



ПРОГРАМНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ EDUCATION INTELLIGENCE ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КРЕАТИВНОГО НАВЧАННЯ

Гришачов В. Ф.¹⁾, Замятін Д.С.²⁾, Кебкало О.С.²⁾, Михайлюк А. Ю.¹⁾,
Огнівчук Л.М.¹⁾, Тарасенко В.П.²⁾

¹⁾ Київський університет імені Бориса Грінченка,
вул. Тимошенко, 13-Б, Київ, 04212, Україна

e-mail: victorfedorovichg@gmail.com, may-62@ukr.net, bigun_lm@ukr.net

²⁾ Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”,
вул. Політехнічна, 14-а, м. Київ-56, 03056, Україна
e-mail: dsz@ukr.net, kebka@mail.ru, vtarasen@scs.ntu-kpi.kiev.ua

Резюме: В статті розроблено математичну модель процесу навчання в ході самостійної інформаційно-навчальної роботи учня. Запропоновано спосіб побудови та оптимізації індивідуальних освітніх траєкторій. Проаналізовано вплив застосування спеціалізованих інформаційно-аналітичних систем на показники якості навчального процесу. Введено поняття класу систем Education Intelligence і показано, що використання їх в освітньому процесі є потужним засобом інтенсифікації навчальної діяльності.

Ключові слова: інфологічна та когнітивна моделі самостійної навчальної роботи, індивідуальні освітні траєкторії, оптимізація навчального процесу, когнітивний простір, когнітивний ресурс, системи Education Intelligence.

EDUCATION INTELLIGENCE SOFTWARE AS A TOOL OF INCREASING THE EFFECTIVENESS OF CREATIVE LEARNING

Victor Hryshachov¹⁾, Denys Zamyatin²⁾, Olexy Kebkalo²⁾, Anton Mykhailiuk¹⁾,
Lesya Ohnivchuk¹⁾, Volodymyr Tarasenko²⁾

¹⁾ Boris Grinchenko Kyiv University,

13-b, Tymoshenko st., Kyiv 04212, Ukraine

e-mail: victorfedorovichg@gmail.com, may-62@ukr.net, bigun_lm@ukr.net

²⁾ National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”,

14-a, Polytechnichna st., Kyiv-56, 03056, Ukraine

e-mail: dsz@ukr.net, kebka@mail.ru, vtarasen@scs.ntu-kpi.kiev.ua

Abstract: A mathematical model of learning in the way of self information-educational activity of a student is developed in his article. A method for constructing and optimizing of individual educational trajectories is proposed. The impact of the use of specialized information and analytical systems on quality scores of the learning process is analyzed. This paper introduces the concept of Education Intelligence systems and shows that their use in an education process is a powerful tool of the intensification of the training activities.

Keywords: infological and cognitive models of selftraining, individual educational trajectory, optimization of educational process, cognitive space, cognitive resource, Education Intelligence system.

ВСТУП

Інформаційне суспільство висуває перед системою освіти цілу низку особливих завдань. Так, насамперед, в нових умовах освіта зосереджується на організації навчального процесу, орієнтованого на формування готовності майбутнього фахівця до “навчання впродовж усього життя”, до постійного самовдосконалення як на особистісному, так і на професійному рівнях, до розвитку творчих здібностей та пошукової діяльності, як результату освіти в діяльнісному вимірі. Передусім це забезпечується за рахунок побудови ефективної самостійної навчальної роботи учнів, як домінуючої серед інших видів

навчальної діяльності [1-4]. Самостійна навчальна діяльність учнів (тут і далі вживатимемо термін “учень” в узагальненому розумінні: власне учень, студент, слухач, курсант тощо) відбувається в процесі розв’язання навчально-творчих завдань – тобто таких, які потребують самостійного пошуку і аналізу необхідних знань, допускають альтернативні нестандартні рішення, ініціюють прояв винахідливості, гнучкості мислення, уміння брати на себе відповідальність за прийняте рішення [5]. На рис. 1 наведено інфологічну модель самостійної навчальної роботи в контексті сучасної компетентісно-орієнтованої парадигми освіти [6].

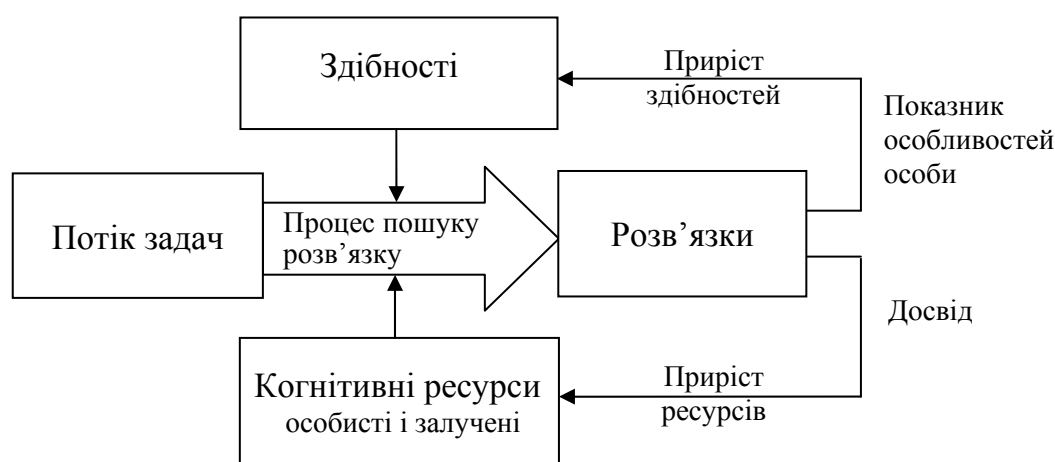


Рис. 1 – Інфологічна модель навчання в ході самостійної навчальної роботи

Тут результат навчання досягається за рахунок формування ряду ключових компетенцій [7], що в свою чергу відбувається за умови розвитку здібностей (“індивідуальних психічних властивостей, які обумовлюють успішність виконання певних видів діяльності і не зводяться до знань і вмінь, але визначають легкість їх набуття” [8]) та за умови формування особистого когнітивного ресурсу, що розглядається у сукупності знань, вмінь і навичок учня [6]. В той же час основним чинником впливу на процес навчання і забезпечення високої його ефективності є приведення у взаємну відповідність послідовності творчих навчальних завдань та цілей навчання, поточного рівня компетентності учня, його індивідуальних когнітопсихологічних особливостей і, нарешті, всіх складових освітньої інфраструктури [9]. Очевидно, зважене використання цього факту в сучасних умовах дозволить реально індивідуалізувати навчальний процес, оптимізувати його компетентісні, часові, вартісні та інші параметри.

Метою даної статті є дослідження

можливостей по підвищенню ефективності сучасного навчального процесу за рахунок використання спеціалізованого, орієнтованого на застосування в освітній галузі, інформаційно-аналітичного комп’ютерного інструментарію, спрямованого на інформаційну підтримку самостійної роботи учня.

Для досягнення даної мети має бути:

розроблено математичну модель процесу індивідуалізованої самостійної навчальної роботи учня;

на основі вказаної моделі досліджено вплив використання комп’ютерних інформаційно-аналітичних систем на показники якості навчального процесу.

1. ПРОСТОРОВА КОГНІТИВНА МОДЕЛЬ ІНДИВІДУАЛІЗОВАНОЇ САМОСТІЙНОЇ НАВЧАЛЬНОЇ РОБОТИ УЧНЯ

Для детального відображення процесу формування в учня предметних компетенцій у ході самостійної роботи, пропонується оригінальна модель самостійного навчального

процесу (рис. 2), що ґрунтується на просторовому підході [9, 10].

