



DOI 10.28925/2663-4023.2024.23.237245

УДК 004.4

Десятко Альона Миколаївна

PhD in Computer Science, доцент, доцент кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки

Державний торговельно-економічний університет, Київ, Україна

ORCID 0000-0002-2284-3418

desyatko@gmail.com**Хорольська Наталя Олександрівна**

Вчитель вищої категорії, старший учитель

Комунальний заклад «Ліцей «Перспектива»», Світловодськ, Україна

ORCID 0009-0007-7552-1790

email@email.com**Чубаєвський Віталій Іванович**

Доктор економічних наук, доцент, професор кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки

Державний торговельно-економічний університет, Київ, Україна

ORCID 0000-0001-8078-2652

chubaievskiy_vi@knu.edu.ua

КОГНІТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ ПРИ ВИВЧЕННІ ПРЕДМЕТІВ ПРИРОДНИЧОГО ЦИКЛУ

Анотація. Стаття зосереджена на дослідженні впливу когнітивних технологій, зокрема тих, в основі яких є штучний інтелект, на процес формування компетентностей здобувачів освіти, а також на розгляд підходів до розробки когнітивної інформаційної технології. В рамках роботи було розроблено модель когнітивної технології формування компетентностей здобувачів освіти, яка інтегрує індивідуалізований підхід до навчання, спрямований на підвищення якості освіти та розвиток ключових компетентностей здобувачів. Авторами здійснено детальний аналіз актуальної наукової літератури для визначення критичних параметрів оцінки ефективності запропонованої системи. Емпірична частина включає експерименти зі здобувачами освіти, котрі вивчають дисципліни природничого циклу, демонструючи значне поліпшення у засвоєнні матеріалу та мотивації щодо здобуття освіти. Показано, що на когнітивну модель технології формування компетентностей здобувачів освіти впливають: нормативно-правова база, концепція когнітивної технології, програмно-апаратний комплекс та людський ресурс. Результатом застосування даної технології є «Рекомендації щодо удосконалення процесу формування компетентностей здобувачів освіти». Також показано, що дана модель може бути розкладена на два етапи: «Навчання нейронної мережі» та «Впровадження нейронної мережі в освітній процес». У цьому дослідженні основна увага приділяється досягненню ефективності та мінімізації освітніх втрат у процесі набуття компетентностей. Підтверджено достатню ефективність когнітивної технології формування компетентностей здобувачів освіти, відкриваючи нові перспективи для її застосування у різноманітних освітніх контекстах. Дослідження показує можливості підходу до розвитку освітніх технологій з використанням штучного інтелекту, пропонуючи інноваційні підходи до навчання, сприяючи формуванню глибоких знань та розвитку комплексного розуміння предмету вивчення.

Ключові слова: когнітивна технологія; компетентність; штучний інтелект; здобувачі освіти.



ВСТУП

Враховуючи швидкий розвиток технологій Штучного Інтелекту (ШІ) можемо спостерігати спроби його інтеграції в освітній процес. В переважній більшості на сьогоднішній день все ж застосування штучного інтелекту в освіті зводиться саме до використання в рамках заняття програмних продуктів на основі ШІ, зокрема при вивченні дисциплін природничого циклу.

До таких додатків відносять:

- Інтерактивні навчальні додатки або гейміфіковані навчальні додатки, які залучають здобувачів освіти та стимулюють бажання вчитися, зменшуючи при цьому емоційне та психологічне навантаження;
- Віртуальні лабораторії (симуляції) та додатки доповненої реальності, що дозволяють здобувачам освіти безпечно проводити експерименти та дослідження, що не тільки зменшує ризики, пов'язані з фізичними експериментами, але й робить навчання більш доступним та інклюзивним.

Варто відзначити, що вищезазначені технології можна імплементувати в комплексну когнітивну технологію формування компетентностей здобувачів освіти, яка аналізуватиме індивідуальні потреби та стилі навчання кожного здобувача освіти, створюючи індивідуалізовану траєкторію навчання, адаптуючи навчальний матеріал та темп навчання, що дасть можливість корегувати процес формування компетентностей на заняттях.

Такі системи допоможуть зменшити стрес та навантаження, оскільки здобувачі освіти працюватимуть з матеріалами, які відповідають їхньому рівню знань та інтересам.

У свою чергу, педагогічним працівникам подібна система дозволить проводити моніторинг фізичного та емоційного стану здобувачів освіти під час навчання, що допоможе виявляти ознаки стресу чи перевтоми та вчасно вносити корективи.

