

РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ СУБОПТИМАЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ ПЕДАГОГІЧНИМИ СТРАТЕГІЯМИ В АВТОМАТИЗОВАНИХ НАВЧАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Меняйленко О.С.

Луганський національний педагогічний університет, Інститут економіки і бізнесу

E-mail: lam@is.com.ua

Abstract

Menaylenko O.S. Development and research of the suboptimal management algorithms of pedagogical strategies within automated teaching systems. The management algorithms of pedagogical (stimulative) influence within automated teaching systems is considered in the work for the first time. Also the results of the numerical research and trends of their improvement are given.

Гуманізація освіти, індивідуальні підходи в навчанні й вихованні, використання інформаційних технологій у навчальному процесі є найважливішими напрямками в сучасній педагогіці. Аналіз методів навчання та оцінки знань, використовуваних у педагогіці й практичній діяльності вчителів, показав, що до оцінки ставляться суперечливі вимоги: об'єктивність і необхідність виховного впливу [1–6]. Це потребує проведення досліджень і розробки алгоритмів керування навчанням і оцінки знань учнів, що враховують педагогічні вимоги до процесу навчання.

Формулювання та розв'язання задачі керування педагогічними стратегіями

У роботах [7–8] уперше проведено дослідження педагогічних впливів, використовуваних учителями в навчальному процесі, формалізовано поняття педагогічної стратегії й дано їх класифікацію, а в [9] розроблено й досліджено алгоритми базових педагогічних стратегій: із заохоченням APS_+ ; з покаранням APS_- ; змішаної педагогічної стратегії APS_{\pm} та об'єктивної стратегії APS_0 .

Проте в даний час невідома ефективність педагогічних впливів (стратегій) на учнів, що в цілому пов'язано з недостатньою вивченістю їхніх психолого-педагогічних особливостей, а отже, і неможливістю побудови їх математичних моделей. У такій ситуації невідомі психолого-педагогічні параметри учнів можуть бути визначені в процесі навчання, тобто їх можна розглядати як усуну невизначеність. Тоді як напрямок в теорії оптимального керування використовуватимемо методи дуального керування [10–12], побудовані на тому, що керуючі впливи мають двоїтий характер: є засобом вивчення об'єкта і засобом його спрямування до бажаного стану [10–12]. Тому використаємо апроксимацію задачі дуального керування, послабивши кілька найсильніших, але найменш важливих обмежень. Такими умовами для задачі дуального керування, стосовно до розробки алгоритмів керування педагогічними стратегіями, є: 1) відмова від вимоги оптимальності перехідного процесу; 2) безінерційність об'єкта керування (учня); 3) урахування шумів тільки в каналах впливу на учня; 4) незалежний характер впливів на об'єкт (учня), що визначаються тільки використовуваними педагогічною PS_i та навчальною S_i стратегіями; 5) відносна повільність зміни параметрів об'єкта (індивідуальних властивостей учня), порівнюючи з процесами керування і навчання.

За критерій, що характеризує ефективність педагогічних стратегій PS_i для учня j , використовуватимемо комплексний показник (критерій), припускаючи, що педагогічні впливи PS_i є незалежними від використовуваної стратегії навчання S_i , тобто $S = S_{const}$:

$$V_j^k(PS_i) = \frac{Q(PS_0)P_i(Q(PS_0)/\xi[n])}{\Delta t_j^k(PS_i)/t_{norm}^*}, \quad (1)$$

де $V_j^k(PS_i)$ – комплексний показник (критерій) ефективності педагогічної стратегії PS_i для учня j , що належить до класу (рівня) k ($k \in \{1, \dots, m\}$); $Q(PS_0)$ – оцінка успішності учня j , отримана при використанні алгоритмів об'єктивної стратегії APS_0 ; $P_i(Q(PS_0)/\xi[n])$ – апостеріорна ймовірність оцінки $Q(PS_0)$; $\Delta t_j^k(PS_i)$ – час, затрачений на вивчення стратегії навчання $S = S_{const}$ при використанні педагогічної стратегії PS_i ; t_{norm}^* – нормативний (планований) час на процес навчання відповідно до стратегії $S = S_{const}$.

