Постановка задачі

При застосуванні навчання за індивідуальною траєкторією потрібна комп'ютеризація не тільки самого процесу навчання, а й процедури вибору індивідуальної траєкторії на основі прогнозування за даними про початковий або поточний рівень знань учня, а також процедури постійного стеження за переміщенням учня по індивідуальній траєкторії з метою перевірки правильності вибору індивідуальної траєкторії або можливості досягнення поставленої мети і, за необхідністю, корекції індивідуальної траєкторії.

Враховуючи те, що дані про рівень знань учнів подано в вербальній шкалі (шкалі квазіпорядку) як характеристику «вхід–вихід» окремої структурної одиниці курсу обрано матрицю переходу у вигляді нечіткого відношення. В статті поставлена задача аналізу використання нечіткого відношення для групового і індивідуального прогнозування певних результатів навчання, вибору та корекції індивідуальної траєкторії.

1. Структура і функціонування системи дистанційного навчання з індивідуальною траєкторією

Дослідження і аналіз було проведено на прикладі системи дистанційного навчання з дисципліни «Метрологічне забезпечення програмних засобів». Дидактичне забезпечення складалося з п'яти модулів: М1 – «Показники якості програмних засобів»; М2 – «Метрична теорія програм»; М3 – «Номенклатура показників якості програмних засобів метрологічного призначення»; М4 – «Надійність програмних засобів»; М5 – «Випробування і атестація програмних засобів метрологічного призначення». В кожному модулі дидактичний матеріал було подано за трьома рівнями формування знань, умінь та навичок. Перший рівень – це формування знань (аналог – лекції), другий рівень – формування знань, умінь та навичок (лекції, практичні заняття з прикладами розв'язання завдань, комп'ютерний практикум), третій – закріплення отриманих знань, умінь і навичок (лекції, практичні заняття з прикладами розв'язання завдань, комп'ютерний практикум, розрахункові

роботи). Таким чином, за способами засвоєння матеріалу $j = 1, 2, 3$ кожний i – й модуль було подано як сукупність $U_i^j = \{U_i^1; U_i^2; U_i^3\}$.

Математична модель функціонування системи дистанційного навчання може бути подана наступним кортежем:

$$\langle M, U, \delta, x_0, x \rangle$$

де $M = \{M_i\}$ – сукупність модулів; $U = \{U^j\}$ – сукупність способів засвоєння матеріалу; $\delta = \{\delta_{i,i+1}\}$ – сукупність матриць переходу від i – го до $(i+1)$ –го модуля; x_0 – початковий рівень знань, що визначається за вхідним тестуванням, або апріорною інформацією про учнів; $x = \{x_i\}$ – рівень знань на виході i – го модуля.

Структуру процесу формування індивідуальної траєкторії наведено на рис. 1.

Оцінка рівня знань відповідає вербальним градаціям шкали квазіпорядку x_i^0 – «незадовільно», x_i^1 – «задовільно», x_i^2 – «добре», x_i^3 – «відмінно». При рівні знань x_i^0 учень повертається до повторного вивчення модуля. Тобто, при переході використовуються тільки градації x_i^1, x_i^2, x_i^3 . Верб-