Постановка проблеми. З розвитком технологій ШІ та їх інтеграцією в освітній процес виникає ряд викликів та можливостей. Більшість розробок, що використовують штучний інтелект направлені на забезпечення предметної складової дисципліни, але не використовується як комплексний підхід до вирішення питань освітніх втрат. На даний час на ринку ІТ-послуг для освіти відсутні технології на основі штучного інтелекту для підвищення ефективності процесу формування компетентностей здобувачів освіти, зокрема у циклі природничих наук.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах [1], [2], [4], [5], [7] авторами розглядається перспективність використання штучного інтелекту в освіті, переваги та виклики, пов'язані з впровадженням цієї технології, розглянуті програмні продукти, що представлені на ринку ІТ-послуг для освіти, визначена потреба в необхідності комплексних рішень, але не запропоновані технологічні рішення даного питання. Штучний інтелект можна використовувати в освітньому процесі як помічника вчителя, на додаток до його використання для створення персоналізованого навчального середовища та забезпечення зворотного зв'язку з учнями.

У статтях [3], [6] зазначено, що використання інноваційних технологій штучного інтелекту в закладах освіти України може сприяти забезпеченню академічної доброчесності, підвищенню якості освіти та розвитку компетентностей здобувачів освіти.

В роботі [8] авторами представлено бачення моделювання процесу формування компетентностей ІТ-фахівців, але не розглянуті рішення на основі штучного інтелекту.

Зазначимо, що вищезазначені наукові дослідження не присвячені проблемі розробки цифрової технології для удосконалення процесу формування компетентностей



здобувачів освіти. Більшість проаналізованих наукових праць направлені на забезпечення педагогічної складової освітнього процесу та не відображають технічні рішення, що вирішують питання удосконалення процесу формування компетентностей здобувачів освіти.

Метою статті є висвітлення підходу розробки когнітивної інформаційної технології формування компетентностей здобувачів освіти, що дасть змогу ефективно і з мінімальними освітніми втратами удосконалити процес набуття компетентностей. Автори статті пропонують розглянути модель когнітивної інформаційної технології формування компетентностей здобувачів освіти.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Когнітивна технологія формування компетентностей при вивченні предметів природничого циклу — це комплексний підхід, який інтегрує сучасні технології та методики навчання для підвищення якості освіти та сприяння здоровому розвитку здобувачів освіти.

Головним пріоритетом сучасної освіти є індивідуалізація освітнього процесу. Тому використання алгоритмів штучного інтелекту для аналізу стилів навчання, сильних та слабких сторін здобувачів освіти дозволить адаптувати навчальний матеріал та темп викладання до індивідуальних потреб кожного з них. Алгоритми ШІ можуть аналізувати індивідуальні дані та потреби здобувачів освіти (стиль навчання, рівень знань, інтереси) для адаптації навчальних матеріалів та методик навчання.

Використання когнітивних технологій на заняттях з предметів природничого циклу дозволить визначити освітні втрати та соціально-освітні потреби для подальшого врахування цих факторів при формуванні компетентностей здобувачів освіти.

Створення відповідного програмного забезпечення, що легко інтегрується з іншими системами та інструментами дозволить оптимізувати процес формування компетентностей в здобувачів освіти.

Когнітивна (інтелектуально-інформаційна) технологія, яка розглядається в даному контексті, репрезентує собою комплексний підхід до освітнього процесу, що перевищує традиційні рамки формування лише специфічних предметних знань. Ця технологія інтегрує принципи голістичного розвитку, акцентуючи на важливості еквілібріуму між розумовими, фізичними, емоційними та соціальними компетентностями здобувача. Відповідно до теорії множинного інтелекту Говарда Гарднера, такий підхід можна структурувати через розвиток різноманітних видів інтелекту, включаючи логіко-математичний, мовленнєво-лінгвістичний, візуально-просторовий, музикальний, міжособистісний, внутрішньоособистісний, тілесно-кінестетичний, та штучний інтелект.