Запропонований критерій (1) якості навчання залежить як від виставленої оцінки, так і від її апостеріорної ймовірності, що дозволяє оцінювати якість навчання також і при незмінній оцінці. Вираз у знаменнику критерію (1) робить його незалежним від часу навчання, відведеного на вивчення тієї чи іншої теми або розділу (стратегії навчання S_i), що досягається нормуванням часу навчання $\Delta t_j^k(PS_i)$ до нормативного (планованого) часу навчання t_{norm}^* .

Таким чином, критерій (1) дозволяє досить повно враховувати зміни, що характеризують якість навчання учня j .

Нехай $V_j^k(PS_i)$ спостерігається на фоні шуму $h(t)$ з характеристиками:

$$\begin{aligned} M\{h(t)\} &= 0; \\ M\{h(t)^2\} &< \sigma^2 < \infty. \end{aligned} \quad (2)$$

Тоді спостережувана (вимірювана) величина $V_j^k(PS_i)$ задається співвідношенням:

$$V_j^k(PS_i) = W(PS_i) + h(t). \quad (3)$$

Задачу пошуку оптимальної педагогічної стратегії PS_{Opt} вирішуватимемо в 3 етапи:

1) знайдемо оцінку показника $V_j^k(PS_i)$ для об'єктивної педагогічної стратегії PS_0 , тобто $W(PS_0)$, використовуючи алгоритми стохастичної апроксимації [13, 14], тоді

$$W(PS_0[n]) = W(PS_0[n-1]) - \gamma_0[n](W(PS_0[n-1]) - V_j^k(PS_0[n])); \quad (4)$$

2) знайдемо оцінку показника (1) для змішаної педагогічної стратегії PS_{\pm} . Тут вираз (3) можна записати у вигляді:

$$V_j^k(PS_{\pm}) = W(P_{\pm}^*) + h(t), \quad (5)$$

де $W(P_{\pm}^*)$ являє собою обмежену унімодальну функцію на інтервалі $[0, 1]$, що спостерігається на фоні шуму $h(t)$ з характеристиками (2).

Тоді шукатимемо максимум виразу

$$\max M \left\{ V_j^k(P_{\pm}^*) \right\}_{PS_{\pm} \in PS}. \quad (6)$$

Змінюючи значення величини P_{\pm}^* від 0 до 1, можна знайти значення критерію як для змішаної педагогічної стратегії PS_{\pm} , так і для стратегій PS_{-} (при $P_{\pm}^* = 1$) і PS_{+} (при $P_{\pm}^* = 0$). Розглянемо приклад вимірюваного виходу критерію (1) для аналізованого випадку (рис. 1).

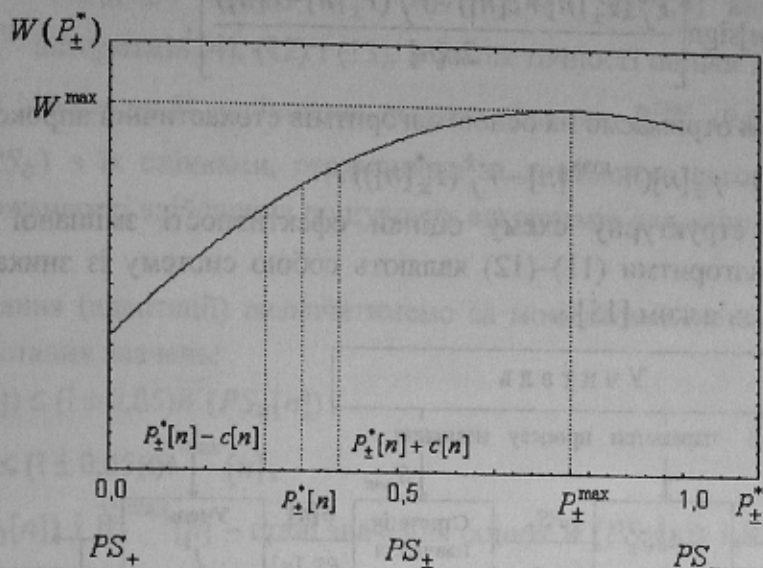


Рис. 1. Оцінка середнього нахилу в процедурі пошуку максимуму $V_j^k(P_{\pm}^*)$

Середній нахил (див. рис. 1) можна обчислити за двома спостереженнями $P_{\pm}^*[n] - c[n]$ і $P_{\pm}^*[n] + c[n]$, а тангенс кута нахилу – за виразом [14]:

$$\alpha = \frac{V_j^k(P_{\pm}^*[n] + c[n]) - V_j^k(P_{\pm}^*[n] - c[n])}{2c[n]} \quad (6)$$

Тоді послідовність $\{P_{\pm}^*[n]\}$

$$P_{\pm}^*[n+1] = P_{\pm}^*[n] + \gamma_{\pm}[n] \frac{|V_j^k(P_{\pm}^*[n] + c[n]) - V_j^k(P_{\pm}^*[n] - c[n])|}{2c[n]} \quad (7)$$

збігається до $P_{\pm}^{\max} = \left\{ P_{\pm}^{\max} / \frac{dW(P_{\pm}^{\max})}{dP_{\pm}^*} = 0 \right\}$ з імовірністю, що дорівнює одиниці,

$$P \left\{ \lim_{n \rightarrow \infty} P_{\pm}^*[n] = P_{\pm}^{\max} \right\} = 1, \quad (8)$$

і в середньоквадратичному значенні

$$\lim_{n \rightarrow \infty} M \left\{ \left(P_{\pm}^*[n] - P_{\pm}^{\max} \right)^2 \right\} = 0, \quad (9)$$

якщо:

$$1) \lim_{n \rightarrow \infty} \gamma_{\pm}[n] = 0, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} c[n] = 0;$$

$$2) \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \gamma_{\pm}[k] = \infty; \quad (10)$$

$$3) \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \left[\frac{\gamma_{\pm}[k]}{c[k]} \right]^2 < \infty.$$

Аналіз структури критерію (5) дозволяє припустити, що в ньому можуть бути великі “плоскі” ділянки в області визначення P_{\pm}^* [0, 1] (див. рис. 1). Тому для прискорення збіжності алгоритмів (7) використаємо “нормалізований” варіант алгоритмів [14]:

$$P_{\pm}^*[n+1] = P_{\pm}^*[n] + \gamma_{\pm}[n] \text{sign} \left[\frac{V_j^k(P_{\pm}^*[n] + c[n]) - V_j^k(P_{\pm}^*[n] - c[n])}{2c[n]} \right]. \quad (11)$$

Оцінку $W^{\max}[n]$ також отримуємо на основі алгоритмів стохастичної апроксимації:

$$W^{\max}[n+1] = W^{\max}[n] - \gamma_{\pm}[n](W^{\max}[n] - V_j^k(P_{\pm}^*[n])). \quad (12)$$

На рис. 2 показано структурну схему оцінки ефективності змішаної педагогічної стратегії PS_{\pm} , для якої алгоритми (11)–(12) являють собою систему із зникаючим у часі ймовірносним зворотним зв’язком [15].

