

СИСТЕМНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ТРАЄКТОРІЇ НАВЧАННЯ В
АДАПТИВНИХ ОСВІТНІХ СИСТЕМАХSYSTEM MODEL FOR FORMING AN INDIVIDUAL LEARNING TRAJECTORY IN
ADAPTIVE EDUCATIONAL SYSTEMS

Козачук Олена Ігорівна, аспірантка, кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій транспорту, Національного транспортного університету, 01010, м. Київ, Україна, e-mail: kozachuk_olena517@ukr.net,

<https://orcid.org/0000-0002-3823-6057>

Анотація. У статті розглянуто метод формування індивідуальної траєкторії навчання в адаптивних освітніх системах, що функціонують у цифровому та інтернет-орієнтованому середовищі. Актуальність дослідження зумовлена зростанням потреби в персоналізації освітнього процесу в умовах цифровізації освіти, різномірної підготовки здобувачів освіти та динамічної зміни вимог до результатів навчання. У традиційних освітніх моделях навчальний контент подається за фіксованою програмою, що не враховує індивідуальні особливості, рівень підготовленості та темп засвоєння матеріалу кожного здобувача освіти, що знижує ефективність навчання.

У роботі запропоновано метод формування індивідуальної траєкторії навчання на основі аналізу знансєвих, поведінкових та результативних показників діяльності здобувачів освіти в адаптивній освітній системі. Метод передбачає інтеграцію освітнього контенту, профілю користувача та механізмів адаптації, що забезпечують динамічну перебудову навчального маршруту відповідно до рівня сформованості знань, умінь і компетентностей [1]. Формування індивідуальної траєкторії здійснюється шляхом поетапного коригування структури та складності навчального матеріалу, вибору темпу навчання, типів навчальних ресурсів і форм контролю результатів навчальної діяльності.

У межах дослідження розроблено концептуальну модель методу формування індивідуальної траєкторії навчання, яка ґрунтується на взаємодії трьох ключових компонентів: освітнього контенту, здобувача освіти та аналітичного ядра адаптивної системи. Аналітичне ядро забезпечує збір, обробку та інтерпретацію даних про навчальну активність користувачів, результати контролю знань та динаміку навчального прогресу, що є основою для прийняття рішень щодо адаптації навчального процесу. Запропонований метод дозволяє гнучко формувати індивідуальні навчальні маршрути з урахуванням як поточного стану знань, так і прогнозування подальших освітніх потреб [2].

Практична значущість отриманих результатів полягає у можливості впровадження запропонованого методу в цифрові освітні платформи та системи дистанційного і змішаного навчання для підвищення ефективності засвоєння навчального матеріалу. Використання методу сприяє підвищенню мотивації здобувачів освіти, зменшенню навчальних перевантажень та забезпечує підтримку індивідуальних освітніх траєкторій упродовж усього періоду навчання.

Ключові слова: інтелектуалізація, персоналізація, модель, алгоритм, системний аналіз, адаптивне навчання, метод, індивідуалізація, цифровізація.

Вступ. Сучасний етап розвитку освіти характеризується активною цифровізацією навчального процесу та широким упровадженням інформаційно-комунікаційних технологій у всі його складові. В умовах зростання обсягів навчальної інформації, різномірної підготовки здобувачів освіти та підвищених вимог до результатів навчання особливої актуальності набуває проблема формування індивідуальної траєкторії навчання. Традиційні підходи до організації освітнього процесу, засновані на уніфікованих навчальних програмах і однакових темпах засвоєння матеріалу, не забезпечують у повній мірі врахування індивідуальних освітніх потреб, пізнавальних можливостей і особливостей навчальної діяльності кожного здобувача освіти.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю переходу від стандартизованих моделей навчання до адаптивних освітніх систем, орієнтованих на персоналізацію освітнього процесу. Адаптивні освітні системи, що функціонують на базі Інтернет, дають змогу здійснювати динамічну адаптацію навчального контенту, форм і методів навчання відповідно до індивідуальних характеристик здобувачів освіти [3]. Однак на сьогодні залишається недостатньо розробленою проблема формалізації методів формування індивідуальної траєкторії навчання, які б ґрунтувалися на комплексному аналізі навчальних даних та забезпечували гнучке керування навчальним процесом у реальному часі.

