

1. Астанин С.В. Сопровождение процесса обучения на основе нечеткого моделирования // Дистанционное образование. – М., 2000. – № 5. – С. 27–32.
2. Глибовец М.М., Крусъ О.О. Реализация подсистемы тестирования в системах дистанционного обучения // УСиМ. – 2001. – № 3. – С. 72–79.
3. Голощук Р.О. Огляд інформаційних технологій розподілених обчислень для розробки мережевоцентричних застосувань // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 1999. – № 383. – С. 44–56.
4. Голощук Р.О. Системні принципи побудови інтелектуальної інформаційної системи “Віртуальна кафедра” // Вісн. Нац. ун-ту Львівська політехніка”. – 2001. – № 438. – С. 42–45.
5. Голощук Р.О., Висоцька В.А. Інтерактивна взаємодія та зворотний зв'язок у системі дистанційного навчання // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2002. – № 464. – С. 44–53.
6. Дятлов В.А., Беляев А.И., Черноиванов, Коваль С.П. Дистанционное профессиональное обучение в РАО «ГАЗПРОМ». – М., 1997. – 126 с.
7. Михаль О.Ф. Интеллектуальная система дистанционного тестирования знаний на локально-параллельных нечетких алгоритмах // Образование и виртуальность-2001: Сб. науч. трудов 5-й Междунар. Конф. Украинской ассоциации дистанционного образования. – Харьков-Ялта: УАДО, 2002. – С. 236–241.
8. Пак Н.И., Симонова А.Л. Компьютерная диагностика знаний в системах дистанционного образования // Открытое образование. – М., 2000. – № 2.
9. Пак Н.И., Симонова А.Л. Методика составления тестовых заданий // ИНФО. – 1998. – № 5.
10. Подготовка кадров управления. – М.: РАГС, 1992. – 124 с.
11. Попов Д.И. Способ оценки знаний в дистанционном обучении на основе нечетких отношений // Открытое образование. – М., 2000. – № 6.
12. Рейтинг в учебном процессе ВУЗА: опыт, проблемы, рекомендации / Под ред. А.С. Синайского. – М.: ВУ, 1997.
13. Филатов О.К. Информатизация современных технологий обучения в ВШ. – Ростов: ТОО Мираж, 1997. – С. 213.

УДК 683

Р.О. Голощук, В.В. Литвин, В.А. Висоцька, Чирун Л.В.
 Національний університет “Львівська політехніка”
 кафедра “Інформаційні системи та мережі”

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

© Голощук Р.О., Литвин В.В., Висоцька В.А., Чирун Л.В., 2006

The questions of mathematical models of processes of distance education (remote training) are highlighted in this article. Creation of the integrated net oriented informational-educational environment is based on them. The indicated questions are actual in connection with implantation of technologies of distance learning and inextricably related with didactic and methodological aspects of the educational process.

Стаття присвячена питанням побудови комплексу математичних моделей процесів дистанційного навчання, на яких базується створення інтегрованого мережевоцентричного інформаційно-навчального середовища. Зазначені питання є актуальними у зв'язку з упровадженням технологій дистанційного навчання і нерозривно пов'язані з дидактичними та методологічними аспектами навчального процесу.

ВСТУП. ЗАГАЛЬНА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Світовий процес переходу від індустріального до інформаційного суспільства, а також соціально-економічні зміни, що відбуваються в Україні, вимагають суттєвих змін у багатьох сферах діяльності держави. В першу чергу це стосується реформування сфери освіти. Переваги дистанційного навчання (ДН) з переходом на нові інформаційні технології очевидні. Крім того, в публікаціях щодо проблем ДН головна увага приділяється розробці електронних посібників, вибору платформ, дидактиці нових освітніх середовищ, методології проведення навчання та ін. Проте питання, пов'язані із математичним моделюванням процесів ДН, залишаються нерозглянутими. Тенденція використання інформаційних і телекомунікаційних технологій сьогодні полягає в створенні систем, які базуються на ефективних математичних моделях, здатних не тільки забезпечувати виконання інформаційно-аналітичних функцій, але і створювати умови для оперативного керування розподіленим дистанційним навчальним процесом, бути ефективним середовищем організації й управління процесом навчання та укладання ефективного особистісно-орієнтованого навчального плану та розкладу [8]. Це дає змогу досягти певної універсальності процесів планування навчального процесу та підготовки навчально-методичних матеріалів для різних форм навчання і різних структур навчальних програм.