Формалізувавши підхід, можна визначити функцію ефективності навчання E як залежну від вектора компетентностей $C = (c_1, c_2, \dots, c_n)$, де кожен компонент c_i є і представляє специфічну компетентність, яка розвивається у процесі навчання:

$$E = f(C) = f(c_1, c_2, \dots, c_n)$$

де $f(\cdot)$ — це нелінійна функція, що може включати різні методологічні підходи та освітні технології для оптимізації процесу навчання. Одним з ключових аспектів є забезпечення зворотного зв'язку та адаптивності навчального процесу до індивідуальних особливостей учня, що може бути представлено через диференційований підхід:

$$E = \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot g(c_i)$$



де ω_i — це ваговий коефіцієнт, що відображає значимість кожної компетентності c_i у загальній структурі освіти, $g(c_i)$ — індивідуальна функція розвитку компетентності, яка може варіюватись залежно від особистісних характеристик учня та його потреб.

Застосування такого комплексного підходу дозволяє не тільки підвищити ефективність навчання, але й сприяти гармонійному розвитку особистості, враховуючи її фізичне, емоційне, та соціальне здоров'я учня, а також застосовується в процесі роботи запропонованої моделі.

Запропонована технологія базується на принципах когнітивного аналізу та машинного навчання. Вона використовує нейронні мережі для аналізу великих обсягів даних про освітній процес і формування компетентностей здобувачів освіти. Цей процес можна формалізувати за допомогою функції втрат $L(Y, \hat{Y})$, де Y — істинні мітки даних, а \hat{Y} — прогнози, згенеровані моделлю. Оптимізація моделі здійснюється шляхом мінімізації функції втрат за допомогою алгоритмів, таких як градієнтний спуск.

Основою когнітивної технології є нейронна мережа, яка може бути представлена як функція відображення $f(X; \theta) = \hat{Y}$, де X — вхідні дані, θ — параметри моделі (ваги), а \hat{Y} — прогнозовані вихідні дані. Процес навчання полягає в оптимізації ваг θ таким чином, щоб мінімізувати розбіжність між прогнозами моделі \hat{Y} та реальними мітками Y , використовуючи функцію втрат, наприклад, крос-ентропію для задач класифікації або середньоквадратичну помилку для регресії.

Опишемо взаємодію технології із зовнішніми впливами детальніше. Запропонована нами технологія (рис. 1) буде являти собою систему підтримки прийняття рішення на основі когнітивної складової (нейромережових алгоритмів).

Вхідна та вихідна інформація:

- Вхідна інформація:
 - *Варіант 1* — первинні дані для навчання нейронної мережі, в цьому контексті такими даними може виступати інформація про клас, персональні дані здобувачів освіти, типи завдань, предмети, тематичний план, освітні програми, стандарти та ін.;
 - *Варіант 2* — персональні дані здобувачів освіти, нормалізовані та структуровані результати навчання нейронної мережі.
- Вихідна інформація:
 - *Варіант 1* — персональні дані здобувачів освіти, нормалізовані та структуровані результати навчання нейронної мережі;
 - *Варіант 2* — рекомендації щодо удосконалення процесу формування компетентностей здобувачів освіти.

Контроль:

- Нормативно-правова база:
 - законодавчі документи, що визначають компетентності, які має набути здобувач протягом свого освітнього процесу;
 - освітні програми, модельні/навчальні програми, календарне планування/навчальний план;
- Концепція когнітивної технології формування компетентностей складається із методики навчання нейронної мережі, методики інтелектуального діагностування рівня набутих здобувачем освіти компетентностей, методики побудови та проведення занять та методики отримання рефлексії від здобувачів освіти.

Механізм:

- Програмно-апаратний комплекс — сукупність програмних та апаратних засобів для забезпечення розробки та функціонування когнітивної технології формування компетентностей здобувачів;
- Людський ресурс:
 - Розробник — ІТ-фахівці, які безпосередньо займаються навчанням нейронної мережі, відповідають за створення програмного коду;
 - Системний адміністратор — технічний керівник, який відповідає за налагодження та супроводження процесів роботи технології;
 - Педагогічний працівник — кінцевий користувач технології, а також виступає як технічний працівник, що приймає участь у підготовці даних для навчання нейронної мережі.