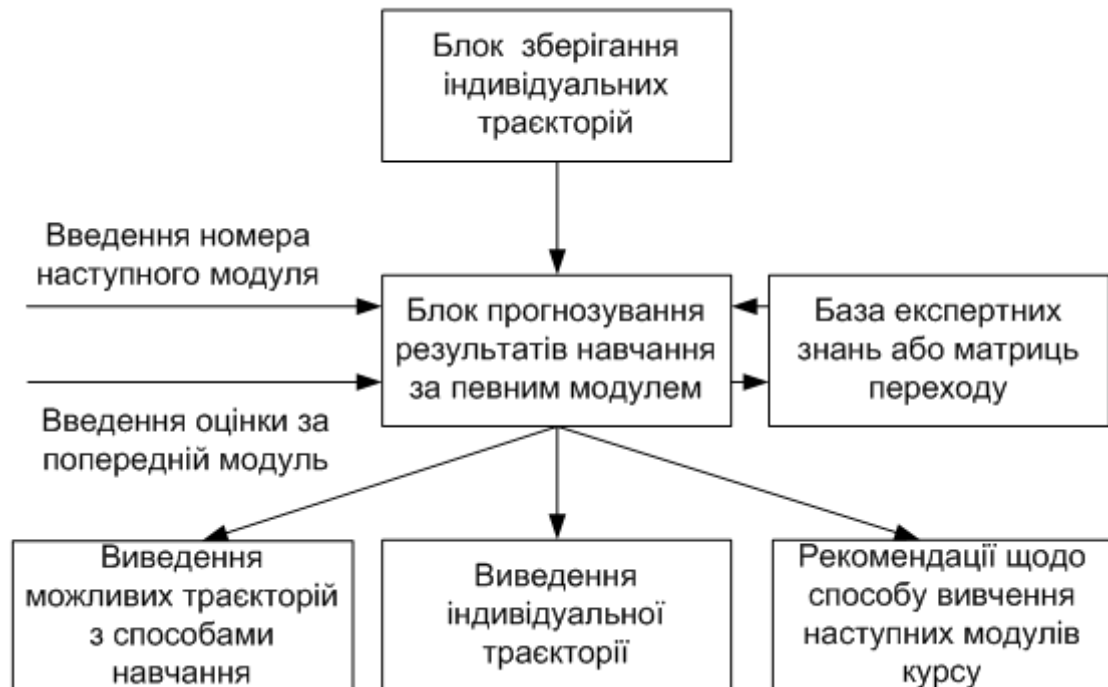


Рис. 1. Структура процесу формування індивідуальних траєкторій

льні градації можуть також бути подані за шкалою ECTS: A, B, C, D, F, FX . Вибір індивідуальної траєкторії пов'язаний з прогнозуванням оцінки на виході модуля при певному способі навчання за рівнем знань на вході модуля. Зважаючи на те, що вхідні дані x_i^1, x_i^2, x_i^3 і результати прогнозування y_i^1, y_i^2, y_i^3 подано за шкалою квазіпорядку, для аналізу роботи системи як характеристику «вхід–вихід» було обране нечітке відношення \tilde{R} :

$$\tilde{R} = \|\tilde{r}_{ij}\| = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline & y^1 & y^2 & y^3 \\ \hline x^1 & r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ \hline x^2 & r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ \hline x^3 & r_{31} & r_{32} & r_{33} \\ \hline \end{array}$$

Матриця нечіткого відношення може бути отримана за експериментальними даними або за апріорними даними, отриманими під час пілотного експерименту.

2. Побудова нечіткого відношення за апріорними даними

При пілотному експерименті фіксуються оцінки, що характеризують рівень знань на вході і на виході певного модуля, тобто визначаються пари (x, y) . Далі підраховується кількість пар з однаковою оцінкою на вході: «задовільно» – n_1 , «добре» – n_2 , « відмінно» – n_3 . Також підраховується кількість пар з однаковими оцінками: для пар $x^1 y^2$ – це n_{12} і так далі.

Ступені належності нечіткого відношення знаходять як $r_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_1}$. Тоді

матриця, що будується за апріорною інформацією, буде мати вигляд (1). Наочно дані розрахунків представлені на рис. 2.

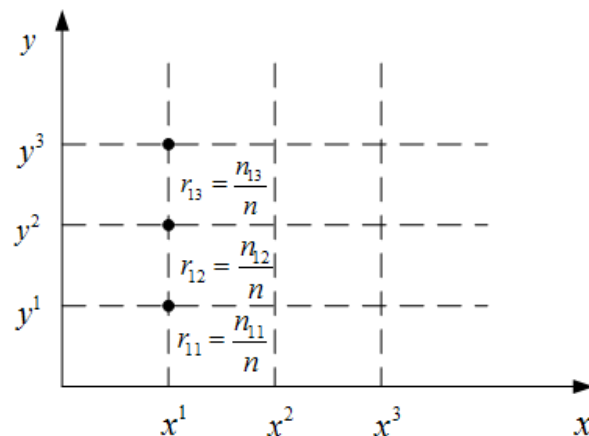


Рис. 2. Ілюстрація визначення ступенів належності нечіткого

відношення

3. Використання нечіткого відношення для отримання прогнозованої оцінки за шкалою квазіпорядка

Прогнозування виходу може бути проведено за умов чіткої та нечіткої оцінки на вході. Для таких випадків:

