

УДК 378.14:681.5:004.891

Мазурок Т.Л.

Південноукраїнський національний педагогічний університет
ім. К. Д. Ушинського

ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ НАВЧАННЯМ

Представлені результати досліджень з визначення особливостей використання інтелектуальних технологій для реалізації синергетичної моделі автоматизованого управління індивідуалізованим навчанням.

Ключові слова: автоматизована система управління навчанням, синергетична модель управління, інтелектуальні технології управління.

Вступ. Сучасний етап реформування освіти визначається як світовими тенденціями до інтеграції, мобільності трудових ресурсів [1], так і національними проблемами підвищення якості підготовки конкурентоспроможних фахівців [2]. Тому серед основних напрямків реформування можна відзначити такі, як сприяння мобільності студентів, створення умов для навчання на протязі всього життя, сприяння міжнародним програмам співробітництва в сфері підвищення якості освіти та ін. Вирішення цих завдань потребує вдосконалення процесу навчання з метою проектування навчаючих середовищ для особистісно-орієнтованого підходу до осіб, що навчаються, та впровадження адаптивних технологій навчання.

Постановка проблеми. Одним з напрямків вдосконалення процесу навчання є впровадження засобів інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) в навчальний процес. Однак, відомі напрямки комп'ютеризації освіти ґрунтуються переважно на інформаційному підході, залишаючи за суттю «ручний» засіб управління навчанням, який не дозволяє повною мірою забезпечити підтримку індивідуалізованого навчання, що суперечить сучасним дидактичним вимогам [3]. Таким чином, існує протиріччя між існуючими дидактичними вимогами до створення умов для індивідуалізованого навчання та недостатнім рівнем використання засобів комп'ютеризації для реалізації замкнутого, спрямованого, автоматизованого варіанту управління навчанням. Усунення цього протиріччя пов'язано із розвитком кібернетичного підходу до створення автоматизованих систем управління індивідуалізованим навчанням.

Аналіз останніх досліджень. Різні аспекти використання ІКТ для підвищення ефективності навчання розглянуто в працях Гриценка В.І., Довгялло О.М., Жалдака М.І., Козлакової Г.О., Манак А.Ф., Машбиця Є.І., Роберт І.В. та ін. Аналіз накопиченого досвіду використання ІКТ показав, що подальше зростання ефективності засобів комп'ютеризації навчання визначається ступенем розвитку систем управління навчанням, втім як сучасні засоби електронного навчання зосереджені переважно на вдосконаленні інформаційно-технологічних задач, що не дозволяє індивідуалізувати навчання повною мірою. Розгляд навчання, як цілісного, цілеспрямованого та процесу, що управляється, є плідною ідеєю, яку було розпочато в працях Вінера Н., Скінера Б.Ф., Паска Г. та ін., дидактично обґрунтовано в працях Тализіної Н.Ф., Беспалька В.П., Атанова Г.А. Подальше вдосконалення кібернетичного погляду на управління навчанням пов'язано із працями Растрігіна Л.О., Еренштейна М.Ч., Соловова О.П., Тодорцева Ю.К. та ін.

Однак, відомі узагальнені схеми управління, що отримані за кібернетичним підходом [4], [5], засновані на «ручному» формуванні управляючих впливів з боку викладача, що не дозволяє здійснювати в повному обсязі індивідуалізацію навчання. Тому для забезпечення адаптивних властивостей схеми управління необхідно в якості устрою управління

розглянути взаємодію автоматизованої системи управління навчанням (АСУ-Н) із спеціалізованим інформаційним забезпеченням та викладачем. Впровадження такої схеми управління, де об'єктом управління є педагогічна система, що відноситься до класу організаційно-технічних, пов'язано із проблемами випадковістю зовнішніх впливів, неповноти інформації, сумісним використанням аналітичних і евристичних моделей віддання переваг. Тому для автоматизації управління навчальними системами найбільш доцільним є використання засобів штучного інтелекту. Впровадження інтелектуальних компонентів в системи управління навчанням відображено в працях Брусіловського П., Галеєва І.Х., Довбиша А.С., Маклакова Г.Ю., Петрушіна В.О., Савельєва О.Я., Чмиря І.О., Шаронової Н.В. та ін.

Аналіз практики використання інтелектуальних технологій у різних предметних галузях показав найбільшу доцільність їх використання водночас з необхідністю попереднього адекватного моделювання об'єктів управління, а також подальшу гібридизацію відомих інтелектуальних методів для досягнення синергетичного ефекту. Особливості синергетичної парадигми наукового знання розглянуто в працях Хакена Г., Пригожина І., Малинецького Г.Г., особливості синергетичного підходу до навчання – в працях Курдюмова С.П., Князевої О.М., Колеснікова А.А., Чалого О.В., Шаброва О.Ф., Гайдеса М.А. та ін. Основний синергетичний постулат щодо «ненав'язування» зовні управляючого впливу на основі врахування власних тенденцій саморозвитку об'єкта управління, є вкрай важливим саме для педагогічних систем. Тому системний аналіз педагогічних систем на основі синергетичного підходу дозволяє збільшити кількість функцій управління, що підлягають автоматизації з метою забезпечення умов для індивідуалізованого навчання.

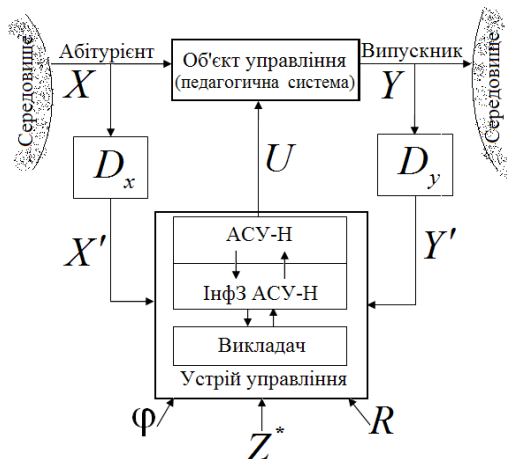
Метою статті є дослідження особливостей застосування інтелектуальних технологій для автоматизованого управління індивідуалізованим навчанням на основі синергетичного підходу.