Отже, проблема проектування інтегрованого мережевоцентричного інформаційно-навчального середовища систем ДН, що спирається на сучасні досягнення в області дидактики, ергономіки і математичного моделювання, набуває ще більшої актуальності. Запропонований у даній статті комплекс математичних моделей містить у собі структурну модель дистанційних курсів, модель знань дистантного слухача та процесу навчання. Слід також зазначити, що крім комплексу математичних моделей, інтегроване середовище містить засоби добору контрольних питань, визначення дидактичних характеристик завдань, створення сценарію навчання [6].

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Проектування та моделювання систем дистанційного навчання і діагностики якості знань для мережі Internet дозволяє автоматизувати не тільки процес подання навчального матеріалу, але й індивідуальну навчальну роботу студентів, оскільки в основу подібних систем закладається розподілена модель збереження інформації. У свою чергу, використання єдиних форматів передачі інформації в мережі Internet дозволить розширити сферу застосування автоматизованих навчальних і діагностуючих систем у різних навчальних закладах.

Однак слід зазначити, що існуючі сьогодні інструментальні засоби (PHOENIX Web, Quest Net+, ToolBook і ін) дозволяють лише розробляти навчальний матеріал для автоматизованих систем дистанційного навчання і діагностики, а при проектуванні компонентів підсистем діагностики необхідний зв'язок прямого програмування на спеціалізованих мовах. Такі системи не ґрунтуються на накопичених у результаті багаторічних досліджень у галузі штучного інтелекту знаннях про методи проектування, реалізації, оцінки якості й експлуатації інтелектуальних комп'ютерних навчальних систем [11]. Розроблювачі цих систем приділили набагато більше уваги питанням побудови інтерфейсу дистантного слухача, ніж виборі адекватної стратегії навчання і його індивідуалізації [5]. Отже, у сформованих умовах актуальною є розробка засобів, що дозволяють автоматизувати проектування основних компонентів процесу дистанційного навчання і діагностики якості знань в мережевоцентричному середовищі. Проектовані компоненти повинні вирішувати не тільки задачі підготовки та подання навчальної інформації, але й вирішувати проблеми організації дистанційних

адаптивних процедур навчання, діагностики знань, збирання й опрацювання результатів контролю та формування статистичних даних про дистантного слухача. Зазначені проблеми частково розглядаються в [3, 4, 9].

СТРУКТУРНА МОДЕЛЬ ДИСТАНЦІЙНИХ НАВЧАЛЬНИХ КУРСІВ

Структуру вивчення навчальних курсів можна навести у вигляді мережі Петрі, де вершини мережі визначають курси, а структура мережі – послідовність їх вивчення. Наприклад, на рис. 1 наведено таку мережу. Згідно з її структурою курси, що знаходяться у вершинах з номерами 2, 3 та 4 студент може вивчати паралельно після вивчення курсу 1. Предмет 5 можна вивчати лише після успішної здачі предметів 2 та 3, а 6-й – після успішної здачі 4-го та 5-го предметів.