1. Вхід подано чіткою оцінкою (прогноз для групи учнів). Прогнозований результат отримують у вигляді нечіткої оцінки з метою визначення рівня вимог до конкретної групи учнів або для конкретної матриці переходу, отриманої за експериментальними оцінками.
2. Вхід подано чіткою оцінкою учня за певною градацією шкали квазіпорядку. Є декілька матриць переходу (за різними рівнями і способами навчання). Розв'язується задача вибору або корекції індивідуальної траєкторії навчання.
3. Вхід подано нечіткою оцінкою учня, що отримана з урахуванням невизначеності рейтингової оцінки або за профілем учня. Вирішується задача вибору або корекції індивідуальної траєкторії навчання.

Прогнозування виходу \underline{B} може бути проведено за нечіткої вхідної оцінки \underline{A} , де $\underline{A} = \{x / \mu_A(x)\}$, $\underline{B} = \{y / \mu_B(y)\}$, де $x \in \underline{A}$, $y \in \underline{B}$ – градації шкали квазіпорядку на вході і виході відповідно, $\mu_A(x)$, $\mu_B(y)$ – функції належності оцінок до відповідних градацій шкали квазіпорядку.

Тоді нечітку оцінку \underline{B} можна отримати за композицією вхідної оцінки і нечіткого відношення, тобто

$$\underline{B} = \underline{A} \circ \underline{R} = \{y^1 / \mu_B(y^1); y^2 / \mu_B(y^2); y^3 / \mu_B(y^3)\},$$

де

$$\mu_B(y) = \bigvee_{y \in \underline{B}} (\mu(x) \wedge \mu(x, y)). \quad (1)$$

Розглянемо першу задачу, коли прогнозується робота групи учнів. Як приклад, розглянемо ситуацію, коли множина n учнів складається з n_1 тих, що отримали оцінку x^1 ; n_2 тих, що отримали оцінку x^2 ; n_3 тих, що отримали оцінку x^3 . Тоді нечітка оцінка входу:

$$\underline{A} = \{x^1 / \frac{n_1}{n}; x^2 / \frac{n_2}{n}; x^3 / \frac{n_3}{n}\}. \quad (2)$$

Нехай, $n_1 = 7; n_2 = 13; n_3 = 5$. Тоді $\underline{A} = \{x^1 / 0.28; x^2 / 0.52; x^3 / 0.2\}$.

Для прикладу нечіткого відношення \underline{R}_1 , що відповідає певному способу засвоєння матеріалу отримуємо :

$$\begin{aligned} \underline{B}_1 &= \underline{A} \circ R_1(x, y) = \{x^1 / 0.28; x^2 / 0.52; x^3 / 0.21\} \circ \begin{vmatrix} 0.7 & 0.2 & 0.1 \\ 0.3 & 0.6 & 0.1 \\ 0.1 & 0.4 & 0.5 \end{vmatrix} = \\ &= \{y^1 / 0.3; y^2 / 0.52; y^3 / 0.2\}. \end{aligned}$$

Після нормалізації $\mu_B^H(y) = \frac{\mu_B(y)}{\sum \mu_B(y)}$ отримуємо

$$\underline{B}_1 = \{y^1 / 0.29; y^2 / 0.51; y^3 / 0.2\}.$$

Тобто вихідні оцінки практично збігаються з вхідними і вимоги при вербальному оцінюванні «середні».

Якщо вимоги при оцінюванні більш «жорсткі», що відображається матрицею переходу \underline{R}_2 :

$$\underline{R}_2 = \begin{vmatrix} 0.9 & 0.1 & 0 \\ 0.4 & 0.6 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0.6 \end{vmatrix},$$

то за тим же входом отримуємо нечітку оцінку, зсунуту в сторону менших оцінок:

$$\underline{B}_2 = \{y^1 / 0.36; y^2 / 0.46; y^3 / 0.18\}.$$

Якщо вимоги більш «лояльні», що відображається матрицею переходу \underline{R}_3 :

$$\underline{R}_3 = \begin{vmatrix} 0.5 & 0.4 & 0.1 \\ 0 & 0.6 & 0.4 \\ 0 & 0.2 & 0.8 \end{vmatrix},$$

то за тим же входом отримуємо нечітку оцінку, зсунуту в сторону більших оцінок:

$$\underline{B}_3 = \{y^1 / 0.23; y^2 / 0.4; y^3 / 0.33\}.$$

Таким чином, проведений аналіз дозволяє визначитись з вимогами, які пред'являють до учнів, або використати такий підхід при прогнозуванні результатів за різними способами засвоєння дидактичного матеріалу.