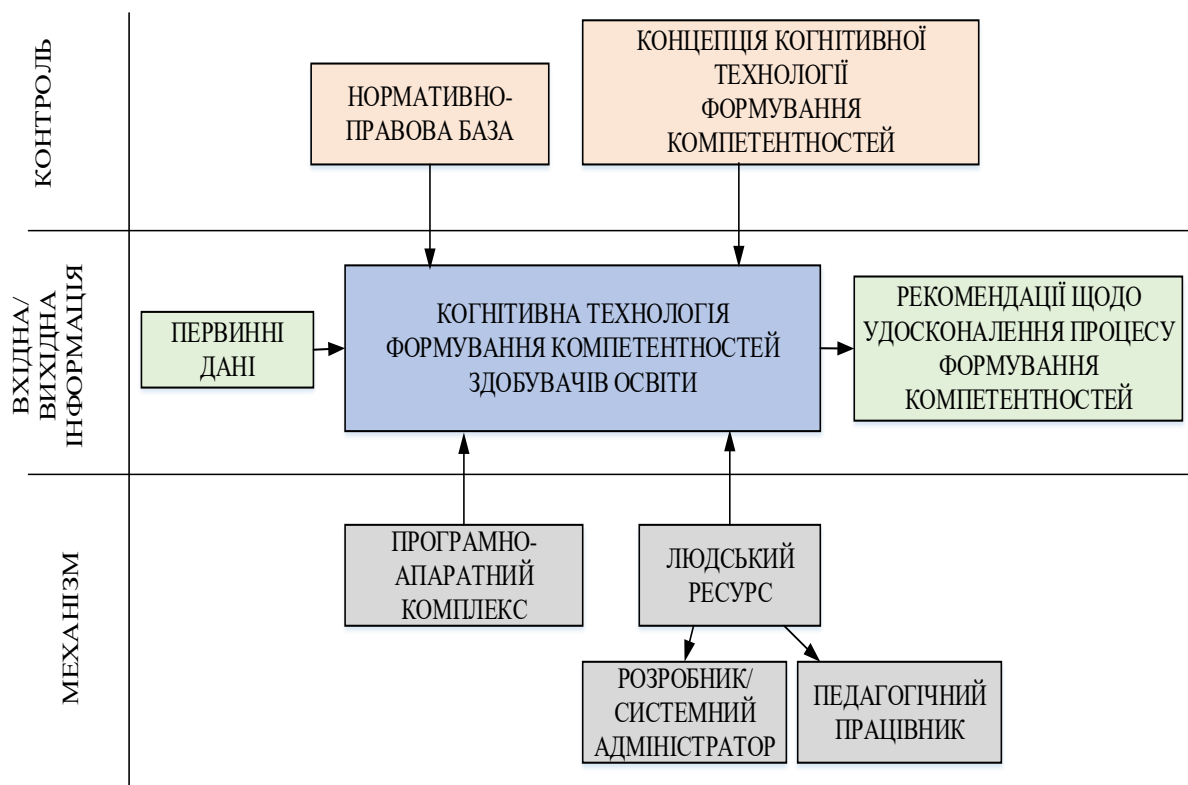


Рис. 1. Модель когнітивної технології формування компетентностей здобувачів освіти

Враховуючи ці компоненти, когнітивна технологія зосереджується на створенні гнучкої, адаптивної та безпечної освітньої екосистеми, яка сприятиме ефективному навчанню та здоров'ю здобувачів освіти.

Представлена модель передбачає циклічний процес неперервного вдосконалення освітніх практик і розвитку компетентностей здобувачів освіти, поєднуючи в собі теорію та практику з використанням сучасних технологій.

Розкладемо дану модель (рис. 1) на два етапи:

- Етап 1. Навчання нейронної мережі;
- Етап 2. Впровадження нейронної мережі в освітній процес.

Перший етап характеризується такими процесами: підготовка даних, формування сценаріїв, аналіз сценаріїв та формування рекомендацій (рис. 2). На першому етапі

найбільш критичним моментом є саме формування датасетів із наявних в базі первинних даних та формування сценаріїв, оскільки від цього залежатиме подальшим процес навчання нейронної мережі когнітивної технології формування компетентностей здобувачів освіти. Під час формування сценаріїв важливо створити коректні дані про методи навчання здобувачів освіти та персоналізовані навчальні плани.

Підготовка даних включає в себе кілька ключових процесів: збір даних, їх очищення, нормалізація, і, в деяких випадках, аугментація. Початковий набір даних D може бути представлений у формі:

$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$$

де d_i — це окремих елемент даних (наприклад, інформація про одного здобувача освіти). Процес нормалізації даних можна представити як:

$$D_{norm} = f_{norm}(D)$$

де f_{norm} — функція нормалізації, що приводить дані до єдиного формату або діапазону значень.

Формування сценаріїв включає в себе аналіз можливих варіантів навчального процесу та їх вплив на розвиток компетентностей здобувачів. Сценарій S може бути представлений як набір кроків $\{s_1, s_2, \dots, s_m\}$, де кожен крок s_j є окремою дією або задачею в навчальному процесі. Формула для визначення оптимального сценарію може виглядати так:

$$S_{opt} = \arg \max_S U(S, D_{norm})$$

де $U(S, D_{norm})$ — функція корисності сценарію S на нормалізованих даних D_{norm} , що оцінює ефективність навчання.