Навчання в моделі подається як нарощення трьох основних складових предметних компетенцій: знань, вмінь та навичок (ЗВН). Ці три компоненти утворюють так званий когнітивний простір (K -простір), який може відповідати певній дисципліні, розділу дисципліни, окремій темі тощо. У даній статті розглядатимемо випадок, коли K -простір відповідає розділу деякої дисципліни. Точки K -простору мають координати, значення яких відповідають певному рівню ЗВН, що вивчаються у даному розділі. Рівні ЗВН визначаються відповідною кількістю їх елементів. Кожен елемент – це найменша неподільна структурна одиниця знань, вмінь або навичок. Кожна поділка на осях координат на рис. 2 відтворює один відповідний елемент знань, вмінь або навичок. Принагідно слід відзначити, що кількість вимірів когнітивного простору, в принципі, не обмежена. В основу K -простору можна покласти будь-яку таксономію навчальних цілей. Однак, у даній статті обмежимося врахуванням традиційної тріади навчальних цілей.

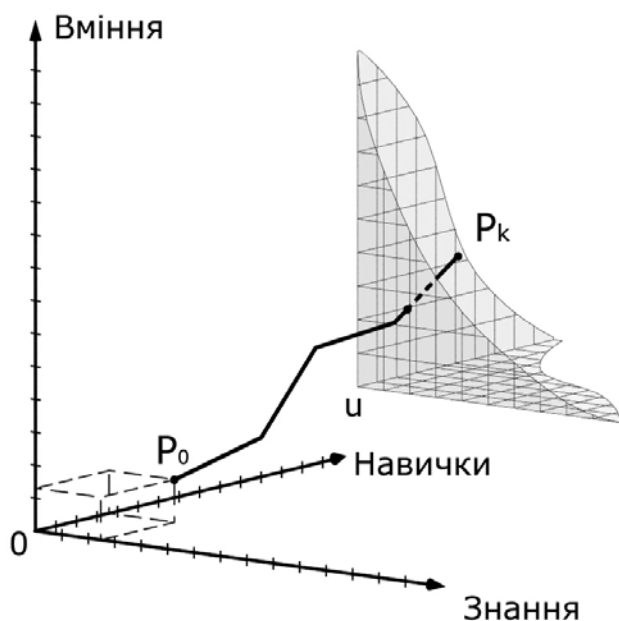


Рис. 2 – Просторова когнітивна модель самостійної навчальної роботи

Поточному рівню ЗВН будь-якого учня відповідає певна точка в когнітивному просторі (K -точка). Нехай для деякого учня це точка P_0 (рис. 2), яка має координати $P_0(p_{01}, p_{02}, p_{03})$, де p_{01} – рівень знань матеріалу відповідного

розділу дисципліни, p_{02} – рівень вмінь використання матеріалів розділу, p_{03} – рівень навичок застосування матеріалів розділу. Всі p_{0i} , $1 \leq i \leq 3$ визначаються кількістю елементів ЗВН, які отримав учень в процесі навчання до поточного моменту.

Точка початку координат та K -точка визначають прямокутний паралелепіпед, який назвемо областю пройденого навчання R . Очевидно, ця область відповідає особистому когнітивному ресурсу (K -ресурсу) учня. Область включає точки з рівнями ЗВН, нижчим, ніж поточний рівень учня. Якщо деяка точка $x(x_1, x_2, x_3)$ відповідає певному сегменту розділу, та $\forall i: 1 \leq i \leq 3 \quad x_i \leq p_i$, то даний матеріал вважається вже засвоєним учнем. У цьому випадку говоримо, що $x \in R$.

Вивчення розділу навчальної дисципліни будемо асоціювати з розв'язанням відповідного класу навчальних завдань, в результаті чого відбувається модифікація особистого K -ресурсу учня, тобто збільшення рівня знань, вмінь та навичок, та, відповідно, збільшення області R . Так, наприклад, виконання завдання "Розв'язати тригонометричну нерівність: $\sin x + \sqrt{3} \cos x > 0$ забезпечує [11]:

- формування знань про тригонометричні нерівності та способу їх розв'язування шляхом зведення до розв'язування найпростіших нерівностей (2 елементи знань);
- формування вміння розв'язувати найпростіші тригонометричні нерівності (1 елемент вмінь);
- формування навичок перетворення тригонометричних виразів (1 елемент навичок).

Ефект навчання досягається наступним чином (рис. 3) [6]. Будь-яке поточне навчальне завдання може бути виконане за рахунок наявності в учня особистого K -ресурсу (в нашому випадку – ЗВН), котрий застосовується у відповідності до здібностей, які в даному випадку виконують роль технологій застосування ресурсу. Якщо особистий K -ресурс учня на поточний момент є достатнім для виконання поточного завдання, то це завдання виконується, але навчання при цьому практично не відбувається. У разі, якщо особистий K -ресурс не забезпечує учневі можливості виконання поточного завдання, учень вимушений вдатися до залучення додаткових ресурсів, тобто джерел навчальної та довідкової інформації, роль яких традиційно виконує відповідна література, консультації

тощо. Отримані таким чином відомості щодо підходів та методик виконання відповідного класу завдань, необхідний фактаж, рекомендації тощо сприймаються учнем і належним чином трансформуючись у індивідуальну систему понять долучаються до його індивідуального когнітивного ресурсу, забезпечуючи власне ефект навчання. Слід відзначити, що отримання необхідних ЗВН за допомогою додаткових ресурсів пов'язано з інтенсивною аналітичною

розумовою діяльністю і тому, крім нарощення особистого K -ресурсу, забезпечує розвиток здібностей [6, 12]. Однак, згідно домовленості (див. вище) та з врахуванням того факту, що швидкість нарощення здібностей учня як правило значно нижча від швидкості збільшення особистого K -ресурсу [9], основну увагу зосередимо на набутті учнем в ході самостійної навчальної роботи в першу чергу ЗВН.

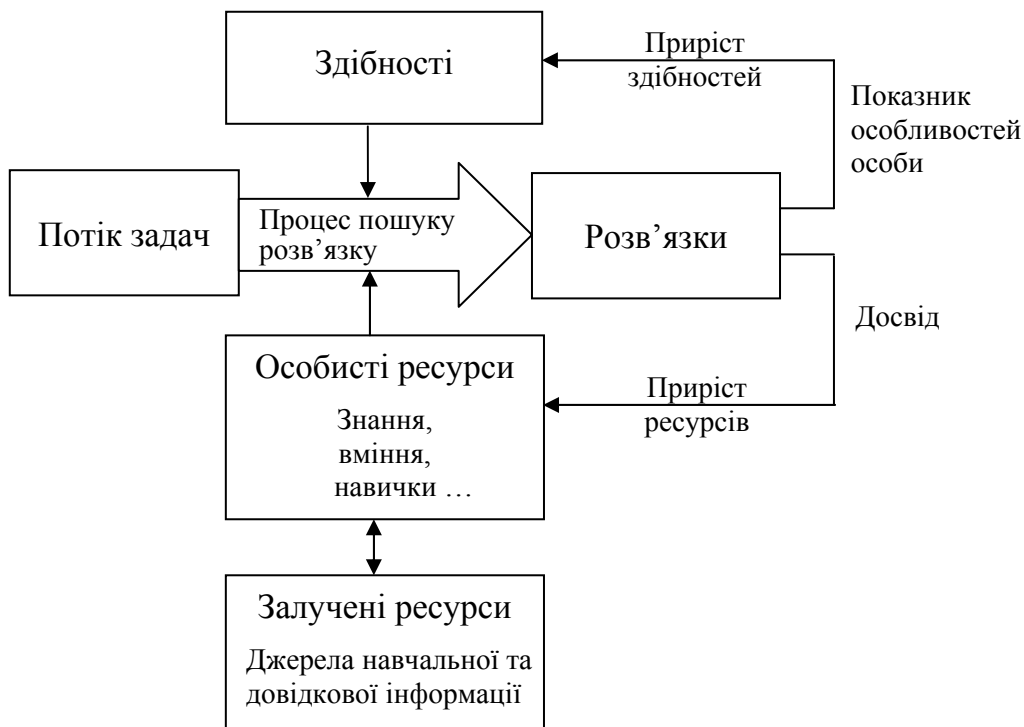


Рис. 3 – Інфологічна модель навчання в ході самостійної роботи із залученням додаткових інформаційних ресурсів

Таким чином, інфологічна модель навчання через залучення додаткових когнітивних ресурсів (рис. 3) повністю вкладається в концепцію т.з. трисуб'єктної дидактики, згідно якої освітнє інформаційне середовище розглядається як рівноправний суб'єкт навчального процесу поряд із учнем та вчителем [13]. Враховуючи, що на сьогоднішній день основним джерелом актуальної і достовірної інформації довільної тематики стає електронний інформаційний простір (об'єднані глобальною комп'ютерною мережею WEB-ресурс, файловий ресурс, бази і сховища даних та інші інформаційні системи), незаперечним стає той факт, що найбільш природним освітнім середовищем в умовах інформаційного суспільства є глобальний інформаційний простір [14]. Забезпечення учневі доступу до глобального інформаційного простору засобами всевітніх комп'ютерних мереж дозволяє реалізувати сучасну парадигму навчання, згідно

якої учень стає провідним, найбільш активним учасником навчального процесу, вчитель при цьому, володіючи дослідницьким креативно-прогностичним підходом до викладання, виступає навігатором у навчальному процесі, конструє індивідуальні освітні траєкторії. Навчальний процес стає креативним, учнецентричним, справді індивідуалізованим [15].

2. ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ОСВІТНІХ ТРАЄКТОРІЙ НА ОСНОВІ ПРОСТОРОВОЇ КОГНІТИВНОЇ МОДЕЛІ НАВЧАННЯ

Нехай учень, поточний рівень предметних компетенцій якого відповідає K -точці $P_0(p_{01}, p_{02}, p_{03})$, виконує завдання z_1 . В процесі його виконання учень досягає певного

рівня знань, вмінь та навичок $z_I(z_{I1}, z_{I2}, z_{I3})$. Рівень його предметних компетенцій при цьому може змінитись та буде відповідати точці p_I :

$$p_{Ii} = \max(p_{0i}, z_{Ii}), \quad 1 \leq i \leq 3 \quad (1)$$

Очевидно, що, для того щоб точка $p_I \neq p_0$ необхідно, щоб хоча б одна координата z_I була більшою, ніж відповідна координата p_0 , тобто $\exists 1 \leq i \leq 3: z_{Ii} > p_{0i}$. Процес виконання деякого завдання ілюструє рис. 4.

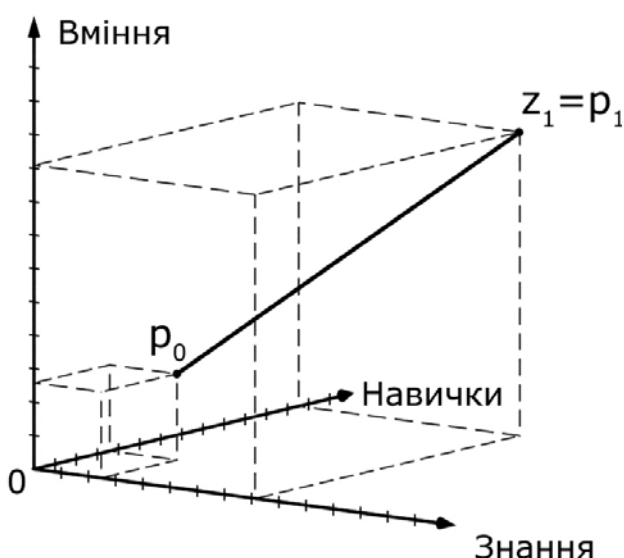


Рис. 4 – Просторова когнітивна модель самостійної навчальної роботи. Нарощення когнітивного ресурсу в результаті виконання навчального завдання

В іншому випадку, тобто коли $\forall 1 \leq i \leq 3, z_{Ii} \leq p_{0i}$, точка z_I належить до області пройденого навчання $z_I \in R$, і виконання завдання z_I практично жодним чином не вплине на особистий когнітивний ресурс учня. На рис. 5 показано такий випадок, коли $p_I = p_0$.

Таким чином, поступальний процес навчання в ході самостійної роботи здійснюється через послідовне виконання творчих навчальних завдань, яке забезпечує відповідне поетапне нарощення особистого K -ресурсу, що призводить до переміщення K -точки у K -просторі

$$p_0 \rightarrow p_1 \rightarrow p_2 \rightarrow \dots \rightarrow p_k \quad (2)$$

Метою навчання є досягнення цільової області U , яка визначається деякою пороговою точкою u (рис. 2). Точка $u(u_1, u_2, u_3)$ відповідає мінімальним значенням ЗВН, при наявності яких матеріал розділу вважається успішно засвоєним.

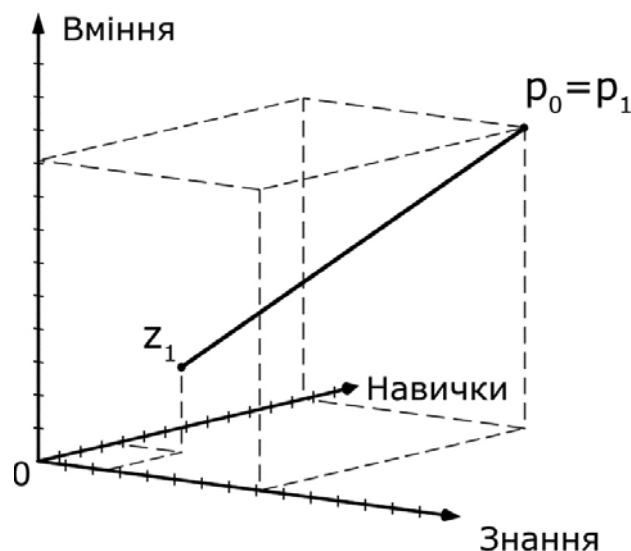


Рис. 5 – Просторова когнітивна модель самостійної навчальної роботи. Відсутність приросту когнітивного ресурсу в результаті виконання невірно вибраного навчального завдання

Точка $x(x_1, x_2, x_3)$ належатиме цільовій області $x \in U$ тоді, коли $\forall 1 \leq i \leq 3 x_i \geq u_i$.

Відповідно, умовою успішного засвоєння учнем певного розділу є $p_k \in U$. Таким чином, на кожному етапі навчання учитель (тут і далі вживатимемо термін "учитель" в узагальненому розумінні: власне учитель, викладач, тренер, наставник тощо) може обирати завдання, яке слід дати учневі, формуючи таким чином таку послідовність завдань, котра має забезпечити нарощення предметних компетенцій учня від початкового рівня до такого, що належить цільовій області.

Вочевидь, при аналізі динаміки навчання виникає задача формального порівняння особистих K -ресурсів. Введемо процедуру порівняння ресурсів, які характеризуються точками $x(x_1, x_2, x_3)$ та $y(y_1, y_2, y_3)$ K -простору. Будемо вважати, що

$$\begin{aligned}
 x < y, \text{ якщо } & \begin{cases} x_1 < y_1 \\ x_2 < y_2 ; \\ x_3 < y_3 \end{cases} \\
 x \leq y, \text{ якщо } & \begin{cases} x_1 \leq y_1 \\ x_2 \leq y_2 ; \\ x_3 \leq y_3 \end{cases} \\
 x > y, \text{ якщо } & \begin{cases} x_1 > y_1 \\ x_2 > y_2 ; \\ x_3 > y_3 \end{cases} \\
 x \geq y, \text{ якщо } & \begin{cases} x_1 \geq y_1 \\ x_2 \geq y_2 . \\ x_3 \geq y_3 \end{cases}
 \end{aligned}$$

Нехай завдання, які пропонуються учневі, вибираються з деякого банку завдань. Нехай m – загальна кількість завдань в банку завдань. Кожне завдання $z_j, 1 \leq j \leq m$ характеризується відповідною K -точкою $z_j(z_{j1}, z_{j2}, z_{j3})$. Координати цієї точки показують, який мінімальний набір ЗВН необхідний для виконання даного завдання. Враховуючи, що в ході самостійної роботи відбувається навчання, координати згаданої точки можна трактувати також як показник особистого K -ресурсу, який матиме учень, якщо виконає відповідне завдання. Таблиця 1 в загальному вигляді ілюструє узагальнену логічну структуру згаданого банку завдань.