Особливості синергетичної моделі управління навчанням

Задача навчання природним образом формулюється як задача управління. Згідно з кібернетичним підходом до навчання в якості об'єкту управління розглядається особа, що навчається або учень, викладач або навчаючий устрій – в якості устрою управління. Система навчання ідентична загальній системі управління будь-яким об'єктом (мал.1) містить наступні елементи: X - стан середовища, що впливає на процес навчання; Y - стан учня, D - відповідні датчики. Звичайно відомими є цілі навчання Z^* , ресурси R , інформація про стан учня Y' і його середовище X' . Задача полягає у визначенні такої організації навчання U , що змінює стан Y учня таким чином, щоб виконувались цілі навчання Z^* :

$$U = \varphi(X', Y', Z^*, R), \quad (1)$$

де φ - алгоритм навчання.



Мал. 1. Схема управління навчанням

Вдосконалення відомих схем управління навчанням полягає в зміні структури управляючого устрою: замість традиційного формування управляючих впливів викладачем пропонується взаємодія АСУ-Н із спеціалізованим інформаційним забезпеченням (ІнфЗ) та викладачем. Втім, методологічна база автоматизації систем управління навчанням не сформована, тому для вирішення сучасних дидактичних задач необхідно розглянути сучасні засоби автоматизації управління.

Однак, у зв'язку із змінами, що мають місце в теорії управління щодо розширення об'єкту її розгляду від суто технічних систем до організаційно-технічних та соціальних, кібернетична парадигма управління доповнюється синергетичним підходом, що дає змогу визначити параметри процесу управління навчанням, адаптованого для конкретної особи, що навчається.

В межах синергетичного підходу розроблено докласову модель управління навчанням на основі припущення щодо еквівалентності коефіцієнтів забування f та умовиводу c [6] відповідними коефіцієнтами індивідуальних особливостей [7]. Модель дозволяє знайти зв'язок між двома параметрами управління: кількістю інформації S та часткою часу, що відведена для накопичення знань U . На основі вищевказаного отримуємо наступну систему рівнянь:

$$\begin{aligned} S &= Ux + (1-U)y, \\ \frac{dS}{dt} &= \frac{h(t)}{1+r} + \frac{c-f}{1+r}S, \\ \frac{dx}{dt} &= fUy, \\ \frac{dy}{dt} &= c(1-U)xy, \end{aligned} \quad (2)$$

де $h(t)$ – швидкість надання інформації,

r – коефіцієнт опору дидактичному процесу,

x, y – нормовані об'єми накопичених знань та сформованих вмінь відповідно ($0 < x < 1$), ($0 < y < 1$).

Виключаючи S із системи (2), отримуємо двокласову модель («знань та вмінь») управління навчанням з вектором стану (x, y) і вектором навчання (h, U) [8]:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= fUy, \\ \frac{dy}{dt} &= c(1-U)xy, \\ \frac{d}{dt}(Ux + (1-U)y) &= \frac{h(t)}{1+r} + \frac{c-f}{1+r}(Ux + (1-U)y). \end{aligned} \quad (3)$$

Розв'язуючи третє рівняння системи (3), отримуємо інваріантне різноманіття в фазовому просторі синергетичного методу управління складними системами, в якому зв'язані координати стану і управління, тобто:

$$(1+r)e^{\alpha t}(Ux + (1-U)y) = \beta + \int e^{-\alpha t} h(t) dt, \quad (4)$$

де $\alpha = \frac{c-f}{1+r}$, β – довільні постійні.

Втім, синергетична модель враховує тільки основні параметри вектору стану і вектору управління. Багатоваріантність формування індивідуальних траєкторій навчання, необхідність урахування інтегративних тенденцій у навчанні – все це призводить до утворення великої кількості різноманітних відношень, що виникають між окремими елементами навчання, що ускладнює безпосередню формалізацію цього процесу.

Тому автором створено модель процесу управління на основі формальної базової теорії з урахуванням сучасних дидактичних вимог засобами мови алгебри відношень [9]. В якості ядра β_i формальної базової теорії виділені найбільш суттєві підмножини об'єктів та відношення між елементами. Моделі ситуацій $M_i^c(\beta_i)$ мають наступний загальний вигляд:

$$M_i^c = \langle L, D, MP, K \rangle, \quad (5)$$

де L - множина осіб, що навчаються, які розподілені на гомогенні групи; D - множина навчальних дисциплін (НД), що складається з ієрархічної структури навчальних елементів (НЕ) з врахуванням внутріпредметних зв'язків; MP - інтелектуальний перетворювач, який формує навчальний вплив з врахуванням міжпредметних зв'язків; K - мета управління, тобто система компетенцій, що формується. Відношення між розглянутими множинами утворюють 16 неорієнтованих графів, кожен з яких відповідає певній ситуації в процесі навчання, має свою змістовну інтерпретацію.

Відношення між елементами множин L і D відповідають множині відношень «опанувати навчальним матеріалом», має позначення O^* . Множини відношень між елементами множин D і K , L і K позначимо F^* і W^* відповідно. Вони означають: F^* - «формує компетенцію» і W^* - «досягти компетенції» відповідно. У зв'язку з тим, що для формування послідовності вивчення НЕ необхідно врахувати внутрішньопредметні і міжпредметні зв'язки, введемо додатково відношення між НЕ, які відображають вказані зв'язки. Модель взаємозв'язків між системою міжпредметних зв'язків та системою компетенцій має вигляд $M^{MP,K} = \langle MPF * K \rangle$.