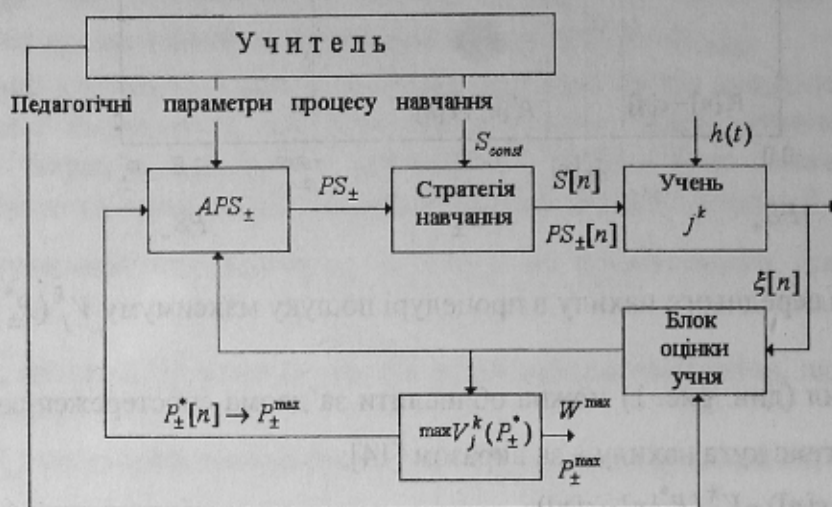


Рис 2. Структурна схема оцінки ефективності змішаної педагогічної стратегії PS_{\pm}

3) оптимальну педагогічну стратегію PS_{Opt} для учня j^k знайдемо через значення $W(PS_0)$ і W^{\max} з виразу:

$$PS_{\text{Opt}} = PS_0 \text{ при } \max\{W^{\max}, W(PS_0)\} = W(PS_0) \quad (13)$$

$$\text{або } PS_{\text{Opt}} = PS_{\pm} \text{ в іншому разі.} \quad (14)$$

Таким чином, вибір оптимальної педагогічної стратегії PS_{Opt} для учня j^k зводиться до вибору між двома стратегіями: об’єктивною педагогічною стратегією PS_0 і змішаною педагогічною стратегією PS_{\pm} – на основі оцінок цих стратегій, отриманих за допомогою алгоритмів (4), (11)–(14). Особливістю алгоритмів (11)–(12) є необхідність вимірювати показник якості навчання (1) в точках $P_{\pm}^*[n] - c[n]$, $P_{\pm}^*[n]$ і $P_{\pm}^*[n] + c[n]$. Їх можна розглядати як пошукову систему з імовірнісним зворотним зв’язком, зникаючим у часі (див. рис. 2 і [15]).

Методика і результати чисельного дослідження алгоритмів керування педагогічними стратегіями

Методика досліджень розроблених алгоритмів керування (вибору) педагогічними стратегіями включає такі основні етапи: 1) генерування залежностей (3) і (5) з урахуванням

адитивного шуму $h(t)$, що задовольняє умови (2); 2) чисельне моделювання алгоритмів (4), (12), (13) і (14) для педагогічних стратегій PS_0 і PS_{\pm} , включаючи такі основні значення P_{\pm}^* , при яких досягається максимум критерію (6): 0,05, 0,20, 0,50, 0,80 і 0,95; 3) побудова графіків залежностей $W(PS_0[n])$, $P_{\pm}^*[n]$, $W^{\max}[n]$, $\gamma_{\pm}[n]$ і $c[n]$; 4) визначення часу адаптації (навчання) t_a^{PS} алгоритмів (4), (12) і (13), а також точності оцінки досліджуваних параметрів через надійні інтервали; 5) порівняння заданих величин P_{\pm}^{\max} (0,05, 0,20, 0,50, 0,80 і 0,95), W^{\max} і $W(PS_0)$ з їх оцінками, отриманими за допомогою алгоритмів (4), (12) і (13), та виявлення можливості здійснення пошукових алгоритмів для змішаної педагогічної стратегії PS_{\pm} .

Час навчання (адаптації) визначатимемо за моментом перетину $W(PS_0[n])$ і $W^{\max}[n]$ 5 % ліній від сталих значень:

$$W(PS_0[n]) \leq (1 \pm 0,05)\bar{W}(PS_0[n]);$$

$$W^{\max}[n] \leq (1 \pm 0,05)\bar{W}^{\max}[n], \tag{16}$$

де $\bar{W}(PS_0[n])$ і $\bar{W}^{\max}[n]$ – сталі значення оцінок $W(PS_0[n])$ і $W^{\max}[n]$.

Основні результати досліджень подано в табл. 1 і 2, а на рис. 3 показано типові перехідні процеси в досліджуваних алгоритмах.