Аналіз сценаріїв полягає в оцінці їх потенційної ефективності для досягнення поставлених навчальних цілей. Це може включати кількісні методи аналізу, такі як:

$$E(S) = \sum_{i=1}^n e(s_i, C_i)$$

де $E(S)$ — оцінка ефективності сценарію S , $e(s_i, C_i)$ — ефективність кроку s_i у контексті компетентності C_i , C_i — конкретна компетентність.

На основі цього аналізу формуються рекомендації R , які можуть бути представлені у вигляді набору дій для оптимізації навчального процесу:

$$R = \{r_1(S_{opt}), r_2(S_{opt}), \dots, r_k(S_{opt})\}$$

де кожна рекомендація r_j є функцією, що залежить від оптимального сценарію S_{opt} .

Такий підхід дозволяє не тільки систематизувати підготовку та аналіз даних, але й визначити найбільш ефективні методики навчання, виходячи з наявної інформації та специфіки навчального процесу.

Етап навчання нейронної мережі складатиметься із таких основних процесів як підготовка даних — на якому відбуватиметься збір даних, зокрема готових рішень (матриця відповістей між предметами та компетентностями, між предметами та класами, між класами та компетентностями), маркування даних, формування сценаріїв — за наявних даних форму

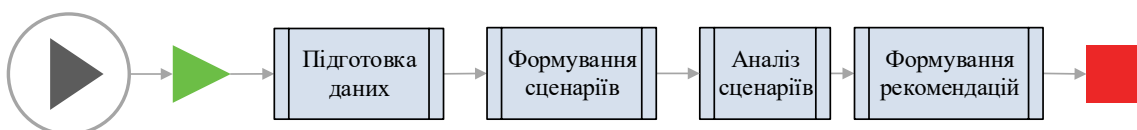


Рис. 2. Процес навчання нейронної мережі когнітивної технології формування компетентностей здобувачів освіти



Рис. 3. Процес використання когнітивної технології формування компетентностей здобувачів освіти

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У дослідженні проаналізовано використання когнітивних технологій для ефективного формування компетентностей здобувачів освіти. Розглянуто можливість інтеграції алгоритмів штучного інтелекту та індивідуалізація навчального процесу сприяють підвищенню якості освіти та забезпечують глибше засвоєння знань учнями. Висвітлено, що запропонована модель когнітивної технології дозволяє адаптувати навчальний матеріал до індивідуальних потреб кожного здобувача, що сприяє збільшенню мотивації та залученості у освітньому процесі.

Матеріали дослідження зібрані та проведені початкові етапи апробації на дисциплінах природничого циклу.

Подальші дослідження повинні зосередитись на вдосконаленні механізмів аналізу та прогнозування освітніх потреб здобувачів для оптимізації процесу формування компетентностей, зокрема при вивченні дисциплін природничого циклу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Візнюк, І., Буглай, Н., Куцак, Л., Поліщук, А., & Киливник, В. (2021). Використання Штучного Інтелекту в Освіті. *Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training Methodology Theory Experience Problems*, 14–22. <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2021-59-14-22>
2. Горбачов, О. (2023). Використання штучного інтелекту в освіті: переваги, виклики та можливості. *Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій: матеріали XXIII Всеукр. наук.-техн. конф. молодих вчених, аспірантів та студентів*, 334–335.
3. Ніколенко, К., Протас, О., & Ярмоленко, Т. (2023). Інноваційні технології штучного інтелекту для забезпечення академічної доброчесності в освітніх закладах України. *Перспективи та інновації науки (Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина»)*, 12(30), 393–406.
4. Мар'єнко, М., & Коваленко, В. (2023). Штучний інтелект та відкрита наука в освіті. *Фізико-математична освіта*, 38(1), 48–53. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-1-007>
5. Скіцько, О., Складанний, П., Ширшов, Р., Гуменюк, М., & Ворохоб, М. (2023). Загрози Та Ризики Використання Штучного Інтелекту. *Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка»*, 2(22), 6–18. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2023.22.618>
6. Бурячок, В., Коршун, Н., Шевченко, С., & Складанний, П. (2020). Застосування середовища пі multіsim при формуванні практичних навичок студентів спеціальності 125 «кібербезпека». *Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка»*, 1(9), 159–169. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2020.9.159169>
7. Nguyen, N. (2023). Exploring the role of AI in education. *London Journal of Social Sciences*, 84–95. <https://doi.org/10.31039/ljss.2023.6.108>
8. Криворучко, О. (2022). Моделювання процесу формування компетентностей ІТ-фахівців, *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2022): тези доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції*, 2(2).