Множина можливих станів системи описується сигнатурою від

$$M_1^c = \langle \overline{LO^*D}, \overline{LW^*K}, \overline{MPF^*K}, \overline{DP^*MP}, \overline{DF^*K}, \overline{LV^*MP} \rangle \text{ до} \quad (6)$$

$$M_{16}^c = \langle \overline{LO^*D}, \overline{LW^*K}, \overline{MPF^*K}, \overline{DP^*MP}, \overline{DF^*K}, \overline{LV^*MP} \rangle.$$

Кортеж символів $\Sigma = \langle M_1^c, M_2^c, \dots, M_{16}^c \rangle$ утворює сигнатуру. Над цією сигнатурою утворено систему з 22 аксіом, кожна з яких має вигляд кореспонденції відношень $f^{-1}(M_i^c) \xrightarrow{Kor} M_i$. Тоді на основі (6), з врахуванням системи аксіом, сформовано 16 правил нечіткого виведення, остання з яких є слідством попередніх. Таким чином, множина моделей об'єктів системи $Z\{M^L, M^D, M^K, M^{MP}, M^{M_R}\} \in M^Z$, сигнатура моделей системи і аксіоматика системи складають основу правил нечіткого виведення, що утворює теоретичну базу коректності інтелектуального управління процесом навчання.

Для своєчасного формування управляючих впливів необхідно мати модель прогнозування параметрів синергетичної моделі управління навчанням. Параметри, що характеризують пам'ять та мислення, в наслідок стохастичності їх природи для конкретної особи, що навчається, можуть бути розглянутими як випадкові величини. Отже модель прогнозу параметрів вектору інтелекту сформовано на основі дослідження ймовірності двомірної випадкової величини [10].

Таким чином, теоретичні основи розробки системи управління навчанням складаються з формалізованого опису вдосконаленої схеми управління навчанням, синергетичної моделі управління, формальної системи управління, структурно-параметричної моделі особи, що навчається, моделі прогнозування успішності навчання.

Однак, для реалізації запропонованої моделі управління необхідна подальша деталізація схеми управління.

Декомпозиція узагальненої схеми автоматизованого управління навчанням

Аналіз існуючих засобів управління навчанням з кібернетичних позицій показав наявність двох основних протиріч:

1. між необхідністю формування диференційованих управляючих впливів з боку викладача для кожного з учнів та обмеженням часу, що не дозволяє отримати ґрунтоване управлінське рішення;

2. між отриманням з боку учня значної кількості управлінських рішень з кожної навчальної дисципліни та відсутністю механізмів узгодження цих управлінських впливів з боку викладачів.

З метою усунення вказаних протиріч запропонована багаторівнева вкладена схема, що складається з уніфікованих блоків управління процесами навчання навчальному елементові (НЕ), навчальній дисципліні (НД), формування компетенцій (КМП), системи компетенцій (СКМП).

Управління процесом навчання НЕ

Контроль за успішністю визначається згідно до діагностично заданого вектора цілі C [3]:

$$C = \{N_{\text{нА}}, U, A, \acute{O}, K_C, \hat{E}_f\}, \quad (7)$$

де $N_{\text{нА}}$ - кількість навчальних елементів (НЕ);

U - рівень засвоєння НЕ;

A - показник ступеня абстракції НЕ;

\acute{O} - показник ступеня усвідомлення засвоєння НЕ;

K_C - коефіцієнт засвоєння НЕ;

\hat{E}_f - коефіцієнт навички засвоєння НЕ.

Всі складові вектору цілі можуть бути надані у чисельному вигляді. Згідно з рекомендаціями [3] ціль навчання може бути сформульована наступним чином: вивчити навчальні елементи (НЕ), що задані, на рівні засвоєння діяльності U з коефіцієнтом засвоєння K_C , ступенем абстракції A , коефіцієнтом навички \hat{E}_f на рівні усвідомлення \acute{O} . Таке формулювання цілі навчання називають діагностичним.

За таким засобом формалізації навчання можна визначити дві основні структури об'єкту управління. В структурі об'єкту управління «один викладач – декілька учнів» викладач здійснює функції вимірювання результатів навчання кожного учня, порівнює із завданням C , приймає рішення щодо необхідного управляючого впливу та здійснює його. В такій системі автоматизація процесів управління сприяє усунуванню інформаційного перевантаження викладача. Функції автоматизованої системи управління в цьому випадку наступні:

1. отримання вхідної інформації від старшої системи управління (СУ) - управління навчанням навчальній дисципліні – ідентифікатора НЕ (назва або шифр), вектор діагностично заданої цілі C , час вивчення НЕ - T ;

2. отримання вхідної інформації від моделі учня – значення параметрів вектору інтелекту: f - коефіцієнта забування та c - коефіцієнту умовиводу;

3. забезпечення виконання навчальних дій за обраним сценарієм, до обов'язкових етапів якого належать орієнтовні дії, виконавча діяльність, контрольний етап, дії щодо корегування;

4. виконання допоміжних обчислень щодо успішності досягнення мети - формування вектору $C_{\text{оаєо}}$ та передача цих параметрів до моделі учня;

5. передача до верхньої СУ інформації щодо вектора стану (x – відносний об'єм накопичених знань; y - відносний об'єм накопичених вмій).