Таблиця 1. Логічна організація банку навчальних завдань

| Завдання | Текст завдання | Компоненти особистого K -ресурсу | | | Правильна відповідь |
|----------|----------------|------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| | | Знання (z_{j1}) | Вміння (z_{j2}) | Навички (z_{j3}) | |
| z_1 | $text_{z_1}$ | z_{11} | z_{12} | z_{13} | $result_{z_1}$ |
| z_2 | $text_{z_2}$ | z_{21} | z_{22} | z_{23} | $result_{z_2}$ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| z_m | $text_{z_m}$ | z_{m1} | z_{m2} | z_{m3} | $result_{z_m}$ |

В залежності від початкового обсягу особистого когнітивного ресурсу учня, загальної стратегії навчання (матеріальним втіленням якої може служити навчальний план та інші нормативно-методичні документи), особистих уподобань та нахилів учня, якісних і кількісних характеристик банку навчальних завдань та ряду інших факторів як об'єктивного, так і суб'єктивного характеру, учитель може пропонувати учневі різну послідовність завдань. Черговість та час видачі кожного наступного завдання може (і має) узгоджуватись з поточним обсягом особистого когнітивного ресурсу учня. Для з'ясування рівня предметної компетентності учня періодично мають проводитись заходи

освітньо-вимірювального характеру. Таким чином в загальному випадку конструюються індивідуальні освітні траєкторії.

Введемо поняття послідовності навчання $\Pi(z_1, z_2, \dots, z_k)$, яка може бути застосована до точки p_0 та відповідно забезпечить перетворення (2). За допомогою послідовності навчання формується відповідна освітня траєкторія. Ця послідовність повинна мати наступні властивості:

$$\left. \begin{aligned} z_1 &\notin R, \\ \forall 1 < j \leq k \exists 1 \leq i \leq 3 : z_{ji} > z_{ri}, 1 \leq r < j, \\ z_k &\in U. \end{aligned} \right\} (3)$$

Таким чином кожне завдання з послідовності повинно забезпечувати певний приріст хоча б однієї з трьох складових особистого ресурсу. Тобто в послідовності Π кожен наступний елемент розширює область пройденого навчання, і не повинно бути таких навчальних завдань, які б на момент їх застосування входили в область пройденого навчання.

Очевидно, саме послідовності навчання виступають засобом реалізації індивідуальних освітніх траєкторій (рис. 6).

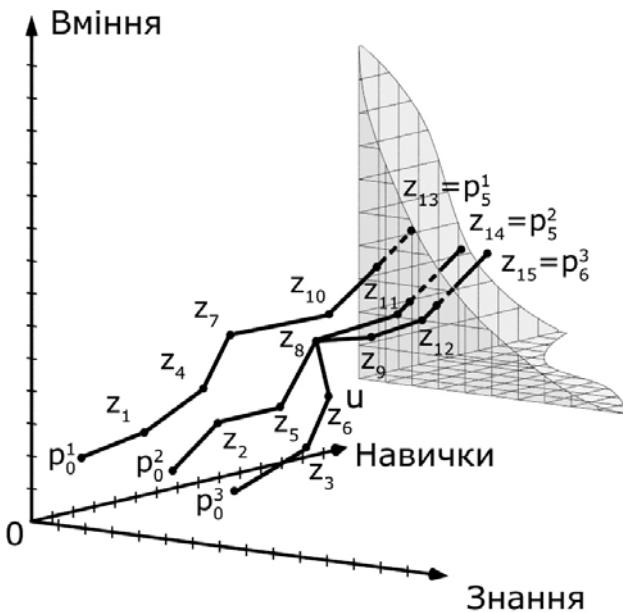


Рис. 6 – Просторова когнітивна модель самостійної навчальної роботи. Освітні траєкторії

Тут показані приклади освітніх траєкторій для трьох учнів, початковий рівень предметних компетенцій яких відповідає K -точкам p_0^1 , p_0^2 та p_0^3 K -простору. До першого учня, якому відповідає K -точка p_0^1 , застосовується послідовність навчання $\Pi_1(z_1, z_4, z_7, z_{10}, z_{13})$, котра призведе до переміщення $p_0^1 \rightarrow p_1^1 \rightarrow p_2^1 \rightarrow p_3^1 \rightarrow$

$\rightarrow p_4^1 \rightarrow p_5^1$. Точка z_{13} та, відповідно, p_5^1 , належать цільовій області, тому при її досягненні навчання можна завершити.

До другого учня (відповідає p_0^2) застосовується послідовність навчання $\Pi_2(z_2, z_5, z_8, z_{11}, z_{14})$, яка призведе до переміщення $p_0^2 \rightarrow p_1^2 \rightarrow p_2^2 \rightarrow p_3^2 \rightarrow \rightarrow p_4^2 \rightarrow p_5^2$. До третього учня (відповідає p_0^3) застосовується $\Pi_3(z_3, z_6, z_9, z_{12}, z_{15})$, що призведе до переміщення $p_0^3 \rightarrow p_1^3 \rightarrow p_2^3 \rightarrow p_3^3 \rightarrow p_4^3 \rightarrow p_5^3 \rightarrow p_6^3$. З рисунку видно, що кінцеві точки згаданих послідовностей навчання належать цільовій області.

Таким чином, рис. 6 ілюструє можливість створення індивідуалізації освітніх траєкторій для різних учнів. Ці траєкторії можуть бути однаковими, можуть мати деякі спільні ділянки, а можуть зовсім відрізнятись. При цьому слід відзначити, що аналіз траєкторій пересування учнів у когнітивному просторі часто дозволяє обґрунтовано приймати практичні рішення, дуже важливі з точки зору організації та методичного забезпечення навчального процесу. Так, наприклад, повний або частковий збіг освітніх траєкторій кількох учнів свідчить про можливість їх об'єднання відповідно в постійні або тимчасові групи.

Загально визнано, що при конструюванні індивідуальної освітньої траєкторії, а відтак і послідовності навчання для кожного учня, необхідно враховувати індивідуальні особливості останнього. Однак, на сьогодні індивідуалізація, здебільшого, забезпечується суто інтуїтивно, а часто – стихійно [16]. В той же час очевидно, що розробка чітких, формалізованих, і при цьому орієнтованих на конкретну практичну реалізацію підходів до індивідуалізації навчального процесу є необхідною умовою реалізації особистісної концепції освіти.

3. ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ НАВЧАННЯ НА ОСНОВІ ЙОГО ПРОСТОРОВОЇ КОГНІТИВНОЇ МОДЕЛІ

Розглянемо приклад побудови індивідуальної освітньої траєкторії в когнітивному просторі (рис. 7).

Початковий рівень предметних компетенцій відповідає точці p_0 . Нехай у вчителя є банк з 15 завдань z_1, z_2, \dots, z_{15} , причому кожна з них відповідає такому рівню когнітивного ресурсу, як це показано на рис. 7. Необхідно сформувати послідовність навчання, котра приведе учня в цільову область.

Оскільки жодне з завдань z_j не належить до області пройденого навчання, то почати послідовність навчання можна з будь-якого завдання. Нехай це буде завдання z_5 . Оскільки $z_5 > p_0$ (рис. 7), ступінь навчання учня після першого кроку навчання стане $p_1 = z_5$. Для другого кроку не можна обрати завдання, яке на поточний момент буде входити до області пройденого навчання R , що характеризується точкою p_1 , тому не можна обрати завдання

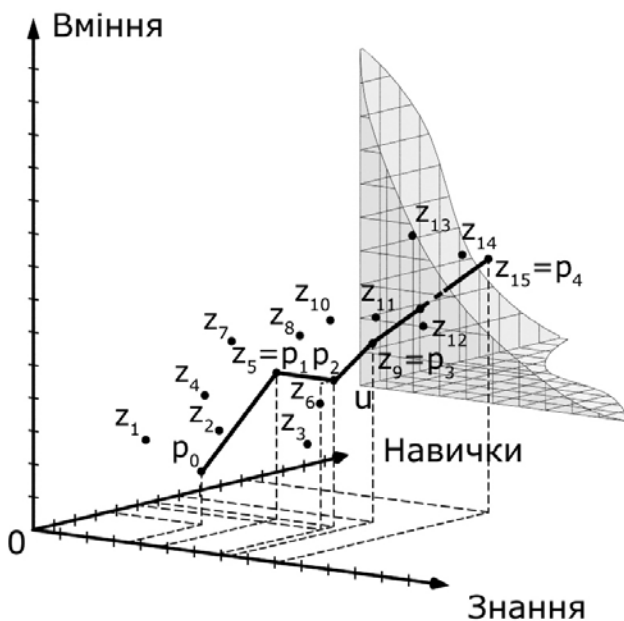


Рис. 7 – Просторова когнітивна модель самостійної навчальної роботи. Приклад побудови індивідуальної освітньої траєкторії

z_1, z_2 та z_3 , оскільки $z_1 < p_1$, $z_2 < p_1$ та $z_3 < p_1$ (див. рис. 7). Нехай для другого кроку обрано завдання z_6 . Слід звернути увагу (рис. 7), що $z_{61} > p_{11}$, але $z_{62} < p_{12}$ та $z_{63} < p_{13}$, тому при виконанні даного завдання збільшиться лише перша координата (що

відповідає елементу знання) рівня предметних компетенцій, і p_2 буде мати координати $p_2(z_{61}, p_{12}, p_{13})$.