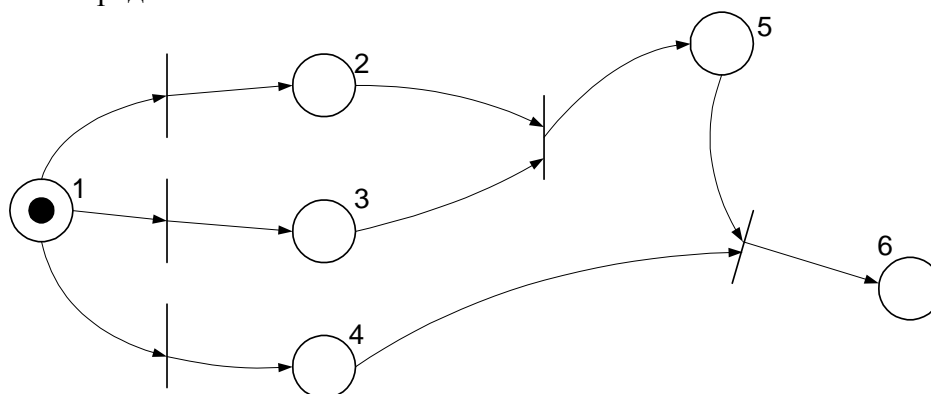


Рис. 1. Приклад подання структури дистанційних навчальних курсів за допомогою мережі Петрі

Місцезнаходження фішки в мережі показує множину курсів, які вивчає студент у поточний момент. Детальніше розглянемо процес дистанційного навчання окремого курсу, який задається вершиною мережі Петрі.

Загальновідомо, що структура навчальних курсів спирається не тільки на лекційний матеріал і практичні заняття. Однією зі значимих складових структури навчального курсу є індивідуальна робота студентів (ІРС). Виходячи з положень Міністерства освіти та науки України, на індивідуальну роботу студентів відводиться від 17 до 34 годин навчального часу, а на лекційний матеріал – від 51 до 68 таких годин. Отже, використання мережі Internet як основи для проектування автоматизованих систем навчання і діагностики дозволяє побудувати нову модель надання навчальних знань для автоматизованих освітніх систем.

Наприклад, якщо структуру лекційного матеріалу називати ядром знань (основні чи базові знання), то навчальний матеріал, що не увійшов у курс лекцій, але такий, що стосується тем, досліджуваних у межах певної дисципліни, можна назвати додатковими знаннями. Уся сукупність додаткових знань утворить оточення ядра. Оточення ядра подає той матеріал, який необхідно вивчити студенту в ході виконання ІРС. Ядро знань разом з оточенням ядра формують макромодель усього навчального матеріалу у межах розглянутої дисципліни.

Кожен компонент оточення ядра можна розглядати як зв'язний граф. Однак з огляду на те, що для викладача – розроблювача навчального курсу не важлива структура “чужого навчального матеріалу”, а важливі, головним чином, зв'язки, встановлювані між ядром знань і його оточенням, а також те, що для полегшення автоматизованого аналізу й опрацювання структури макромоделі пропонується останню розглядати у вигляді семантичної мережі: $L = (Z, F)$, де $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$ – множина об'єктів семантичної мережі; F – відображення Z в Z , зважене відношеннями між об'єктами семантичної мережі. У даній

семантичній мережі кожний компонент оточення ядра представляється у вигляді однієї вершини, що буде з'єднана з ядром деякою кількістю зв'язків, встановленою викладачем.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗНАТЬ ДИСТАНТНОГО СЛУХАЧА

Процес оцінювання знань дистантного слухача (студента) розглянемо як процес встановлення зв'язків між студентом і викладачем з метою визначення керування ним.

Під процесом оцінювання знань будемо розуміти взаємодію викладача і студента, що містить дві фази:

- представлення моделі знань студентом для оцінювання їх викладачем у вигляді виконаного тесту;
- сприйняття викладачем цієї моделі і порівняння її з моделлю, складеною на підставі вимог до знань студента і власних уявлень викладача про якість моделі.

Метою першої фази є побудова моделі знань студента на основі результатів виконання запропонованого тесту. Метою другої фази є порівняння моделі знань студента з моделлю, складеною викладачем на основі своїх уявлень про знання студента, а також на результатах тесту, мети тестування і вимогах до засвоєння вивченої області знань, заснованих на його особистому досвіді і нормах оцінювання.

Систему оцінки знань студентів як систему керування представимо у вигляді

$$\langle L_t, L_s, C, E \rangle,$$

де L_t – модель необхідних знань, представлена у вигляді семантичної мережі; L_s – модель знань студента, інтерпретована викладачем; C – алгоритм керування; E – мета тестування.