Отже, управління процесом навчання НЕ визначає розподіл часу навчання t_i , який в загальному випадку, на основі теорії поетапного формування знань та вмій можна надати у наступному вигляді:

$$t_i = \{t_{\text{нА}}, t_{\text{АЕнА}}, t_{\text{ЕДЕА}}, t_{\text{ЕнДА}}\}, \quad (8)$$

де t_i - час навчання одному навчальному елементові;

$t_{i\bar{A}}$ - час виконання орієнтуючих дій;

$t_{\bar{A}E\bar{A}}$ - час виконання виконуючих дій;

$t_{E\bar{D}E\bar{A}}$ - час виконання контролюючих дій ;

$t_{E\bar{I}D\bar{A}}$ - час виконання корегуючих дій.

До особливості вхідних, вихідних та параметрів, що управляються, можна віднести їх слабку формалізацію, відсутність засобів точного вимірювання, евристичний характер взаємозв'язків між досягненнями учнів та дій щодо розподілу часу. Тому найбільш ефективним засобом управління такою схемою є нейро-нечітке управління. Автоматизація управління процесом навчання НЕ за рахунок використання інтелектуалізації спрямована на отримання індивідуалізованого розподілу часу, врахування особливостей вектору інтелекту учня, тобто покращення якості управлінських рішень не спричиняючи при цьому перевантаження викладача.

Блок управління цим процесом є складовою частиною усіх інших рівнів навчання. Найбільша ефективність може бути досягнута за умов зв'язку з експертною навчаючою системою, висновком якої є рекомендації щодо корегування.

Управління процесом навчання НД

Цей блок відрізняється від попереднього тим, що містить процедури визначення припустимих послідовностей вивчення НЕ, оптимізації вибору наступного навчального елементу на основі врахування логічних взаємозв'язків, обмежень за часом.

До основних функцій системи управління навчанням навчальної дисципліни належать наступні:

1. отримання вхідної інформації від вищої СУ (управління навчанням компетенції) – логічної структури НД: перелік НЕ із вектором діагностично заданої цілі C , час вивчення НД;
2. визначення послідовності (в загальному випадку декількох послідовностей) НЕ, вивчення яких становить загальну мету вивчення НД;
3. прогнозування досяжності мети за відведений час конкретним учнем на основі його характеристик засвоєння матеріалу;
4. планування послідовності НЕ на основі врахування обмеженості ресурсів (наприклад, часу);
5. підтримка процесу оперативного управління, як циклічного процесу послідовного виклику СУ НЕ;
6. виконання контролю щодо успішності досягнення мети - формування вектору $C_{\delta\delta\delta}$, реального часу навчання $T_{\delta\delta\delta}$ та передача цих параметрів до блоку аналізу;
7. передача до вищої системи інформації щодо вектора стану (x – відносний об'єм накопичених знань; y - відносний об'єм накопичених вмінь);
8. визначення розходження між плановими та фактичними показниками процесу:

$$C^* = \frac{C_{i\bar{e}} - \tilde{N}_{\delta\delta\delta}}{\tilde{N}_{i\bar{e}}}; T^* = \frac{T_{i\bar{e}} - T_{\delta\delta\delta}}{T_{i\bar{e}}}. \quad (9)$$

Зазначимо, що в загальному випадку СУ НД може мати рекурсивну вкладену структуру при розподілі навчального матеріалу за модулями, розділами або іншими допоміжними структурними одиницями. Крім особливостей процесу управління НЕ до особливостей управління НД слід віднести процедури прогнозування та планування, які доцільно здійснювати на основі використання засобів інтелектуального управління. Основою для прийняття рішень щодо формування оптимальної послідовності НЕ є інформація, що отримана у експертів-викладачів. Ця інформація є нечіткою, характеризує ступінь логічного взаємозв'язку між НЕ. Тому процедури прогнозу та планування потребують застосування інтелектуальних компонент перетворювачів інформації.

Управління процесом формування компетенції

Цей блок є по відношенню до попередньо розглянутої СУ НД –вищою системою або надсистемою. Структурно-функціональна схема управління процесом формування компетенції СУ КМП містить виклик підлеглих СУ НД тих дисциплін, вивчення яких призводить до формування певної компетенції. Особливістю даної схеми є взаємозв'язок між системою міжпредметних зв'язків та моделлю компетенції, що здійснює відповідний інтелектуальний перетворювач на основі нейро-нечіткої кластеризації. Основні функції, що виконує СУ КМП, є наступні:

1. отримання від вищої системи управління ідентифікатора компетенції, що формується;
2. визначення на основі моделі компетенцій ідентифікаторів відповідних навчальних дисциплін, цілей, термінів навчання;
3. визначення найбільш доцільних міжпредметних зв'язків для формування певної компетенції, передача до графу навчання значення коефіцієнта інтеграції K_{int} ;
4. прогнозування досяжності компетенції за визначений час;
5. планування векторів цілей та часу навчання за кожною навчальною дисципліною, їх корегування на основі використання міжпредметних зв'язків та перерозподіл;
6. формування індивідуальної послідовності НЕ на основі врахування вектору інтелекту моделі учня;
7. виклик підлеглих систем СУ НД для кожної з зазначених навчальних дисциплін;
8. здійснення регулювання ступенем взаємозв'язків під час формування індивідуальної траєкторії навчання;
9. контроль сформованості певної компетенції, визначення фактичних показників часу, досягнення мети, вектору стану (x, y) .

Управління процесом формування системи компетенцій (СКМП) здійснюється на основі послідовності викликів підлеглих систем управління СУ КМП з використанням інтелектуального перетворювача, який для кожного кванту часу формує оптимальну з точки зору врахування параметрів вектору інтелекту вказівку щодо формування певної компетенції. Таким чином, система управління формуванням системи компетенцій (СУ СКМП) здійснює перетворення вхідної інформації щодо цілі, часу навчання в інформацію щодо оптимізації вибору системи СУ КМП, тобто працює як перемикач.