Таким чином виконуються кроки формування послідовності навчання. На кожному наступному кроці стає все більше завдань, які, виходячи з (3), не можна додати в послідовність навчання. Формування послідовності навчання буде закінчено тоді, коли буде обрано завдання, котре забезпечує досягнення цільової області. Для прикладу, зображеного на рис. 7, може бути сформована послідовність навчання $\Pi(z_5, z_6, z_9, z_{15})$.

Очевидно, що в умовах наявності достатньо об'ємних банків завдань можливе формування великої кількості варіантів послідовностей навчання, причому ті чи інші послідовності можна обирати за різними критеріями: дидактичними, організаційними, економічними тощо. Однак слід визнати, для більшості груп критеріїв одним з найбільш відчутних і універсальних показників ефективності навчання сьогодні є його тривалість. Тому в даній статті, ілюструючи процедуру оптимізації освітніх траєкторій, сконцентруємо увагу на мінімізації часу досягнення учнем цільової області когнітивного простору. Для розв'язання задачі оптимізації індивідуальної освітньої траєкторії за часовим параметром проаналізуємо чинники, що визначають швидкість навчання учня в ході самостійної творчої роботи.

Вдавшись до деяких узагальнень швидкості навчання шляхом самостійного розв'язання навчальних завдань (в рамках когнітивної моделі це швидкість пересування K -точки в K -просторі, яку відповідно назовемо K -швидкістю) можна подати [6, 9] як

$$v = \frac{N}{F} \tag{4}$$

Тут N – т.з. інтелект-потужність (K -потужність) учня, яка характеризує інтенсивність його інтелектуальної діяльності по виконанню навчальних завдань; F – т.з. інтелект-сила учня (K -сила), яка вимірює здатність останнього до інтенсифікації відповідної інтелектуальної діяльності і визначається його здібностями. При цьому:

а) K -швидкість вимірюється у кількості елементів ЗВН за одиницю часу;

б) K -швидкість є функцією когнітивних ресурсів учня (в звичайних умовах – особистого когнітивного ресурсу, причому v монотонно зростає відносно p_{i1}, p_{i2} та p_{i3});

в) в процесі виконання поточного завдання K -швидкість не змінюється, та все завдання виконується зі сталою K -швидкістю, рівною тій, яка була на початку виконання даного завдання;

г) K -швидкість змінюється стрибкоподібно після виконання поточного завдання (і відповідного нарощення особистого когнітивного ресурсу), внаслідок чого наступні завдання будуть виконуватись вже з новою, вищою, K -швидкістю.

Адекватність вищенаведених тверджень загалом узгоджується з педагогічною практикою. Так, зокрема на підтвердження п.п. в) і г) можна стверджувати, що цільова область K -простору U , в принципі, може бути досягнута учнем за рахунок виконання одного єдиного завдання відповідної складності. Однак, загальновідомо [17], що швидше і ефективніше це можна зробити шляхом послідовного виконання кількох простіших завдань. Модель показує, що в першому випадку вся ділянка K -простору між початковою K -точкою навчання і цільовою областю долається зі сталою K -швидкістю $v(p_0)$ внаслідок того, що це переміщення забезпечується виконанням лише одного завдання. У другому випадку переміщення в K -просторі від початкової K -точки до цільової області також починається з K -швидкістю $v(p_0)$, але в процесі руху K -швидкість кілька разів збільшується після виконання учнем кожного чергового завдання. Більш детальне дослідження природи функції $v(p_j)$ може бути предметом досліджень у галузі когнітивістики, педагогіки та психології.

Скористаємося когнітивною моделлю для визначення часу розв'язання окремого завдання (позначимо його як t). Опираючись на просторове подання процесу навчання та на (4) можна записати

$$t = \frac{S}{v}, \quad (5)$$

де S – це відстань у когнітивному просторі (K -відстань), на яку переміщується K -точка учня в

результаті виконання останнім відповідного завдання. У нашому випадку в якості K -відстані будемо брати евклідову відстань між K -точками p_{j-1} та p_j , $1 \leq j \leq k$, k – кількість кроків навчання, яка дорівнює кількості завдань, що пропонуються учневі. p_{j-1} – точка, яка характеризує стан K -ресурсу учня до виконання відповідного завдання, p_j – після виконання цього завдання. Координати p_j розраховуються за формулою (1). K -відстань S буде визначатись за формулою

$$S(p_{j-1}, p_j) = \sqrt{(p_{j1} - p_{j-11})^2 + (p_{j2} - p_{j-12})^2 + (p_{j3} - p_{j-13})^2} \quad (6)$$

З (6) видно, що, у випадку, коли $p_{j-1} = p_j$ (тобто коли дається завдання з області пройденого навчання) $S = 0$, що вказує на беззмістовність виконання завдань, які не збільшують особистий K -ресурс учнів.

Таким чином час переходу від точки p_{j-1} до точки p_j K -простору за (5) буде

$$t(p_{j-1}, p_j) = \frac{S(p_{j-1}, p_j)}{v(p_{j-1})} \quad (7)$$

Підрахуємо сумарний час на навчання відповідному розділу відповідної дисципліни. Для цього розглянемо процес навчання учня, стану особистого K -ресурсу якого відповідає K -точка p_0 , та до якого застосовується послідовність навчання $\Pi(z_1, z_2, \dots, z_k)$.

Час на виконання одного завдання можна визначити за формулою (7). Тоді сумарний час на виконання всіх завдань з послідовності Π можна визначити як

$$T\Pi = \sum_{j=1}^k \frac{S(p_{j-1}, p_j)}{v(p_{j-1})} \quad (8)$$

Локальна задача визначення оптимальної (зокрема за критерієм тривалості навчання) послідовності навчання може бути предметом окремих досліджень. Однак можна запропонувати один з алгоритмів визначення оптимізованої послідовності навчання, викладений далі. Алгоритм оптимізації передбачає послідовне виконання наступних етапів.

1) Визначення всіх можливих послідовностей навчання Ω для початкової K -точки p_0 . Ця множина буде скінченною, оскільки множина завдань в банку навчальних завдань також реально є скінченною.

2) Визначення часу навчання T^Ω для кожної з послідовностей Ω .

3) Вибір однієї або кількох послідовностей навчання з мінімальним часом навчання.

Найбільш складним є перший крок – визначення множини можливих послідовностей навчання. Один з варіантів алгоритму визначення наведено на рис. 8, Z на алгоритмі – це банк завдань, поданий у вигляді масиву. Число елементів масиву дорівнює кількості завдань. Кожен елемент масиву має три компоненти, які відповідають координатам K -точок K -простору, досягнення яких забезпечується виконанням відповідного завдання. S_r , S_c та S_n – це масиви послідовностей навчання. Кожен елемент масиву відповідає одній послідовності навчання. Послідовність навчання, в свою чергу, є масивом, елементи якого мають три компоненти, такі ж, як і в масиві Z . S_c – послідовності навчання на поточному кроці роботи алгоритму. S_n – послідовності навчання, які формуються для наступного кроку. S_r – результуючі послідовності навчання, які приводять до цільової області. i та j – лічильники. R – область пройденого навчання для конкретної точки K -простору.