Нещодавні дослідження в галузі ІТ-освіти в електронному середовищі зосереджені на багатьох аспектах, включаючи ефективність та результативність цієї системи, специфіку навчання в онлайн-середовищі та використання інноваційних технологій для покращення навчального процесу [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що питання адаптивного навчання, персоналізації освітнього процесу та використання цифрових освітніх середовищ активно досліджуються як вітчизняними, так і зарубіжними науковцями. У працях розглядаються концепції адаптивних навчальних систем, моделі профілю здобувача освіти, методи аналізу навчальних даних, а також підходи до побудови індивідуальних навчальних маршрутів. Водночас більшість досліджень зосереджено на окремих аспектах адаптації — змісті навчального контенту, темпі навчання або формах контролю, — що ускладнює практичне впровадження цілісної методики формування індивідуальної траєкторії навчання в рамках єдиної адаптивної освітньої системи [5].

У зв'язку з цим виникає потреба у розробці методу формування індивідуальної траєкторії навчання, який поєднував би аналіз навчальних результатів, поведінкових характеристик здобувачів освіти та механізмів адаптації освітнього контенту в цифровому середовищі.

Метою статті є розроблення та обґрунтування методу формування індивідуальної траєкторії навчання в адаптивних освітніх системах на базі Інтернет.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачається вирішення таких завдань:

- проаналізувати сучасні підходи до формування індивідуальних траєкторій навчання в цифрових освітніх системах;
- визначити основні компоненти адаптивної освітньої системи, що впливають на персоналізацію навчального процесу;
- розробити метод формування індивідуальної траєкторії навчання на основі аналізу навчальних даних;
- обґрунтувати переваги запропонованого методу з позицій підвищення ефективності та якості навчання.

Виклад основного матеріалу дослідження і отриманих результатів. Процес формування індивідуальної траєкторії навчання в адаптивних освітніх системах реалізується як послідовна взаємодія освітнього контенту, профілю здобувача освіти та аналітичного ядра системи [6]. Запропонований метод має циклічний характер та забезпечує безперервну адаптацію навчального процесу відповідно до індивідуальних освітніх потреб користувача, що відображено на рисунку 1.

На першому етапі формування індивідуальної траєкторії навчання освітній контент надходить до адаптивної освітньої системи у вигляді структурованих навчальних модулів. Кожен модуль характеризується рівнем складності, формою подання навчального матеріалу та засобами контролю результатів навчання. Така організація контенту створює основу для подальшої адаптації навчального маршруту залежно від характеристик здобувача освіти.



Рисунок 1 - Схема системної моделі формування індивідуальної траєкторії навчання в адаптивній освітній системі

Figure 1 – Diagram of the system model for forming an individual learning trajectory in an adaptive educational system

Другий етап пов'язаний із побудовою та актуалізацією профілю здобувача освіти. Профіль формується на основі вихідної діагностики рівня знань, аналізу навчальної активності та результатів виконання завдань у цифровому освітньому середовищі. До ключових показників профілю належать рівень засвоєння навчального матеріалу, темп навчання, кількість допущених помилок та інтенсивність взаємодії з навчальними ресурсами. Формування профілю здійснюється динамічно та уточнюється після кожного навчального етапу.

Центральною ланкою запропонованого методу є аналітичне ядро адаптивної освітньої системи, яке забезпечує обробку навчальних даних та прийняття рішень щодо подальшого перебігу навчального процесу. Як показано на рисунку 1, аналітичне ядро виконує функції збору даних, аналізу результатів навчальної діяльності та визначення умов адаптації освітнього контенту. На цьому етапі відбувається зіставлення поточних показників профілю здобувача освіти із запланованими результатами навчання, що дозволяє виявити прогалини в знаннях або, навпаки, готовність до переходу на складніший рівень.

На основі результатів аналітичної обробки даних формується індивідуальна траєкторія навчання, яка включає вибір послідовності навчальних модулів, рівня складності завдань, темпу

опрацювання матеріалу та форм контролю [7]. У разі виявлення низьких результатів система пропонує додаткові навчальні матеріали або змінює структуру навчального маршруту. Якщо ж рівень підготовки здобувача освіти відповідає або перевищує очікувані показники, індивідуальна траєкторія коригується шляхом ускладнення завдань або прискорення проходження навчальних модулів.

Завершальним етапом процесу є реалізація корекційного циклу, який передбачає повторне надходження оновлених даних до аналітичного ядра системи. Таким чином забезпечується безперервний зворотний зв'язок між освітнім контентом, профілем здобувача освіти та механізмами адаптації. Циклічність процесу, зображена на рисунку 1, дозволяє підтримувати актуальність індивідуальної траєкторії навчання протягом усього періоду навчання та забезпечує гнучке реагування на зміну навчальних потреб [8].