Керування оцінюванням знань як сприйняття моделі знань, представленою студентами для оцінювання, і порівняння її з деякою моделлю знань, побудованою на основі власних уявлень викладача про те, якими знаннями має володіти студент, реалізується визначеним алгоритмом:

1. Будується модель $f(s_i)$ знань студента, котра являє собою результати виконання завдань тесту.
2. Будується модель знань студента L_s на основі сприйняття викладачем моделі $f(s_i)$.
3. Визначається модель L_t .
4. Порівнюються L_s і L_t . [2]

Задача оцінки знань (порівняння семантичних мереж) формулюється так. Створюється тест, запитання якого належать до одного з обраних розділів. Кожне з цих запитань припускає вибір одного з декількох варіантів відповідей і кодується 0, якщо відповідь обрана неправильно, чи 1, якщо правильно. Помітимо, що будь-яке складне запитання можна подати у вигляді кінцевої послідовності з M елементарних висловлень, відповідями на які є бінарні змінні x_1, \dots, x . При цьому значимість коефіцієнтів $\lambda_1, \dots, \lambda_M$ змінних x_1, \dots, x може бути різною.

Інформація про величину коефіцієнтів $\lambda_1, \dots, \lambda_M$ важлива для вибору методу ухвалення рішення. Якщо усі відповіді мали б рівну значимість, тобто $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_M$, або ж значимість кожного з них була б відомою, можна було б застосувати широковідомий метод підсумовування балів. Однак такий підхід вимагає попереднього вивчення коефіцієнтів $\lambda_1, \dots, \lambda_M$ і відповідних порогів u_1, \dots, u_p прийняття $p = 4$ рішень (балів 2, 3, 4 і 5) на досить представницькому класифікованому матеріалі.

Збирання і об'єктивний аналіз цих даних являє собою досить важку задачу. Об'єктивність прийнятого рішення в межах цього методу цілком залежить від якості оцінок коефіцієнтів $\lambda_1, \dots, \lambda_M$. Незважаючи на ці обмеження, завдяки своїй простій реалізації даний метод є найбільш розповсюдженим для оцінки знань.

Використання штучних нейронних мереж дозволяє вирішити поставлену задачу без явного визначення оцінок коефіцієнтів $\lambda_1, \dots, \lambda_M$ і порогів u_1, \dots, u_p . У відомих підходах попередньо задається архітектура нейронної мережі (як правило, вибирається багатошаровий перцептрон із заданою кількістю нейронів і шарів). Далі формується навчальна вибірка X та Y :

$$X = (x^{(1)}, \dots, x^{(n)})^T, Y = (y_1, \dots, y_n)^T,$$

складена з n прикладів рішень $y_i = \{2, 3, 4, 5\}$, $i = 1, \dots, n$, що належать до оцінки знань i -го студента за тестом $x^{(i)} = (x^{(i)}_1, \dots, x^{(i)}_M)$.

Кожний з цих прикладів ретельно аналізується для того, щоб надалі виключити необ'єктивні рішення. Для навчання нейронних мереж найчастіше використовуються методи зворотного поширення помилки. Для успішної реалізації цих методів необхідні сотні навчальні прикладів. Алгоритми цього типу не завжди приводять до бажаного результату, якщо навчальна вибірка складена усього з декількох десятків прикладів.

Перераховані недоліки у меншому ступені властиві нейронним мережам, структура і параметри яких визначаються в процесі навчання методом самоорганізації А.Г. Івахненко. Однак результати самоорганізації залишаються залежними від деяких умов, що задаються ззовні.