**Alona Desiatko**

PhD in Computer Science, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Software Engineering and Cybersecurity

State University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine

ORCID 0000-0002-2284-3418

desyatko@gmail.com

Natalia Khorolska

Teacher of the highest category, senior teacher

Municipal institution "Lyceum "Perspective", Svitlovodsk, Ukraine

ORCID 0009-0007-7552-1790

Khorolska.n.o@sch10.kr.ua

Vitalii Chubaievskiy

Doctor of Economics, Associate Professor, Professor of the Department of Software Engineering and Cybersecurity

State University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine

ORCID 0000-0001-8078-2652

chubaievskiy_vi@knute.edu.ua

COGNITIVE TECHNOLOGY FOR THE FORMATION OF COMPETENCIES OF STUDENTS IN THE STUDY OF NATURAL SCIENCE SUBJECTS

Abstract. The article focuses on the study of the impact of cognitive technologies, in particular those based on artificial intelligence, on the process of forming the competencies of students, as well as on the consideration of approaches to the development of cognitive information technology. As part of the work, the authors developed a model of cognitive technology for the formation of competencies of students, which integrates an individualized approach to learning aimed at improving the quality of education and developing key competencies of students. The authors conducted a detailed analysis of the current scientific literature to determine the critical parameters for evaluating the effectiveness of the proposed system. The empirical part includes experiments with students studying natural science disciplines, demonstrating a significant improvement in learning and motivation to pursue education. It is shown that the cognitive model of the technology for the formation of competencies of students is influenced by the following: the regulatory framework, the concept of cognitive technology, the software and hardware complex, and human resources. The result of the application of this technology is «Recommendations for improving the process of forming the competencies of students». It is also shown that this model can be divided into two stages: «Neural network training» and «Implementation of the neural network in the educational process». This study focuses on achieving efficiency and minimizing educational losses in the process of acquiring competencies. The study confirms the sufficient effectiveness of cognitive technology for the formation of competencies of students, opening up new prospects for its application in various educational contexts. The study shows the possibilities of an approach to the development of educational technologies using artificial intelligence, offering innovative approaches to learning, contributing to the formation of deep knowledge and the development of a comprehensive understanding of the subject matter.

Keywords: cognitive technology; competence; artificial intelligence; students.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Vizniuk, I., et al., (2021). The use of artificial intelligence in education. *Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training Methodology Theory Experience Problems*, 14–22. <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2021-59-14-22>
2. Gorbachev, O. (2023). The use of artificial intelligence in education: advantages, challenges and opportunities. *State, achievements and prospects of information systems and technologies: materials of the*



- XXIII All-Ukrainian scientific and technical conference of young scientists, graduate students and students, 334–335.
3. Nikolenko, K., Protas, O., & Yarmolenko, T. (2023). Innovative technologies of artificial intelligence for ensuring academic integrity in educational institutions of Ukraine. *Prospects and Innovations of Science, 12(30)*, 393–406.
 4. Marienko, M., Kovalenko, V. (2023). Artificial intelligence and open science in education. *Physical and mathematical education, 38(1)*, 48–53. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-1-007>
 5. Skitsko, O., et al. (2023). Threats and Risks of Using Artificial Intelligence. *Electronic professional scientific publication "Cybersecurity: Education, Science, Technology", 2(22)*, 6–18. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2023.22.618>
 6. Buriachok, V., et al. (2020). Application of the Ni Multisim Environment in the Formation of Practical Skills of Students of Specialty 125 "Cybersecurity". *Electronic professional scientific publication "Cybersecurity: Education, Science, Technology", 1(9)*, 159–169. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2020.9.159169>
 7. Nguyen, N. (2023). Exploring the role of AI in education. *London Journal of Social Sciences*, 84–95. <https://doi.org/10.31039/ljss.2023.6.108>.
 8. Kryvoruchko, O. (2022). Modeling the process of forming the competencies of IT specialists. *Integrated quality assurance of technological processes and systems (QAQAPS - 2022): abstracts of the XII International Scientific and Practical Conference, 2(2)*.