Отримані результати дослідження підтверджують, що запропонований метод формування індивідуальної траєкторії навчання забезпечує узгодженість усіх компонентів адаптивної освітньої системи, сприяє підвищенню ефективності навчального процесу та створює умови для реалізації індивідуалізованого підходу в цифровому освітньому середовищі [9].

Висновки. У статті розв'язано актуальну науково-практичну задачу формування індивідуальної траєкторії навчання в адаптивних освітніх системах, що функціонують у цифровому та інтернет-орієнтованому середовищі. У результаті проведеного дослідження обґрунтовано доцільність використання адаптивного підходу для персоналізації навчального процесу з урахуванням індивідуальних освітніх потреб, рівня підготовки та динаміки навчальної діяльності здобувачів освіти.

Запропоновано метод формування індивідуальної траєкторії навчання, який базується на узгодженій взаємодії освітнього контенту, профілю здобувача освіти та аналітичного ядра адаптивної освітньої системи [10]. Метод передбачає циклічний процес діагностики, аналізу навчальних даних, прийняття рішень і коригування навчального маршруту, що забезпечує безперервну адаптацію освітнього процесу. Розроблена структурна схема методу наочно відображає логіку формування та актуалізації індивідуальної навчальної траєкторії відповідно до змін у рівні навчальних досягнень здобувачів освіти.

Отримані результати свідчать, що застосування запропонованого методу дозволяє підвищити ефективність засвоєння навчального матеріалу, оптимізувати навчальне навантаження та сприяти підвищенню мотивації здобувачів освіти до навчальної діяльності. Метод є універсальним та може бути інтегрований у сучасні системи дистанційного, змішаного і традиційного навчання без необхідності кардинальної зміни їх архітектури.

Перспективи подальших досліджень у даному напрямі пов'язані з розширенням методів аналізу навчальних даних із використанням алгоритмів машинного навчання для більш точного прогнозування індивідуального навчального прогресу. Доцільним є дослідження можливостей автоматизації процесу формування навчальних траєкторій з урахуванням професійної спрямованості здобувачів освіти, а також розроблення механізмів оцінювання ефективності адаптивних рішень у довгостроковій перспективі. Окремим напрямом є практична апробація запропонованого методу в реальних цифрових освітніх середовищах та його вдосконалення з урахуванням результатів педагогічного експерименту.

Перелік посилань

1. Сисоева С.О. Індивідуальна освітня траєкторія як фактор підвищення якості вищої освіти. *Педагогічна освіта: теорія і практика*. Київ, 2020. Вип. 28. С. 15–23.
2. Кремень В.Г., Луговий В.І., Регейло І.Ю. Освіта в умовах цифрової трансформації суспільства : монографія. Київ : ДП «НВП «Поліграфсервіс», 2021. 320 с..
3. Биков В.Ю. Цифрове освітнє середовище: концептуальні засади та напрями розвитку. *Інформаційні технології і засоби навчання*. Київ, 2020. Т. 76, № 2. С. 1–15.
4. Кульбовський І.І., Козачук О.І. Аналітичні аспекти системи ІТ-освіти в електронному середовищі. *Наука і техніка сьогодні: науковий журнал*. Київ, 2023. № 8 (22). С. 309–323. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-8\(22\)](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-8(22))

5. Morze N., Buinytska O., Varchenko-Trotsenko L. Digital competence of teachers as a prerequisite for the development of adaptive learning environments. *Information Technologies and Learning Tools*. Kyiv, 2021. Vol. 83, No. 3. P. 22–38.
6. Samuels S., McDonald K. Adaptive learning systems and personalized learning paths in higher education. *Educational Technology Research and Development*. 2020. Vol. 68, No. 2. P. 945–965.
7. Drachsler H., Kalz M., Van Bruggen J. Learning analytics as a tool for shaping personalised learning trajectories. *British Journal of Educational Technology*. 2021. Vol. 52, No. 4. P. 1648–1664.
8. Holmes W., Bialik M., Fadel C. Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. Boston : Center for Curriculum Redesign, 2021. 195 p.
9. UNESCO. Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities. Paris, 2021. 45 p. URL: <https://unesdoc.unesco.org> (дата звернення: 12.11.2025).
10. OECD. Personalised learning and digital technologies. Paris: OECD Publishing, 2020. 112 p. URL: <https://www.oecd.org> (дата звернення: 20.11.2025).