СУ СКМП виконує наступні основні функції, що визначають її структуру:

1. визначення вимог до дидактичної системи, що проектується для формування системи компетенцій згідно до ОКХ, ОКП;
2. формування змісту для реалізації процесу формування набору компетенцій $\{M\}$;
3. визначення системи міжпредметних зв'язків, які за розсудом експертів є найбільш доцільними при формуванні певних компетенцій;
4. виклик підпорядкованих систем СУКМП та системи управління ступенем взаємозв'язку;
5. формування індивідуальної послідовності НЕ;
6. оптимізація індивідуалізованого розподілу часу на вивчення взаємопов'язаних навчальних дисциплін, що формують компетенції;
7. передача до надсистеми (по сутності – зовнішньому середовищу, яке формує вимоги до системи компетенцій) результат розходження з діагностично поставленою ціллю навчання та часом навчання.

Таким чином, реалізація управління всім цілісним процесом навчання, як процесом що управляється, здійснюється на основі вкладеної структури викликів підлеглих систем управління, що реалізують навчання згідно ієрархії об'єктів навчання. Детальний опис кожної з систем, особливості вхідних та вихідних даних кожної з них, дозволяють зробити

наступні висновки щодо доцільності автоматизації основних процедур та розробки інструментарію для їх автоматизації.

Опис та класифікація основних інтелектуальних перетворень в АСУ-Н

Декомпозиція узагальненої схеми управління навчанням дозволила виявити основні процедури, функціонування яких забезпечує вироблення індивідуалізованого управляючого впливу на особу, що навчається. До таких процедур відносяться: ідентифікація вектору інтелекту та вектору стану; супровід процесу навчання з боку експертної системи; формування графу навчання на основі моделі початкової дисципліни; процедури прогнозу параметрів вектору стану та планування послідовності навчальних елементів; оперативне планування; контроль; виклик підсистеми управління; передача параметрів між блоками системи та в надсистему управління.

Найбільш суттєвими ознаками, що визначають інструментарій реалізації схеми управління навчанням, є наступні: ступінь невизначеності параметрів; ступінь невизначеності алгоритму; тип управління. До особливостей процесу навчання можна віднести значна кількість вхідних параметрів, які у відповідності до дидактичних вимог мають бути врахованими при управлінні. Однак, при визначенні параметрів процесу навчання існує декілька проблем:

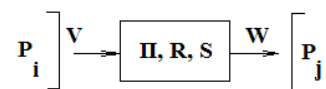
1. перелік найбільш суттєвих параметрів, методи їх оцінювання постійно змінюється в наслідок різного типу обставин. В нашому дослідженні обрано за основу перелік параметрів діагностично заданої цілі навчання [3];

2. переважна більшість параметрів є неметризованими, тобто не існує однозначних процедур вимірювання. Тому якісні показники домінують над кількісними;

3. основним засобом отримання значень параметрів є суб'єктивне оцінювання з боку викладача;

4. експертне оцінювання параметрів характеризується невизначеністю, неточністю, нечіткістю, неоднозначністю та неповнотою.

Наявність цих проблем враховано при реалізації АСУ-Н та її інформаційного забезпечення за допомогою використання нечітких множин та нечіткого логічного виведення, розглянемо структурно-функціональні схеми у формалізованому описі (мал.2). Основою для формалізації є перетворення, в якому визначено вхід (V), вихід (W), перетворювач (Π), ресурси (R) і засоби (S). Під *перетворювачем* розуміємо методику, формалізований або комп'ютерний алгоритм перетворення вхідних параметрів на вихідні. В якості засобів розглянемо відповідний інструментарій автоматизації визначених перетворень.



Мал. 2. Уніфікована схема перетворювача

Наприклад, для підсистеми управління процесом навчання НЕ множина вхідних параметрів V_{0Y} утворює вектор з трьох множин:

$$V_{0Y} = \{P_1, P_2, P_3\}, \quad (10)$$

де P_1 - ідентифікатор НЕ;

P_2 - вектор інтелекту, який відображає результативність навчання за допомогою коефіцієнтів забування та умовиводу;

P_3 - діагностично заданий вектор цілі навчання (7).

Множину вихідних параметрів W_{0Y} утворює вектор з трьох множин:

$$W_{0Y} = \{P_4, P_5, P_6\}, \quad (11)$$

де P_4 - вектор стану, який визначає результативність навчання за допомогою відносних значень об'єму накопичених знань та сформованих вмій;

P_5 - характеристика відхилення за часом T^* , що визначається рівнянням (9);

P_6 - характеристика відхилення досяжності цілі C^* за (9).

Визначені параметри можна згрупувати наступним чином:

1. детерміновані параметри: вектор цілі навчання, вектор його фактичного досягнення, вектор відхилень мети та часу навчання;

2. параметри, що мають ймовірнісний характер: параметри вектору інтелекту та вектору стану;

3. невизначеними є параметри вектору управління та інформація щодо корегування процесу учіння.

У відповідності до цього розподілу алгоритми перетворення можна класифікувати за ступенем визначеності: до повністю детермінованих алгоритмів належать алгоритми обчислення параметрів вектору цілі навчання, їх фактичних значень та відхилень, а також алгоритми обчислення відповідних часових характеристик навчання. Визначення параметрів вектору інтелекту пов'язано із застосуванням експертних оцінок, а також вилученням інформації на основі статистичних даних спостережень за результативністю навчання. Отже ці алгоритми відносяться до алгоритмів із високим ступенем невизначеності, потребують застосування інтелектуальних засобів для реалізації відповідних перетворень. За класифікацією задач управління зазначені перетворення стосуються ідентифікації та прогнозування. До цієї ж групи алгоритмів відносяться перетворення із визначення параметрів управління.