Таблиця 1

Результати чисельного дослідження алгоритмів оцінки об'єктивної педагогічної стратегії PS_0 ($\sigma(h(t)) = 0,2$)

Параметри	Значення
1. Задане значення $W(PS_0)$	3,0
2. Отримане значення $\bar{W}(PS_0[n])$	2,98
3. Надійні інтервали для $W(PS_0)$	2,96–3,01
4. Час адаптації (навчання) t_a^{PS}	12

Таблиця 2

Результати чисельного дослідження алгоритмів оцінки змішаної педагогічної стратегії PS_{\pm} ($\sigma(h(t)) = 0,2$)

Параметри	Значення				
	Задане значення P_{\pm}^{\max}				
	0,05	0,20	0,50	0,80	0,95
1. Задане значення W^{\max}	4,0				
2. Отримане значення $\bar{W}^{\max}[n]$	3,98	3,97	3,96	3,97	3,97
3. Надійні інтервали для W^{\max}	3,96–4,01				
4. Отримане значення \bar{P}_{\pm}^{\max}	0,056	0,209	0,504	0,795	0,966
5. Час адаптації (навчання) t_a^{PS}	16	10	9	17	28

З результатів чисельного дослідження алгоритмів керування педагогічними стратегіями, поданих у табл. 1 і 2 (див. рис. 3), випливає, що алгоритми (4), (12) і (13) дають незсунуті оцінки $W(PS_0)$ і W^{\max} , які збігаються з їх заданими (еталонними) значеннями. Зміни величини $P_{\pm}^*[n]$ наближаються також до заданих (еталонних) значень P_{\pm}^{\max} (див. табл. 2), при цьому відносна похибка складає від 0,6 % (для $P_{\pm}^{\max} = 0,80$) до 10 % (для $P_{\pm}^{\max} = 0,05$), що є прийнятним при їх практичному використанні.

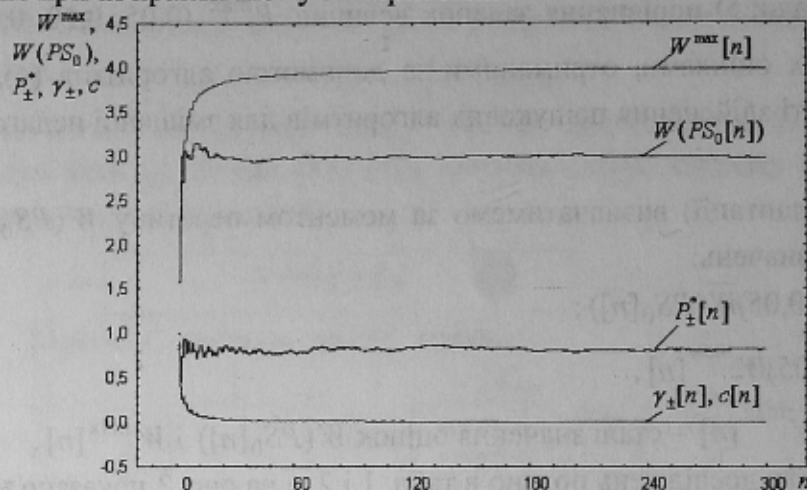


Рис. 3. Перехідні процеси в алгоритмах керування педагогічними стратегіями PS_0 і PS_{\pm} ($W(PS_0) = 3,0$; $W^{\max} = 4,0$; $P_{\pm}^{\max} = 0,8$)

Час навчання (адаптації) t_a^{PS} залежно від заданого (еталонного) значення P_{\pm}^{\max} становить від 9 до 28 кроків, що також є прийнятним при практичному використанні алгоритмів (4), (12) і (13).

Таким чином, на основі чисельного моделювання алгоритмів керування педагогічними стратегіями встановлено збіжність досліджуваних параметрів $W(PS_0[n])$, $W^{\max}[n]$ і $P_{\pm}^*[n]$ до заданих (еталонних) значень з достатньою точністю і прийнятним часом навчання (адаптації). Це дозволить будувати на їх основі автоматизовані педагогічні навчальні системи, здатні здійснювати керування й вибір "оптимальних" педагогічних стратегій, а отже, підвищувати якість навчання.