Робота алгоритму визначення можливих послідовностей навчання полягає в наступному (рис. 8).

1) Спочатку формуються всі можливі послідовності навчання, які включають одне завдання. Закінчені послідовності (тобто ті, які приводять до цільової області) заносяться до масиву S_r . Всі інші послідовності записуються в масив S_c .

2) Далі відбувається формування всіх послідовностей навчання, які складаються з двох завдань. Послідовності, які приводять до цільової області, знову записуються в масив S_r . Інші можливі послідовності записуються в масив S_n . Після того, як сформовані всі можливі послідовності з двох завдань, масив S_n стає поточним ($S_c = S_n$), а масив наступного кроку S_n стає порожнім.

3) Крок 2 виконується в циклі. Щоразу довжина послідовностей навчання, які формуються, збільшується на одиницю (тобто одне завдання). Процес продовжується доти, доки не будуть сформовані послідовності навчання максимально можливої довжини.

4) В кінці роботи алгоритму здійснюється виведення результату роботи – сформованого масиву послідовностей навчання S_r .

4. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНДИВІДУАЛІЗОВАНОЇ САМОСТІЙНОЇ НАВЧАЛЬНОЇ РОБОТИ УЧНЯ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМ EDUCATION INTELLIGENCE

Наявність математичного апарату, придатного для теоретичної попередньої оцінки тривалості навчання, саме по собі є важливим чинником його оптимізації. Однак, найбільший прагматичний інтерес становлять власне засоби практичного підвищення ефективності навчання. Щодо прискорення темпів навчання, то воно може здійснюватись різними шляхами: суто організаційними засобами, за рахунок застосування відповідних дидактичних та методичних підходів, а також шляхом впровадження спеціального комп'ютерного інструментарію. З огляду на спрямування статті розглянемо останній з наведених варіантів.

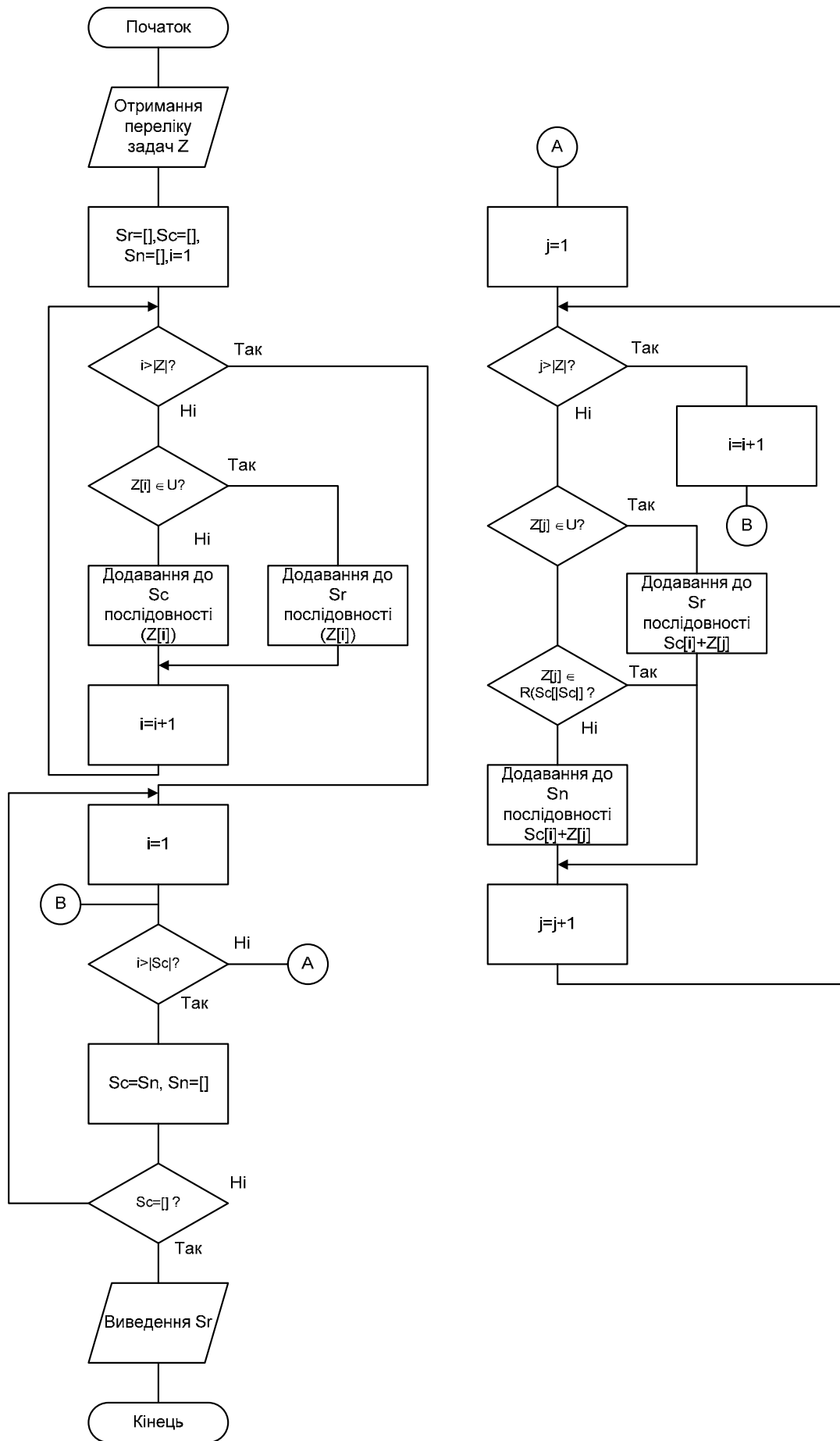


Рис. 8 – Алгоритм визначення множини можливих послідовностей навчання

Незважаючи на те, що освітньо-наукова діяльність в сьгоднішньому її варіанті вже є пріоритетно зорієнтованою на широкий спектр сучасних електронних джерел інформації, перш за все текстової [18], потенціал глобального електронного інформаційного простору, зокрема Internet, як основного джерела навчальної інформації реалізується далеко не повністю. Головною перешкодою виступає виражена логічна та змістовна безсистемність глобального електронного інформаційного ресурсу. Дійсно, діючи регламенти формування електронних інформаційних ресурсів, у тому числі науково-освітніх, дозволяють без відчутних перешкод оперативно розміщувати методичну літературу, електронні наукові видання, звіти про наукові роботи, супровідні документи тощо у відкритому варіанті доступу практично без попередньої обробки, такої як каталогізація та фіксація у бібліографічних покажчиках згідно хоча б скільки-небудь типізованих наборів фіксованих атрибутів тощо. Значна частина інформаційних

об'єктів існує у багаторазово реплікованому вигляді, часто з суттєвими спотвореннями. Серйозну проблему являє висока питома вага частково або цілком недостовірної інформації, причому, іноді внаслідок цілеспрямованих дій з боку деяких її надавачів. В результаті світовий електронний інформаційний ресурс, включаючи освітньо-науковий його сегмент, сьогодні являє собою неупорядковане і неузгоджене інформаційне середовище, ефективний доступ до об'єктів котрого, їх ефективний аналіз, узагальнення і трансформування у знання практично неможливий без спеціального комп'ютерного інструментарію [19]. Роль такого інструментарію належить сучасним інтелектуалізованим інформаційно-аналітичним системам (ІАС), причому, з огляду на пріоритетність текстового подання навчальної інформації, перш за все текстоорієнтованим ІАС [1]. Впровадження інформаційно-аналітичних систем суттєво модифікує технологію самостійної навчальної діяльності (рис. 9).