Перетворення V в W характеризується в загальному випадку високим ступенем невизначеності параметрів вектору інтелекту та вектору станів, прогнозованих значень часу та досяжності цілі навчання. Алгоритм перетворень теж не є детермінованим, бо його здійснення визначається не тільки станом вектору інтелекту, а й особливостями здійснення самого процесу навчання, послідовності операцій учіння. Тому здійснення таких перетворень доцільно реалізувати на основі синтезу аналітичного визначення параметрів із процедурою логічного виведення. Визначення параметрів вектору управління в умовах наявності історії навчання найбільш доцільно реалізувати засобами навченої нейронної мережі [11].

За допомогою аналогічних міркувань для всіх елементів схеми управління, узагальнюючи опис основних параметричних перетворень, можна класифікувати їх за типом функції управління і засобам реалізації. Результати класифікації наведено у табл.1.

Таблиця № 1.

Класифікація параметричних перетворень

Позначення перетворення за структурно-функціональною схемою		Тип функції управління	Засоби реалізації перетворення
1	2	3	4
СУ НЕ	$P_1 \rightarrow P_5$	Аналіз, ідентифікація	Аналітичні, статистичні, експертні, нейромережеві
	$P_2 \rightarrow P_4$	Прогнозування	Статистичні та еволюційні
	$P_3 \rightarrow P_6$	Контроль, аналіз	Аналітичні, логічне виведення
СУ НД	$P_7 \rightarrow P_{11}$	Аналіз, прогноз, планування, оперативне планування	Аналітичні, статистичні, нейромережеві

1	2	3	4
СУ НД	$P_8 \rightarrow P_{10}$	Прогнозування	Статистичні та еволюційні
	$P_9 \rightarrow P_{12}$	Контроль, аналіз	Аналітичні, статистичні, логічне виведення
СУ КМП	$P_{13} \rightarrow P_{18}$	Аналіз, прогноз, планування, оперативне планування	Аналітичні, статистичні, нейромережеві
	$P_{14} \rightarrow P_{17}$	Прогнозування	Статистичні та еволюційні
	$P_{15} \rightarrow P_{19}$	Контроль, аналіз	Аналітичні, статистичні, логічне виведення
	$P_{16} \rightarrow P_{18}$ $P_{16} \rightarrow P_{19}$	Ідентифікація, прогноз, планування	Аналітичні, нейро-нечітке логічне виведення, нейромережеві, еволюційні
СУ СКМП	$P_{20} \rightarrow P_{25}$	Аналіз, прогноз, планування, оперативне планування	Аналітичні, статистичні, нейромережеві
	$P_{21} \rightarrow P_{24}$	Прогнозування	Статистичні та еволюційні
	$P_{22} \rightarrow P_{26}$	Контроль, аналіз	Аналітичні, статистичні, логічне виведення
	$P_{23} \rightarrow P_{25}$	Ідентифікація, прогноз, планування	Аналітичні, нейро-нечітке логічне виведення, нейромережеві, еволюційні

Таким чином, аналіз особливостей реалізації синергетичної моделі управління навчанням та декомпозиція схеми управління, що створено на її основі, опис та класифікація необхідних параметричних перетворень дозволили визначити основні типи функцій управління, засоби реалізації. Функціонування схеми управління забезпечується також наступними елементами: графом навчання, моделлю міжпредметних зв'язків, моделлю системи компетенцій, взаємозв'язком між останніми двома моделями.

Гібридизація інтелектуальних засобів реалізації схеми управління АСУ-Н

Гібридизація засобів реалізації АСУ-Н полягає в поєднанні систем різного типу функціонування – нечіткого логічного висновку, еволюційної оптимізації, нейромережевої кластеризації, які об'єднані єдиною метою.

Гібридна модель складається з нейромережевої синергетичної моделі управління, нейро-нечіткої моделі визначення виду дидактичної системи, нейромережевої системи міжпредметних зв'язків, процедури реалізації моделі формування нечітких правил на основі результатів кластеризації, моделі кластеризації на гомогенні групи осіб, що навчаються, еволюційної моделі вибору траєкторії за часом навчання, ієрархічної системи нечіткого логічного висновку для визначення ступеня сформованості СКМП.

Для реалізації управління за синергетичною моделлю, сформовано трьохшарову нейронну мережу, на основі якої за параметрами трикутника управління можна визначити оптимальне співвідношення між знаннями та вміннями для кожного учня. Виконано визначення структури, навчання нейронної мережі, на основі якої можна отримувати значення частки часу, що доцільно відвести накопиченню знань, яке відповідає визначенню співвідношення між формуванням знань та вмінь для кожного конкретного учня. Особливістю запропонованої схеми є використання синергетичного підходу, що базується на урахуванні внутрішнього саморозвитку об'єкту (вектору інтелекту учня) при виборі навчаючих впливів. Навчання трьохшарової нейронної мережі 5-3-1 із функціями активації першого та другого шарів у вигляді гіперболічного тангенсу, третього шару – лінійної тотожної, здійснено за алгоритмом Левенберга-Марквардта. Усталена середньоквадратична

похибка навчання складає приблизно $7,7 \cdot 10^{-33}$. Досліджено співвідношення між виходами і ціллю до та після навчання, на основі якого зроблено висновок щодо припустимого відображення вхідної послідовності у вихідну.