Якщо семантична мережа задає лише відношення між розділами та темами курсу, то математичну модель такої мережі можна задати у вигляді матриці: $A = \|a_{ij}\|$. Матриця $\|A\|$ – симетрична щодо головної діагоналі – характеризує наявність зв'язку двох окремо взятих розділів. При цьому:

$$a_{ij} = \begin{cases} s_{ij}, & \text{якщо } i \text{ розділ пов'язаний з } j \\ 0 & \text{– в іншому випадку} \end{cases}.$$

Потім для розв'язання задачі побудови адаптивної системи навчання, заснованої на формуванні системи в автоматичному режимі, а також виходячи з результатів діагностики і нових структур вивчення матеріалу, розглянемо матрицю відносних оцінок рівня знань розділів $C = \|c_{ij}\|$, де

$$c_{ij} = \begin{cases} a_{ij} - q_i, & \text{якщо } a_{ij} \neq 0 \wedge a_{ij} - q_i > 0, \\ 0, & \text{якщо } a_{ij} = 0 \wedge a_{ij} - q_i \leq 0. \end{cases}$$

Вага зв'язку між двома розділами визначається за p -бальною шкалою, де p задається викладачем. Разом з цим заповнювати матрицю $\|A\|$ необхідно з дотриманням такої умови:

$$\sum_{j=1}^{i-1} a_{ij} = p.$$

Ця умова показує, що сумарна залежність будь-якого розділу від інших, зв'язаних з ним, не може перевищувати максимальну бальну оцінку самого розділу. Очевидно, що максимальна бальна оцінка для будь-якого розділу ядра знань і його оточення однакова, тобто залежить від прийнятої шкали і дорівнює p .

Крім того, необхідно зазначити, що рівень вивчення розділу (R) визначається так само, як і значимість зв'язку, за p -бальною шкалою. Ця умова необхідна для того, щоб система могла самостійно формувати плани вивчення матеріалу.

Задача формування плану вивчення матеріалу належить до класу задач лінійного цілочислового (булевого) програмування.

Результатом розв'язання цієї задачі є складання оптимального плану вивчення матеріалу, що враховує не тільки рівень вивчення розділів R_i , але і відносні оцінки.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \max,$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \leq 1,$$

$$j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq 1,$$

$$i = 1, \dots, n,$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}.$$

При цьому $x_{ij} = 1$, якщо перед i -м розділом включається j -й розділ, що має більш низький порядковий номер; 0 – у протилежному випадку. Відносні оцінки c_{ij} дозволяють для кожного розділу виявити зв'язані попередні розділи навчального матеріалу і вибрати з них ті, незадовільні знання з яких могли б вплинути на засвоєння матеріалу розглянутого розділу. Сучасні автоматизовані системи навчання аналізують і обробляють тільки масив q_i . Підхід, заснований на застосуванні як абсолютних, так і відносних оцінок допомагає студенту розібратися в першопричині його незадовільних знань з конкретного розділу.

Кожному запитанню в підсистемі діагностики якості знань ставиться у відповідність вага і форма відповіді. Якщо кількість запитань для підсумкового контролю задано як N , а розділів у темі – n , то необхідно зробити вибірку так, щоб враховувався рівень вивчення розділу. Інакше кажучи, у вибірці повинні бути присутні, головним чином, запитання з тих розділів, за якими студент показав незадовільні знання. Для цього зважається задача цілочислового програмування, де $N > n$; n – кількість розділів навчального матеріалу (вершин графа макромоделі); X_{\min} – мінімальна кількість питань (визначається викладачем), яких необхідно вибрати для одного розділу. За замовчуванням $X_{\min} = \lceil N/n \rceil$.

Результатом розв'язання цієї задачі є значення $X = \{x_i\}$, що вказує, яку кількість питань для підсумкового контролю необхідно взяти з того чи іншого розділу, з огляду при цьому на рівень вивчення розділу.

Крім того, вибираючи питання всередині розділу, необхідно враховувати і ту обставину, що питанню ставиться у відповідність не тільки вага, але і три форми відповіді, тобто кожна форма відповіді має свій коефіцієнт складності. Усе це необхідно передбачити, тому що в одну

вибірку не повинні потрапити ті самі питання з різними формами відповіді. Для цього розглядається задача:

$$\sum_{i=1}^n R_i x_i \rightarrow \min,$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = N,$$

$$\left[\frac{N}{n} \right] + 1 \geq x_i \geq X_{\min} \quad i = 1, \dots, n$$

де x_i – кількість питань, отримана на основі розв'язання задач, які необхідно взяти з 1-го розділу.