Якщо вхід подано чіткою оцінкою x^i за певною градацією шкали квазіпорядку, то виходом буде відповідний рядок матриці переходу, тобто $\underline{B}(y : x = x^i) = \{y / \mu_B(y)\}$.

Якщо є декілька матриць переходу, що відповідають різним способам засвоєння матеріалу $\underline{R}_l(x, y), l = \overline{1, m}$, тоді відповідно отримуємо

m прогнозів у вигляді нечітких оцінок, що відповідають певному способу засвоєння матеріалу:

$$B_l = A \circ R_l(x, y) = R_l(x^j, y) = B_l(y : x = x^j); l = \overline{1, m}.$$

Для системи з трьома способами засвоєння, яка досліджувалась, і відповідно з трьома матрицями переходу для оцінки x^2 («добре») було отримано наступні вихідні нечіткі оцінки (рис. 3.)

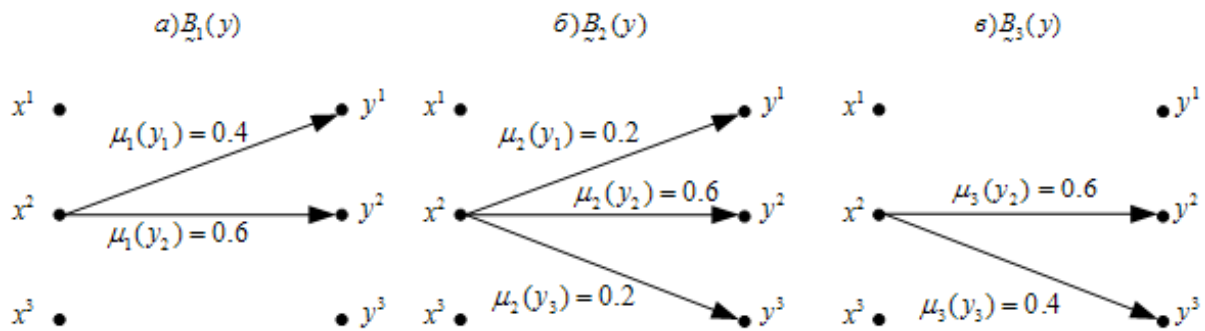


Рис. 3. Ілюстрація виходу при різних способах засвоєння матеріалу

За розглядом можливих траєкторій рис. 3 можна зробити наступні висновки: ймовірність отримання оцінки «добре» однакова за всіма трьома способами навчання і дорівнює 0,6. Але обравши перший (найбільш легкий) спосіб вивчення, учень може з ймовірністю 0,4 отримати оцінку нижче, тобто «задовільно». При обранні другого способу ймовірність отримання нижчої оцінки зменшується і з'являється можливість отримання вищої оцінки з ймовірністю 0,2. При обранні третього способу (з більшою затратою часу на вивчення) ймовірність отримання більшої оцінки збільшується до 0,4.

Якщо для прийняття рішення потрібна чітка оцінка, як адекватну статистику приймають моду нечіткої оцінки. В роботі [2] для отримання чіткої оцінки при прийнятті рішення на вербальній використовується операція дефазифікації за центром ваги. Зважаючи на відсутність відношення комбінування між проявами властивості, ця операція некоректна для даних, поданих за шкалою квазіпорядку.