Виконано дослідження особливостей визначення виду дидактичної системи (ДС), що визначається дидактично обумовленими параметрами. Розроблено нейро-нечітку модель визначення доцільної ДС для поточної педагогічної ситуації в процесі навчання. Навчання нейронної мережі по визначенню виду ДС здійснюється на основі набору правил продукцій, які відображають розсуд експерта – спеціаліста в галузі дидактики з приводу відповідності вхідних параметрів (m_k, f_l, s_m) однієї з восьми (або дванадцяти – в разі електронного навчання) відомих дидактичних систем:

$$\beta \hat{E} \hat{U} \hat{I} \quad (m = \beta_1^2 \quad f = \chi_1^2 \quad s = \delta_1) \quad \hat{A} \hat{A} \hat{I} \quad (m = \beta_1^2 \quad f = \chi_2^2 \quad s = \delta_1) \quad \hat{A} \hat{A} \hat{I} \quad \dots, \quad \hat{O} \hat{I} \quad DS = ds_1 (F_j),$$

де DS - ім'я лінгвістичної змінної для присвоєння значень виду монодидактичної системи.

Сформовано реалізацію моделі системи міжпредметних зв'язків для визначення коефіцієнту інтеграції відповідної структурної одиниці навчання у вигляді нейронної мережі. Модель міжпредметних зв'язків відображає структурну основу асоціативного мислення у вигляді наборів асоціацій, відтворення яких здійснюється за набором коефіцієнтів інтеграції. Модель дозволяє отримати ваги та зміщення модифікованої мережі Хопфілда у стані стійкої рівноваги.

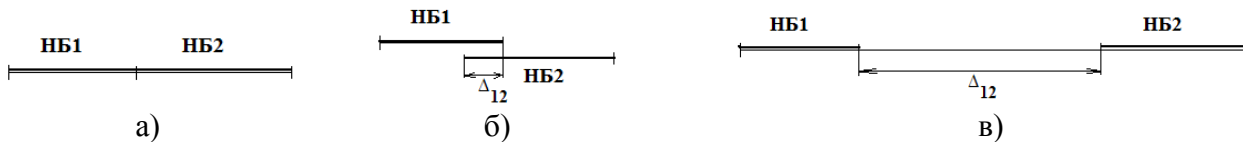
Для встановлення причинно-наслідкових зв'язків між системою міжпредметних зв'язків та системою компетенцій сформовано модель нечіткої кластеризації, як основи для синтезу нечітких правил. Центри кластерів даних, кількість яких визначається під час роботи алгоритму, знаходяться за вдосконаленим гірським алгоритмом субтрактивної кластеризації. Подальший етап генерації правил нечіткого виведення дозволяє отримати систему ідентифікації характеру взаємозв'язку між матрицею коефіцієнтів інтеграції та ступенем досяжності компетенції, що є однією з важливих компонент у схемі управління індивідуалізованим процесом формування компетенцій.

Для розподілу осіб, що навчаються, на гомогенні групи за параметрами вектору інтелекту сформовано та навчено нейромережу з властивостями самоорганізації на основі використання шару Кохонена, що дозволяє автоматизувати процес визначення гомогенних груп, як об'єкту управління в АСУ-Н для електронних форм навчання.

Формалізовано і створено модель вибору послідовності навчальних блоків за часом на основі використання еволюційного підходу. Реалізовано метод розв'язання задачі пошуку послідовності навчальних блоків, що відповідає мінімальному значенню функції пристосування. Для формулювання задачі вибору необхідно ідентифікувати залежність $Y = F(X, Z)$, де Y - час, що потрібний на вивчення x навчальних блоків; X - вектор, що задає структуру навчальних блоків (кількість, розподіл кількості НЕ в кожному з блоків); Z - вектор, який визначає взаємозв'язки внутрішні між навчальними блоками (НБ) та міжпредметні. Найбільш доцільна послідовність НЕ (або НБ) визначається за критерієм потрібного часу. При цьому необхідно врахувати логічно обумовлені змістовні зв'язки. За одиницю часу в даній постановці задачі приймаємо час, що потрібний на вивчення одного НЕ, як константу - τ . Узагальнюючі можливі ситуації взаємного розташування термінів вивчення навчальних блоків НБ1, НБ2 (мал. 3), отримано уніфіковану формулу для визначення часу вивчення двох НБ, між якими є міжпредметний зв'язок з врахуванням Δ_{12} часу сумісного вивчення двох НБ $Y_{12} = m_1 + m_2 - \Delta_{12}$,

$$\text{де } \Delta_{12} = \begin{cases} 0, \text{ якщо } \{l_1\} \cap \{l_2\} = \emptyset; \\ \sum_{i=1}^n \Delta_i, \text{ якщо } \{l_1\} \cap \{l_2\} \neq \emptyset; \\ -\sum_{i=1}^p n_i \zeta_i, \text{ якщо } |Y(m_2) - Y(m_1)| > 0, \end{cases}$$

l_1, l_2 - кількість навчальних елементів відповідно у блоках з кількістю m_1, m_2, \dots ζ - коефіцієнт розриву.



Мал. 3. – Схема до визначення терміну навчання:

а) $\Delta_{12} = 0$; б) $\Delta_{12} > 0$; в) $\Delta_{12} < 0$.

Етап підготовки вхідних даних складається з перетворення матриці міжпредметних зв'язків $M = \|\mu_{\hat{e}_{ij}}\|$ до бінарної матриці, потім – до матриці $T = \|t_{ij}\|$ ущільнення часу вивчення взаємопов'язаних НЕ.

Отже, для вивчення m НБ, отримуємо наступну функцію пристосування $Y = \sum_{i=1}^{m-1} Y_{i,i+1} \rightarrow \min$. Задача пошуку здійснюється відповідно до обмежень, що задані векторами послідовностей вивчення НБ з різних НД - $Z_1(LE1)$, $Z_2(LE2)$ та перетвореною матрицею міжпредметних зв'язків M . Остаточна функція пристосування визначається як результат наступної залежності $Y = F(LE1, LE2, m, Z_1(LE1), Z_2(LE2), M)$.