Матриця $B = \|b_{ij}\|$ є накопичувальною матрицею, що враховує ті питання, на які було дано неправильну відповідь. Спочатку всі елементи цієї матриці дорівнюють одиниці. У випадку, якщо на питання u_{ij} дано неправильну відповідь, то відповідний елемент матриці $\|B\|$ обнуляється, якщо ж на питання дано правильну відповідь, то відповідний стовпець у матриці $\|B\|$ викреслюється.

За бажанням викладача (для більш точної оцінки знань студента) можна вибирати не тільки “складні питання”, але і взяти частину “складних” і частину “простих” питань. Отже, застосування викладених вище підходів дозволяє у більшому ступені адаптувати систему діагностики щодо кожного студента індивідуально й автоматизувати операції, зв'язані з проведенням підсумкового контролю.

ПОБУДОВА РОЗКЛАДУ ЗАНЯТЬ ДИСТАНТНОГО СЛУХАЧА В РЕЖИМІ ON-LINE

Розклад надзвичайно важливий в контексті управління розподіленим дистанційним навчальним процесом. Він містить не тільки звичний для нас перелік дисциплін із зазначенням часу їх викладання й список викладачів, але і забезпечує систематизоване об'єднання усіх видів навчальної роботи у межах дисципліни й засобів їх реалізації у Web-системі [7].

Процес укладання розкладу в оптимальному випадку має ітеративний характер, тобто відбувається у декілька етапів під керівництвом людини-фахівця. Послідовність та кількість цих етапів, тобто методика укладання розкладу, залежать від специфіки закладу дистанційної форми навчання. Віртуальні кафедри, в яких ресурс часу не є критичним, чи, наприклад, не діє часова система навчання, цілком задовольнить варіант розкладу, автоматично згенерований на повній множині навчальних планів. Інші віртуальні кафедри можуть починати укладання розкладу з розподілу найбільш критичних (з точки зору використання кафедральних ресурсів) семінарів [1]. Розклад на будь-якому етапі гарантовано залишається коректним і узгодженим з усіма вимогами; крім того, зручний редактор розкладу дозволяє вносити зміни до складеного розкладу, не порушуючи його цілісності і коректності [12, 14].

Проблема визначення оптимальних умов проведення занять для дистантних слухачів в реальному режимі часу (семінарів) є досить важливою, враховуючи різномірне географічне розташування, а отже й різні часові характеристики учасників дистанційного навчання для проведення занять у реальному режимі. Для синхронізації (оптимального часового

розрахунку) розглянемо проблему знаходження часового проміжку одночасного відвідування семінарів студентами дистанційної форми навчання в режимі on-line.

Нехай маємо часовий проміжок $T = [0, 24]$ – час за Грінвічем. Також маємо скінченну кількість студентів дистанційної форми навчання s_1, \dots, s_n . Тоді для студента s_i можливість відвідувати заняття в реальному режимі часу можна представити деякою функцією $\mu_i(t)$, область визначення якої $t \in T = [0, 24]$, а множина значень є відрізком $[0, 1]$. Те, що функція $\mu_i(t)$ дорівнює нулю в деякий проміжок часу означає, що студент s_i у цей момент часу не може відвідувати заняття і більша за нуль в іншому випадку. $\mu_i(t) = 1$ означає, що студент s_i з 100-відсотковою впевненістю в цей момент часу може брати участь в занятті.

$$\begin{aligned} a_1 &= \mu_1(t) \\ &\vdots \\ a_n &= \mu_n(t) \end{aligned}$$

Кожен студент може навчатися в певний проміжок часу, і йому буде відповідати функція $\mu_i(t)$.

На рис. 2 наведені функції можливого відвідування електронних семінарів студентами дистанційної форми навчання.