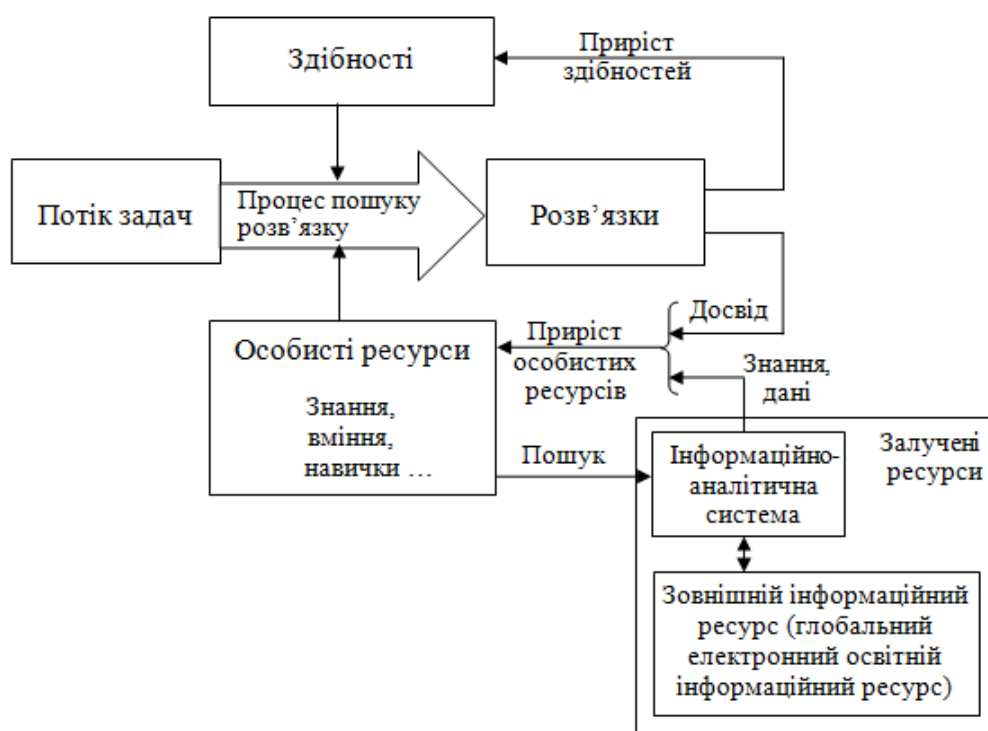


Рис. 9 – Інфологічна модель навчання в ході самостійної роботи із залученням спеціалізованих інформаційно-аналітичних систем

Ефект інтенсифікації навчання досягається завдяки автоматизації, найвідповідальнішої, а у часовому вимірі – чи не найвагомійшій компоненти процесу виконання будь-якого завдання творчого характеру, котрою є отримання, тобто пошук в широкому сенсі, необхідної інформації [20, 21]. Функціональність ІАС здатна прискорити отримання інформації за рахунок реалізації операцій власне пошуку даних

[22], класифікації [23-27], кластеризації [23, 28, 29], анування/реферування [23, 30], структурного аналізу текстових документів [31-33] тощо [1]. В проекції на просторову модель навчання, це призведе до збільшення швидкості виконання завдань (K -швидкості). В нових умовах K -швидкість буде дорівнювати

$$v'(p_j) = Q \cdot v(p_j),$$

де Q коефіцієнт ефективності використання інформаційно-аналітичної системи, $Q > 1$. Збільшення швидкості призведе до зменшення часу виконання завдання (за (6)). Тепер час виконання одного завдання буде

$$t' = \frac{S(p_{j-1}, p_j)}{v'(p_{j-1})} = \frac{S(p_{j-1}, p_j)}{Q \cdot v(p_{j-1})} = \frac{t}{Q},$$

звідки $t' < t$.

У відповідності з (7) зменшиться і сумарний час навчання

$$\begin{aligned} T', \text{Щ} &= \sum_{j=1}^k \frac{S(p_{j-1}, p_j)}{v'(p_{j-1})} = \\ &= \sum_{j=1}^k \frac{S(p_{j-1}, p_j)}{Q \cdot v(p_{j-1})} = \frac{T\text{Щ}}{Q} \Rightarrow T', \text{Щ} < T\text{Щ} \end{aligned} \quad (9)$$

З (9) видно, що застосування інформаційно-аналітичної системи, спрямованої на автоматизацію пошуку та аналітичної обробки учбової інформації, призведе до загального прискорення навчання.

Отже, використання текстоорієнтованих ІАС дозволяє піднести самостійну навчальну роботу на якісно новий рівень завдяки реалізації наступної функціональності [1]:

- реалізація повного спектру пошукових операцій (повнотекстовий, семантичний, асоціативний та інші види пошуку);
- реалізація функцій змістовного аналізу текстових даних – Data Mining та Knowledge Discovery in Databases (структурний аналіз, квазіреферування, кластеризація, класифікація тощо);
- спрямований моніторинг інформаційного ресурсу зокрема з метою оперативного виявлення оновлень;
- автоматичне виявлення орфографічних помилок у текстових даних;
- автоматична корекція орфографічних помилок у текстових даних;
- можливість логічного упорядкування та агрегування гетерогенного текстомісткого інформаційного ресурсу;

- компенсація на логічному рівні дублювань у текстомістких інформаційних об'єктах;

- формування відомчих та корпоративних сховищ даних, зокрема пристосованих до агрегування даних, консолідації тощо;

- інтегрування гетерогенного інформаційного ресурсу.

Чітке функціональне спрямування означених комп'ютерних засобів на підтримку навчальної взаємодії з текстовим сегментом глобального електронного інформаційного ресурсу дозволяє виділити їх у окремий підклас інформаційно-аналітичних систем, який можна назвати системами Education Intelligence (EI-системами). При цьому неважко помітити деяку аналогію з VI-системами (від Business Intelligence), орієнтованими на підтримку бізнесової діяльності [34]. Однак принципова різниця щодо призначення, і, внаслідок цього, у архітектурі та критеріях ефективності EI-систем і VI-систем дають змогу класифікувати вищеназвані лінійки програмного інструментарію відокремлено. Схема організації навчального процесу за підтримки EI-систем набуває якісно нового характеру (див. рис. 10), адекватного запитам інформаційного суспільства щодо концепції освіти [35].

5. ВИСНОВКИ

В статті запропоновано оригінальну математичну модель процесу навчання у ході самостійної інформаційно-навчальної роботи. Підвищення компетентності учня у ході навчання подано як переміщення його відображення у когнітивному просторі від деякої початкової точки у бік цільової області, котра репрезентує собою бажаний рівень знань, вмій та навичок.

Дано просторово-графічне трактування категорії “освітня траєкторія”. Введено поняття швидкості пересування освітньою траєкторією у ході навчання. Запропоновано спосіб побудови та оптимізації (за критерієм тривалості навчання) індивідуальних освітніх траєкторій.

Проаналізовано вплив застосування спеціалізованих інформаційно-аналітичних систем на інтенсивність навчання. Введено поняття класу систем Education Intelligence. За допомогою моделі показано, що їх впровадження у навчальний процес являє собою потужний засіб інтенсифікації навчальної діяльності в сучасному її трактуванні.