Аналіз отриманих результатів підтвердив доцільність використання ГА з визначеними під час комп'ютерних експериментів параметрами для вибору траєкторій навчання у вигляді послідовності НЕ за часом. Зазначимо, що даний підхід може бути застосованим для інших видів ресурсів, яких потребує навчання. До особливостей моделі слід віднести можливість врахування системи як внутрішніх, так і міжпредметних зв'язків в умовах компетентнісного підходу.

Для визначення результативності навчання згідно діагностично заданого вектору цілей розроблено модель нечіткого логічного висновку ієрархічної системи, що дозволило значно зменшити кількість потрібних правил в БЗ. Загальний вигляд моделі багатомірної залежності «вхід-вихід» можна визначити залежністю $Y = F(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$, де $Y = C$ - показник ступеня досяжності цілі навчання; $x_1 = U$ - рівень засвоєння НЕ; $x_2 = A$ - показник ступеня абстракції НЕ; $x_3 = O$ - показник ступеня усвідомлення засвоєння НЕ; $x_4 = K_C$ - коефіцієнт засвоєння НЕ; $x_5 = \hat{E}_f$ - коефіцієнт навички засвоєння НЕ. Сформовано функції належності лінгвістичних змінних, для оцінки яких застосований принцип термометру.

Отримано механізм визначення результативності навчання згідно вектору цілей, який дозволяє особам, що навчаються, оперативного прогнозувати навчальні досягнення в визначеннях не оцінок, а саме результативності; викладачеві дозволяє своєчасно контролювати результативність навчання; для АСУ-Н дозволяє отримувати інформацію щодо визначення управлінських дій в межах синергетичної моделі.

Всі складові гібридної системи управління індивідуалізованим навчанням реалізовані за допомогою інструментів системи Matlab, їх працездатність підтверджена комп'ютерними експериментами на прикладах.

Висновки

Представлено результати досліджень щодо вдосконалення засобів управління навчанням на основі розвитку кібернетичного підходу. Показано доцільність реалізації синергетичної моделі управління засобами інтелектуальних технологій. На основі визначення необхідних інформаційних перетворень, їх класифікації та узагальнення синтезовано гібридну модель, перелік задач, для вирішення яких доцільним є застосування сучасних інтелектуальних технологій. Запропонований підхід дозволяє автоматизувати найбільш відповідальний, значною мірою визначальний етап навчання – підтримку процесу прийняття управлінських рішень з боку викладача в умовах компетентностного навчання з врахуванням системи міжпредметних зв'язків, що дозволяє формувати індивідуалізовані стратегії навчання для будь-якої форми надання матеріалу – від традиційної до електронної.

До **перспективних напрямків** розвитку подальших досліджень слід віднести вдосконалення засобів визначення параметрів вектору інтелекту та стану осіб, що навчаються та збільшення функцій управління, що підлягають автоматизації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гриценко В.И. Информационно-коммуникационные технологии в образовании для всех – в ракурсе проблем общества знаний / В.И. Гриценко. – Киев: МНУЦ ИТиС, 2007. – 28 с.
2. Закон України «Про основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки» [Електронний ресурс] Режим доступу до статті: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=537-16>.
3. Беспалько В.П. Образование и обучение с участием компьютеров (педагогика третьего тысячелетия) / В.П. Беспалько. – М.: МПСИ, 2002. - 325 с.
4. Растрингин Л.А. Адаптивное обучение с моделью обучаемого / Л.А. Растрингин, М.Х. Эренштейн. – Рига: Зинатне, 1988. – 160 с.
5. Когнитивное управление в интеллектуальных обучающих системах / А.Ф. Верлань, М.Ф. Ус, А.В. Пискун, В.А. Федорчук; под ред. А.Ф. Верлань. – Черкассы: ЧИУ, 2002. – 104 с.
6. Потеев М.И. Практикум по методике обучения во ВТУЗах / М.И. Потеев. - М.: Высшая школа, 1990. – 127 с.
7. Орлов А.И. Менеджмент / А.И. Орлов. – М.: Изд-во «Изумруд», 2003. – 298 с.
8. Мазурок Т.Л. Синергетическая модель индивидуализированного управления обучением / Т.Л. Мазурок // Математичні машини і системи. – 2010. - №3. – С.124-134.
9. Мазурок Т.Л. Логико-математическая модель управления обучением / Т.Л. Мазурок // Управляющие системы и машины. – 2009. - №2. – С.34-42.
10. Мазурок Т.Л. Прогноз вектора состояний гомогенных групп обучаемых / Т.Л. Мазурок // Искусственный интеллект. – 2011. - №4. – С.424-435.
11. Мазурок Т.Л. Нейромережева реалізація інтелектуальної підтримки прийняття рішень в автоматизованому управлінні навчанням /Т.Л. Мазурок, Ю.К. Тодорцев // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2011. - №3. – С. 88-101.

Стаття надійшла до редакції 07.03.2013.

Mazurok T.L.

South Ukrainian National Pedagogical University named after K.D. Ushynsky

USAGE OF INTELLECTUAL TECHNOLOGY FOR AUTOMATIZATION OF TEACHING CONTROL

The results of the research to identify the features usage of intellectual technologies for to realize of a synergetic model of automatization individual teaching control.

Keywords: computer aided control system for teaching, synergetic model of control, intellectual control technology.

Мазурок Т. Л.

**Южноукраинский национальный педагогический университет
им. К.Д.Ушинского**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ
АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ОБУЧЕНИЕМ**

Представлены результаты исследований по определению особенностей использования интеллектуальных технологий для реализации синергетической модели автоматизированного управления индивидуализированным обучением.

Ключевые слова: автоматизированная система управления обучением, синергетическая модель управления, интеллектуальные технологии управления.