Якщо вхід подано нечіткою індивідуальною оцінкою, що отримана за рейтинговою оцінкою з урахуванням її невизначеності [3] з метою вибору або корекції індивідуальної траєкторії, тоді відповідно m способам засвоєння отримуємо m вихідних нечітких оцінок

$$B_l = A \circ R_l(x, y), l = \overline{1, m} \text{ з використанням (1).}$$

Якщо враховується розмитість оцінки за шкалою квазіпорядку, то, наприклад, у порівнянні з чіткою оцінкою x^2 в даному випадку можна отримати вхід $A = \{x^1 / 0.1; x^2 / 0.8; x^3 / 0.1\}$. За входом A і трьома матрицями переходу отримуємо три прогнозовані виходи:

$$B_1(y) = \{y^1 / 0.36; y^2 / 0.55; y^3 / 0.09\};$$

$$B_2(y) = \{y^1 / 0.2; y^2 / 0.6; y^3 / 0.2\};$$

$$B_3(y) = \{y^1 / 0.09; y^2 / 0.55; y^3 / 0.36\},$$

за якими можна обирати чи корегувати індивідуальну траєкторію навчання. При порівнянні з оцінками рис. 3 видно, що оцінки стають більш розмитими у відповідності з більшою розмитістю вхідних оцінок. Якщо вхід задано профілями учня (наприклад, дані про його успішність за попереднє навчання) нечітку оцінку отримують за формулою (2) для одного учня.

4. Використання нечіткого відношення для вибору індивідуальної траєкторії або надання рекомендацій щодо способів вивчення модулів курсу

Використовуючи матриці переходу можна отримати необхідні відомості для вибору індивідуальної траєкторії або отримати рекомендації щодо вивчення модулів курсу. Наприклад, для початкового рівня $x_0 = x^i$ можна визначити умовні ймовірності отримання результату y^j за певним способом навчання U^l , тобто $P(x^i y^j / U^l)$. Наприклад, для пари x^2 («добре») і y^3 («відмінно») умовна ймовірність при першому способі навчання $P(x^2 y^3 / U^1) = 0$, при другому $P(x^2 y^3 / U^2) = 0.2$, при третьому $P(x^2 y^3 / U^3) = 0.4$. В залежності від власної мотивації учень може вибрати той чи інший спосіб навчання. Інформація для вибору у вигляді умовних ймовірностей може бути надана. Якщо мета відповідає градації y^3 , то спосіб освоєння матеріалу обирають за максимумом умовної ймовірності, тобто в даному випадку U^3 .

Висновки

Вважаючи на те, що сучасний етап розвитку систем комп'ютеризованого навчання характеризується використанням персоналізованих систем навчання, або систем з забезпеченням індивідуальної траєкторії навчання, в статті проведено аналіз системи з використанням характеристик вхід-вихід структурних дидактичних одиниць системи у вигляді матриць переходу або нечітких відношень.

Розглянуто способи отримання матриць переходу за апіорною інформацією або за експертним оцінюванням. Дані матриць, з одного боку, відображають вимоги до контролю рівня навченості, а з іншого боку, відображають можливість успіху при певному способі засвоєння матеріалу. Внаслідок цього матриці переходу можуть бути використані для прогнозування оцінки рівня знань на виході за входом і обраним способом засвоєння матеріалу.

Розглянуто структуру системи дистанційного навчання, що забезпечує формування індивідуальної траєкторії за рахунок виконання певних умов: структуризації за дидактичними одиницями–модулями, виділення декількох способів засвоєння матеріалу, математичного забезпечення у вигляді матриць переходу між модулями за умов певного способу навчання, забезпечення взаємодії між входом матриці (чіткою або нечіткою оцінкою за шкалою квазіпорядку) і матрицею переходу.

Проведено аналіз використання нечіткого відношення для отримання прогнозованої оцінки за різними учбовими ситуаціями: нечітка оцінка входу (груповий прогноз), чітка і нечітка оцінка одного учня (вибір або корекція індивідуальної траєкторії). Аналіз проведено за умов вербальної шкали оцінок учнів з дотриманням допустимих перетворень для даної шкали.

Список використаної літератури

1. Huey–Ing, Min–Num Yang. Qol Guazanted Adaptation and Personalization in E–Learning Systems // IEEE Transactions on Education, 2005, voe 48, No 4, p.676.
2. Полещук О.М. Методы предварительной обработки нечеткой экспертной информации на этапе ее формализации // Вестник государственного университета леса – Лесной вестник.– 2003 –N5(30) – с. 160 – 167.
3. Яремчук Н.А. Сікоза О.М. Аналіз переходу від рейтингової шкали до шкали порядку за умов поліморфізму // Наукові вісті – 2009 – N5 – с.96 – 103.
4. Астанин С.В. Сопровождение процесса обучения на основе нечеткого моделирования // Дистанционное образование – 200 – N5 – с. 27 – 32.