Для перевірки працездатності та оцінки ефективності розроблених алгоритмів у конкретних прикладних програмах розглянемо розробку програмно-методичного комплексу для вивчення правових аспектів використання інформаційних технологій, онлайн-система тестування в якому реалізована на основі мови HTML, мови PHP і сервера баз даних MySQL [16]. Система призначена для роботи в мережі Internet або в локальній мережі. Програмно-методичний комплекс складається з трьох розділів, які висвітлюють законодавчі, педагогічні та релігійні аспекти використання інформаційних технологій. Він дозволяє здійснювати дистанційне навчання, задавати параметри педагогічних впливів, оцінювати знання учнів, а також планувати й прогнозувати правову освіту учнів у сфері комп'ютерних злочинів.

Педагогічні стратегії PS редагуються на окремій сторінці і включають завдання таких параметрів:

- шкали оцінювання (може бути будь-якою довільною, можливий вибір найбільш поширених 4- PS^{4e} і 12-бальної систем PS^{12e});
- імовірності результату;

- стратегії оцінювання (із заохоченням PS_+ ; з покаранням PS_- ; змішаної PS_{\pm} ; об'єктивної PS_0);

- порогових значень для оцінок;

- початкових значень для апіорних імовірностей.

Педагогічну стратегію можна задавати для конкретного учня, для групи та підгрупи (класу, рівня). Пріоритет при виборі педагогічної стратегії має стратегія для учня. Якщо її не задано, то перевіряється стратегія для підгрупи (класу, рівня), а потім стратегія для групи. За замовчуванням використовується 12-бальна шкала оцінювання та об'єктивна педагогічна стратегія PS_0^{12e} .

Дослідження програмно-методичного комплексу проводилися з учнями багатoproфільної гімназії м. Лисичанська (Луганська обл.) і з учнями спеціалізованої фізико-математичної СШ № 1 м. Луганська в умовах реальної мережі Internet. Результати досліджень показали працездатність розробленої системи в умовах реальної мережі, високу ефективність у керуванні процесом навчання старшокласників, що було відзначено вчителями інформатики, котрі працювали із системою.

Серед розглянутих даною роботою завдань досліджень ряд питань виявився невіршеним. Це зумовлено складністю розв'язуваних завдань, а також тим, що великою мірою вони самі стали результатом цієї роботи.

Тому природним є вирішення цих питань у подальших дослідженнях, що доцільно провадити в таких основних напрямках: розробка математичних моделей учнів як об'єктів педагогічних впливів і побудова на їх основі алгоритмів керування, здатних урахувати як індивідуальні особливості учнів, так і їх зміни в процесі навчання.

Основні висновки

1. Розглянуто задачу керування педагогічними стратегіями в навчальних системах; показано, що як напрям теорії керування доцільно використовувати методи теорії дуального керування, послабивши декілька найсильніших, але найменш важливих обмежень (оптимальність перехідного процесу; об'єкт керування (учень) вважається безінерційним тощо), а невідомі індивідуальні параметри учнів можуть бути враховані в процесі навчання (усувна невизначеність).

2. Розроблено критерій якості навчання, який характеризує дію педагогічних стратегій на учня, базований на урахуванні оцінки, що виставляється учневі, її ймовірності та часу навчання. Сформульовано задачу керування педагогічними стратегіями, розв'язання якої складається з таких етапів: визначаються оцінки критерію якості навчання на фоні завад для об'єктивної PS_0 і змішаної PS_{\pm} педагогічних стратегій; оптимальна педагогічна стратегія PS_{Opt} визначається як стратегія, що має максимальну оцінку критерію.

3. Розроблено методику дослідження алгоритмів керування педагогічними стратегіями, що включає такі етапи: чисельне моделювання алгоритмів педагогічних стратегій і керування з урахуванням адитивного шуму $h(t)$ в каналі вимірювання; побудову графіків залежностей досліджуваних величин; визначення часу навчання (адаптації) й точності оцінки досліджуваних параметрів.