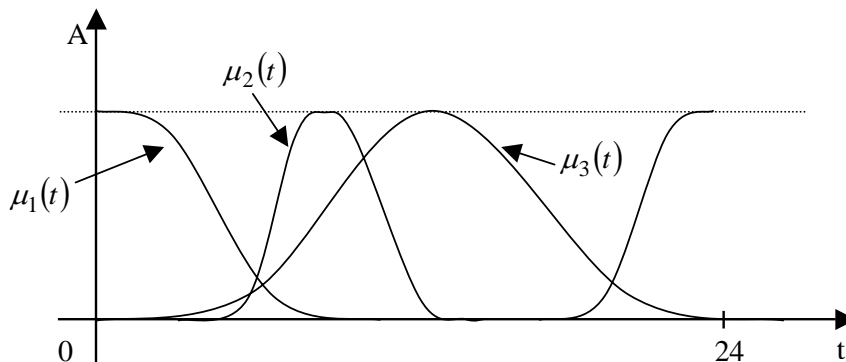


Рис. 2. Часові проміжки можливого відвідування семінарів студентами дистанційної форми навчання s_1 , s_2 та s_3 відповідно

Функція $\mu_1(t)$ демонструє циклічність часу.

Функції $\mu_2(t)$, $\mu_3(t)$ – типові графіки відвідування електронних семінарів студентами дистанційної форми навчання.

Зауважимо, що функції $\mu_i(t)$ необов'язково є неперервними.

Задача побудови розкладу занять для груп студентів полягає в знаходженні такого часового проміжку $[t - \Delta t, t + \Delta t]$, що

$$A = a_1 + \dots + a_n \rightarrow \text{Max}, \quad a_i > 0, \quad i = \overline{1, n}.$$

Для знаходження максимуму функції мети нами запропоновано такий алгоритм (ітераційний процес):

Часовий проміжок $T = [0, 24]$ розбиваємо на інтервали Δt (одна академічна година). Для кожного t_i знаходимо значення функції мети A (рис. 3). Після цього впорядковуємо масив значень функції мети за спаданням.

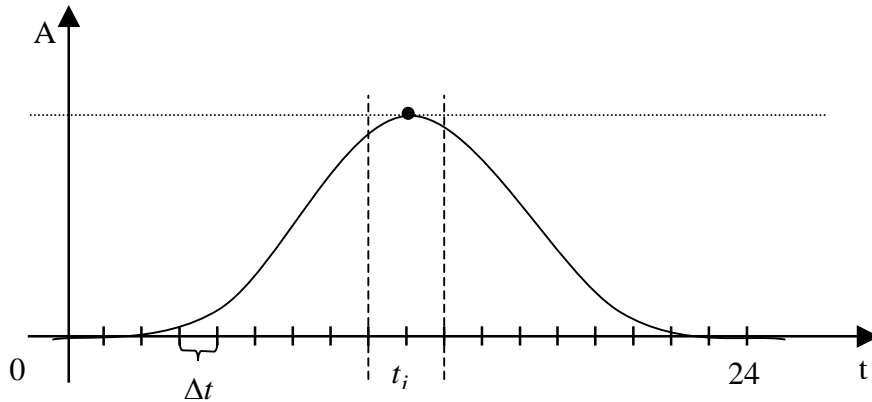


Рис. 3. Знаходження максимуму функції мети

Далі беремо перший елемент масиву значень функції мети та перевіряємо, чи можливо в відповідний часовий проміжок $[t_i - \Delta t, t_i + \Delta t]$ зробити призначення заняття. Якщо для призначеного заняття виконуються умови $a_i > 0$, $i = \overrightarrow{1, n}$, то можемо вважати, що розв'язок поставленої задачі знайдено.