SYSTEM MODEL FOR FORMING AN INDIVIDUAL LEARNING TRAJECTORY IN ADAPTIVE EDUCATIONAL SYSTEMS

Olena Kozachuk, PhD student, Department of Automation and Computer-Integrated Transport Technologies, National Transport, Kyiv, Ukraine, e-mail: kozachuk_olena517@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-3823-6057>

Abstract. The article examines a method for forming an individual learning trajectory in adaptive educational systems operating within a digital and Internet-oriented environment. The relevance of the study is determined by the growing need for personalization of the educational process in the context of digitalization of education, the heterogeneous level of learners' prior knowledge, and the dynamic changes in requirements for learning outcomes. In traditional educational models, learning content is delivered according to a fixed curriculum that does not take into account individual characteristics, the level of preparedness, or the pace of learning of each learner, which reduces the overall effectiveness of the educational process.

The paper proposes a method for forming an individual learning trajectory based on the analysis of cognitive, behavioral, and performance indicators of learners' activities within an adaptive educational system. The method involves the integration of educational content, a learner profile, and adaptation mechanisms that ensure dynamic restructuring of the learning path according to the level of acquired knowledge, skills, and competencies. The formation of an individual learning trajectory is carried out through step-by-step adjustment of the structure and complexity of learning materials, selection of an appropriate learning pace, types of educational resources, and forms of assessment of learning outcomes.

Within the framework of the study, a conceptual model of the method for forming an individual learning trajectory has been developed. The model is based on the interaction of three key components: educational content, the learner, and the analytical core of the adaptive system. The analytical core provides collection, processing, and interpretation of data on learners' educational activity, assessment results, and learning progress dynamics, which serve as the basis for decision-making regarding the adaptation of the learning process. The proposed method enables flexible formation of individual learning paths, taking into account both the current state of learners' knowledge and the forecasting of their future educational needs.

The practical significance of the obtained results lies in the possibility of implementing the proposed method in digital educational platforms and distance and blended learning systems to improve the effectiveness of learning. The use of the method contributes to increased learner motivation, reduced learning overload, and sustained support of individual learning trajectories throughout the entire period of study.

Keywords: intellectualization, personalization, model, algorithm, systems analysis, adaptive learning, method, individualization, digitalization.

References:

1. Sysoieva S.O. Indyvidualna osvitalia traiektoriia yak faktor pidvyshchennia yakosti vyshchoi osvity (Individual educational trajectory as a factor of improving the quality of higher education). *Pedahohichna osvita: teoriia i praktyka*. Kyiv, 2020. Is. 28. P. 15–23 [in Ukrainian].
2. Kremen V.H., Luhovyi V.I., Reheilo I.Yu. Osvita v umovakh tsyfrovoy transformatsii suspilstva (Education in the conditions of digital transformation of society) : Monograph. Kyiv : Polihrafservis, 2021. 320 p. [in Ukrainian].
3. Bykov V.Yu. Tsyfrove osvitarie seredovyshche: kontseptualni zasady ta napriamy rozvytku (Digital educational environment: conceptual foundations and development directions). *Information Technologies and Learning Tools*. Kyiv, 2020. Vol. 76, No. 2. P. 1–15 [in Ukrainian].
4. Kulbovskiy I.I., Kozachuk O.I. Analytical aspects of the IT education system in the electronic environment. *Science and Technology Today*. Kyiv, 2023. No. 8 (22). P. 309–323. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-8\(22\)](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-8(22))
5. Morze N., Buinytska O., Varchenko-Trotsenko L. Digital competence of teachers as a prerequisite for the development of adaptive learning environments. *Information Technologies and Learning Tools*. Kyiv, 2021. Vol. 83, No. 3. P. 22–38.
6. Samuels S., McDonald K. Adaptive learning systems and personalized learning paths in higher education. *Educational Technology Research and Development*. 2020. Vol. 68, No. 2. P. 945–965.
7. Drachsler H., Kalz M., Van Bruggen J. Learning analytics as a tool for shaping personalised learning trajectories. *British Journal of Educational Technology*. 2021. Vol. 52, No. 4. P. 1648–1664.
8. Holmes W., Bialik M., Fadel C. Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. Boston : Center for Curriculum Redesign, 2021. 195 p.
9. UNESCO. Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities. Paris, 2021. URL: <https://unesdoc.unesco.org> (Last accessed: 12.11.2025).
10. OECD. Personalised learning and digital technologies. Paris: OECD Publishing, 2020. URL: <https://www.oecd.org> (Last accessed: 20.11.2025).

Дата надходження до редакції 12.09.2025