4. Чисельним дослідженням алгоритмів керування педагогічними стратегіями встановлено, що вони дають незсунуті оцінки критерію якості навчання, які збігаються з їх заданими (еталонними) значеннями, відносна помилка складає від 0,6 % до 10 %, а час навчання (адаптації) t_r^{PS} змінюється від 9 до 28 кроків, що є цілком прийнятним при практичному використанні розроблених алгоритмів.

5. Розроблено програмно-методичний комплекс, який ґрунтується на принципах дистанційного навчання і реалізує алгоритми оцінки знань та педагогічних стратегій, присвячений питанням виховання правової культури учнів з метою запобігання комп'ютерним злочинам. Експериментальні дослідження розроблених алгоритмів показали їх працездатність в умовах реального навчального процесу.

6. Показано, що потрібна розробка математичних моделей учнів, які враховують педагогічні впливи, що дозволить будувати на їх основі більш ефективні навчальні системи.

Література

1. Амонашвили Ш.А. Воспитательная и образовательная функции оценки учения школьников: Экспериментально-педагогическое исследование. – М.: Педагогика, 1984.
2. Селезнев Н.В. Роль педагогической оценки // Советская педагогика. – 1986. – № 10. – С. 52–55.
3. Шишкин В.П. Интегральная оценка как средство стимулирования познавательной деятельности студента // Интенсификация учебного процесса на основе развития индивидуального творческого мышления: Сб. докл. всесоюз. конф. – Иваново, 1990. – С. 64–66.
4. Власенко А.И. Перспективная оценка и её стимулирующее значение // Советская педагогика. – 1973. – № 3. – С. 22–29.
5. Бочарнікова В.М. Стимулююча функція контролю знань, умінь і навичок студентів вищої школи: Дис... канд. пед. наук. – Черкаси, 1999.
6. Бойкова В.А. Модели и методы создания информационных технологий обучения: Дисс... канд. техн. наук. – Киев, 2001.
7. Меняйленко О.С. Про один підхід до класифікації педагогічних впливів в адаптивних навчальних системах // Информационные технологии в учебном процессе: Четвертый междунар. науч.-метод. семинар (25–28 июня 2003 г., г. Одесса). – Одесса, 2003. – С. 55–57.
8. Меняйленко О.С. Формалізація і класифікація базових педагогічних впливів у навчальних системах // Ціннісні пріоритети освіти у ХХІ столітті: Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (11–13 листопада 2003 р., м. Луганськ). Ч. 4. – Луганськ: Альма-матер, 2003. – С. 90–97.
9. Меняйленко О.С. Розробка і дослідження алгоритмів базових педагогічних стратегій для адаптивних навчальних систем // Вісник Східноукраїнського національного ун-ту ім. Володимира Даля. – 2003. – № 9(67).
10. Фельдбаум А.А. Теория дуального управления // Автоматика и телемеханика. – 1960. – № 9. – С. 1240–1249.
11. Фельдбаум А.А. Об одном классе самообучающихся систем с дуальным управлением // Автоматика и телемеханика. – 1964. – № 4. – С. 433–444.
12. Фельдбаум А.А. Основы теории оптимальных автоматических систем. – М.: Наука, 1966. – 624 с.
13. Цыпкин Я.З. Основы обучающихся систем. – М.: Наука, 1970. – 252 с.
14. Саридис Дж. Самоорганизующиеся стохастические системы управления. – М.: Наука, 1980. – 400 с.
15. А. с. 1257607 СССР, МКИ4 G05B 11/00. Адаптивная система управления / А.С.Меняйленко (СССР). – № 3811811/24-24; Заявл. 12.11.86. Опубл. 15.09.86. – Бюл. № 34.
16. Меняйленко О.С., Чужба В.А. Розробка та дослідження програмно-методичного комплексу вивчення правових аспектів використання інформаційних технологій // Вісник Луганського державного педагогічного ун-ту ім. Тараса Шевченка. Педагогічні науки. – № 11(55). – 2002. – С. 104–111.