Якщо, перебравши всі елементи масиву значень функції мети, не вдалося зробити призначення, тобто не існує $[t_i - \Delta t, t_i + \Delta t]$ такого, що

$$A = a_1 + \dots + a_n \rightarrow \text{Max}, \quad a_i > 0, \quad i = \overrightarrow{1, n},$$

то необхідно поділити групу на підгрупи і повторити процедуру призначення заняття.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Отже, запропонований комплекс математичних моделей, на якому базується подальша організація розподіленого процесу навчання, є основою для створення інтелектуальної надбудови інтегрованого середовища розроблювача мережевоцентричних дистанційних навчальних систем, що дозволяє вирішувати задачі кількісного подання параметрів дистантного слухача, динамічного контролю його стану й адаптивного керування навчальним процесом. Подальші дослідження планується проводити за такими основними напрямками:

- Розробка методики адаптивного тестування з використанням елементів нечіткої логіки для зменшення похибки оцінювання знань.
- Розробка алгоритму динамічної модифікації моделі навчання у випадку неможливості досягнення за виділений час мети навчання, використовуючи обрану індивідуальну стратегію навчання;
- Пошук методів оцінки особистісних особливостей отримання знань дистантним слухачем, для підвищення ступеня індивідуалізації навчального процесу та його якості.
- Дослідження технології інтелектуальних агентів для введення в структуру інтелектуальних мережевоцентричних систем дистанційного навчання допоміжних засобів інтелектуальної навігації, опрацювання інформації, каталогізації і планування.

1. Abramson D., Krishnamoorthy M., Dang H. *Simulated Annealing Cooling Schedules for the School Timetabling Problem* (1997). <http://www.rdt.monash.edu.au/~davida/papers/cool.ps.Z> (5/10/2000). 2. Автоматизация проектирования компонентов дистанционного обучения и

диагностика качества знаний специалистов для сети ИНТЕРНЕТ. Я.Е. Львович <http://www.fcde.ru/de/st109.html> – 11К – 19.08.1999. 3. Астанин С.В. Сопровождение процесса обучения на основе нечеткого моделирования // Дистанционное образование. – М., 2000. – № 5. – С. 27–32. 4. Белоус Н.В., Выродов А.П., Шубин И.Ю. Инструментальная система подготовки учебно-методических материалов для дистанционного образования // Образование и виртуальность. – Харьков-Севастополь: УАДО, 2000. – С. 209–214. 5. Белоус Н.В., Выродов А.П., Шубин И.Ю. Математические аспекты проектирования интегрированной среды разработчика компьютерных обучающих систем // Сб. науч. тр. 5-й Международ. конф. Украинской ассоциации дистанционного образования. – Харьков-Ялта, 2001. – С. 335–349. 6. Белоус Н.В., Выродов А.П., Шубин И.Ю. Математические модели в интегрированной среде разработчика компьютерных обучающих систем // Сб. науч. тр. 5-го форума "Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке". Ч. 1. – Харьков: ХТУРЭ, 2001. – С. 175–176. 7. Верес О.М. Алгоритм укладання розкладу навчальних зайнять у ВНЗ // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 1998. – № 330. – С. 40–51. 8. Голощук Р.О. Системні принципи побудови інтелектуальної інформаційної системи "Віртуальна кафедра" // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2001. – № 438. – С. 42–45. 9. Голощук Р.О., Висоцька В.А. Інтерактивна взаємодія та зворотний зв'язок у системі дистанційного навчання // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська Політехніка". – 2002. – № 464. – С. 44–53. 10. Костюкова Н.И., Попков В.К. Математические модели, дидактические и эргономические аспекты разработки автоматизированных обучающих комплексов // Дистанционное образование. – М., 1999. – № 6. – С. 18–21. 11. Литвин В.В., Бакаїм Р.Б., Процовський О.Й., Садовий В.М., Шаховська Н.Б., Шаховський Р.В. Основні принципи та функціональне наповнення інформаційної системи "Школа" для автоматизації управління навчальним процесом // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 1999. – № 383. – С. 145–149. 12. Литвин В.В., Назаров О.Ю., Чумаченко С.В. Інтелектуальна інформаційна система планування навчального процесу // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2000. – № 406. – С. 179–184. 13. Рашкевич Ю.М., Пелешко Д.Д., Пасека Н.С., Стецюк А.Б. Проектирование Web-ориентированных распределенных учебных систем // УСИМ. – 2002. – № 3/4. – С. 72–79. 14. Яцишин Ю.В., Чип І.Є. Математична модель планування навчального процесу у вищому навчальному закладі: постановка задачі // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 1998. – № 330. – С. 269–273.