Рис. 10. Схема організації самостійної інформаційно-навчальної діяльності на основі застосування ЕІ-систем (Education Intelligence)

6. СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Михайлюк А.Ю. Функціональність спеціалізованих інформаційно-аналітичних систем для підтримки інформаційно-навчальної діяльності / В.П. Тарасенко, А.Ю. Михайлюк, М.В. Сніжко, Л.М. Бігун // Проблеми інформатизації та управління. – Зб. наук. праць. – К.: НАУ, 2009. – № 3 (27). – с.123 -130.
- [2] Роберт И.В. Информационные технологии в науке и образовании: учебно-методическое пособие / И.В. Роберт, П.И. Самойленко. – М.: Московский государственный заочный институт пищевой промышленности Министерства общего и профессионального образования РФ, 1998. – 178 с.
- [3] Нуриев, Н.К. Модель подготовки инженера в метрическом компетентностном формате / Н.К.Нуриев, Л.Н.Журбенко, Д.Старыгина // Инноватика – 2008: Труды между. конф. – Ульяновск: УлГУ, 2008. – с. 478-479.
- [4] Підкасистий, П. И. Самостоятельная познавательная деятельность школьников в обучении [Текст]: Теоретико-экспериментальное исследование / П. И. Підкасистий. – М.: Педагогика, 1980. – 240 с.
- [5] Шевченко О. В. Формирование готовности старших школьников к творческой деятельности в процессе решения учебно-творческих задач : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.01 / Шевченко Ольга Вячеславовна; *Акад.* *повышения квалификации и переподгот. работников образования М-ва образования РФ.* – Москва, 2005. – 24 с.
- [6] Нуриев Н.К. Оценка уровня конкурентоспособности специалиста // Высшее образование в России. – 2005. – № 12. – С. 109 – 113.
- [7] Равен Дж. Компетентность в современном обществе: выявление, развитие и реализация [Текст] / Дж. Рамен. – М.: Когито-Центр, 2002. – 396 с. – ISBN: 5-89353-052-7.
- [8] Кузьмина, Н. В. Способность, одаренность, талант [Текст] / Н. В. Кузьмина. – М., 1995. – 156 с.
- [9] Нуриев Н.К. Дидактическое пространство подготовки компетентных специалистов в области программной инженерии [Текст] / Н.К. Нуриев. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2005. – 244 с.
- [10] Системний підхід до комп'ютерного забезпечення освітніх технологій процесів / В.П. Тарасенко, В.В. Ясінський, А.Ю. Михайлюк, О.С. Михайлюк // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2002 – №3. – С 197-199.
- [11] Програма з математики для загальноосвітніх навчальних закладів, 5-11 класи / В.Г. Бевз, А. Г. Мерзляк., З.І.Слепкань // Математика в школі. – 2003. – № 6. – С. 1-14.
- [12] Леонтьев А.Н. О формировании способностей / А.Н. Леонтьев // Хрестоматия по возрастной и педагогической психологии.– М.: Издательство МГУ, 1981. – С.35-43.

- [13] Співаковський О.В. До питання про трисуб'єктну дидактику /Л.Є. Петухова, О.В. Співаковський. // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2007. – № 5. – С. 7–9.
- [14] Ланде Д.В. Інформаційні потоки в глобальних комп'ютерних мережах: монографія / Д.В. Ланде. – К.: Наукова думка, 2009, – 295 с.
- [15] Співаковський О. В. Майбутнє шкільної інформатики. Тенденції розвитку освітніх інформаційно-комунікативних технологій / О. В. Співаковський // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2005. – № 5.- С. 24-28.
- [16] Проблеми індивідуалізації процесу навчання / С.У. Гончаренко, В.М. Володько // Педагогіка і психологія. – 1995. – №1. – С. 63-72.
- [17] Фридман Л.М. Основы проблемологии / Л. М. Фридман. – М.: Либроком, 2009. – 224 с. – ISBN 978-5-397-00509-8.
- [18] Морзе Н. В. Моделі ефективного використання інформаційно-комунікаційних та дистанційних технологій навчання у вищому навчальному закладі [електронний ресурс] / Н. В. Морзе, О. Г. Глазунова // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2008. – №2(6). – Режим доступу до журн.: <http://www.ime.edu-ua.net/em6/emg.html>. – Назва з екрана.
- [19] Ланде Д.В. Интеллектуальный анализ текстовых данных в конкурентной борьбе / Д.В. Ланде // Стратегии и технологии: управление эффективностью бизнеса и Business Intelligence. – К., 2006.
- [20] Лихолетов В.В. Теория и технологи интенсификации творчества в профессиональном образовании: Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора педагогических наук: спец. 13.00.08 – “Теория и методика профессионального образования” / Лихолетов Валерий Владимирович. – Екатеринбург, 2002. – 46 с.
- [21] Гончаров С.М. Сугестивні технології навчання в кредитно-модульній системі організації навчального процесу: навчально-методичний посібник / С.М. Гончаров. – Рівне: НУВГП. – 2008. – 118 с.
- [22] Квазісемантичний пошук текстових даних в електронному інформаційному ресурсі / А.Ю. Михайлюк, О.В. Пилипчук, М.В. Сніжко, В.П. Тарасенко // Радиоелектроника и информатика – Харьков.: ХНУРЭ. – 2009. – №3. – С.61-67.
- [23] H. Chen and S. Dumais, “Bringing order to the Web: automatically categorizing search results,” in Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '00), pp. 145–152, Hague, The Netherlands, April 2000.
- [24] W. Pratt, M. Hearst, L. Fagan. A Knowledge-Based Approach to Organizing Retrieved Documents // Proceedings of the Sixteenth National Conference on Artificial Intelligence AAAI-99. – Orlando, 1999.
- [25] M. Chen, M. Hearst, J. Hong, J. Lin. Cha-Cha: A System for Organizing Intranet Search // Proceedings of the 2nd USENIX Symposium on Internet Technologies and SYSTEMS (USITS). – Boulder, 1999.
- [26] Chandra Chekuri, Michael H. Goldwasser, Prabhakar Raghavan, Eli Upfal. Web Search Using Automatic Classification // Proceedings of Sixth World Wide Web Conference. – 1996.
- [27] Soumen Chakrabarti, Byron Dom, Rakesh Agrawal, Prabhakar Raghavan. Scalable feature selection, classification and signature generation for organizing large text databases into hierarchical topic taxonomies // The VLDB Journal. – 1998. – №7. – P.163-178.
- [28] Oren Zamir, Oren Etzioni. Web Document Clustering: A Feasibility Demonstration // Proceedings of the 21st annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval. – Melbourne, 1998.
- [29] M. Hearst, P. Pedersen. Reexamining the Cluster Hypothesis: Scatter/Gather // Proceedings of 19th Annual International ACM/SIGIR Conference. – Zurich, 1996.
- [30] M. Kaisser, M. Hearst, J. Lowe. Improving Search Results Quality by Customizing Summary Lengths // Proceedings of ACL/HLT, 2008.
- [31] Bratko, B. Filipic. Exploiting Structural Information for Semi-structured Document Categorization // Information Processing & Management. – 2006. – Vol. 42/3. – P 679-694.
- [32] F. Sebastiani. Machine learning in automated text categorization // ACM Computing Surveys (2002). – ACM, 2002. – Vol. 34/1. – P.1-47.
- [33] Тематична класифікація структурованих та частково структурованих текстових документів освітньої спрямованості / О.С. Кебало, А.Ю. Михайлюк, В.П. Тарасенко // Збірник праць Четвертої міжнародної конференції “Нові інформаційні технології в освіті для всіх: інноваційні методи та моделі”. – Київ, 2009. – с. 75-81.
- [34] William McKnight, Scott Humphrey. Building Business Intelligence: Rafting Into the Business Intelligence Future, Part 1 // DM Review Magazine. 2004, October.
- [35] Функціонально-орієнтовані ЕІ-системи (Education Intelligence) [Текст] / А.Ю. Михайлюк, Л.М. Огнівчук, М.В. Сніжко, В.П. Тарасенко – свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 34729 від 30.08.2010.



Віктор Гришачов, старший науковий співробітник Київського університету імені Бориса Грінченка. Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник.

Наукові інтереси – інноваційні підходи до комп'ютеризації науково-освітньої діяльності.



Денис Замятін, доцент кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Кандидат технічних наук.

Наукові інтереси – методи і засоби пошуку та логічної систематизації розподілених даних.



Олексій Кебкало, науковий співробітник кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут".

Наукові інтереси – інтелектуальний аналіз даних, методи та засоби структурного аналізу природномовних текстових інформаційних об'єктів.



Антон Михайлюк, завідувач науково-дослідної лабораторії інформатизації освіти Київського університету імені Бориса Грінченка. Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник.

Наукові інтереси – методи та засоби інтелектуального аналізу природномовних текстових інформаційних об'єктів.



Леся Огнівчук, викладач кафедри інформаційних технологій і математичних дисциплін Київського університету імені Бориса Грінченка.

Наукові інтереси – методи та алгоритми автоматичного реферування текстової інформації



Володимир Тарасенко, завідувач кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України в галузі науки і

техніки.

Наукові інтереси – методи та засоби підвищення ефективності обробки ресурсів глобального електронного інформаційного простору.