



Пасічник В., Юнчик В. Онтологічна модель предметної області «Інтелектуальний асистент викладача ІТ-галузі». *Освіта. Інноватика. Практика*, 2026. Том 14, № 6. С. 141-148. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol14i6-017>.

Pasichnyk V., Yunchyk V. Ontologichna model predmetnoi oblasti «Intelektualnyi asystent vykladacha IT-haluzi» [Ontological model of the domain "Intelligent assistant of an IT teacher"]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka – Education. Innovation. Practice*, 2026. Vol. 14, No 6. S. 141-148. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol14i6-017>.

УДК 37.013:004.8:004.82

DOI: 10.31110/2616-650X-vol14i6-017

Володимир ПАСІЧНИК

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

<https://orcid.org/0000-0002-5231-6395>

Volodymyr.V.Pasichnyk@lpnu.ua

Валентина ЮНЧИК

Волинський національний університет імені Лесі Українки, Україна

<https://orcid.org/0000-0003-3500-1508>

Yunchyk.Valentyna@vnu.edu.ua

ОНТОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АСИСТЕНТ ВИКЛАДАЧА ІТ-ГАЛУЗІ»

Анотація. У статті досліджено проблему формалізованого подання знань у предметній області інтелектуального асистента викладача ІТ-галузі з урахуванням специфіки сучасних освітніх технологій і динамічного розвитку інформаційних технологій. Обґрунтовано доцільність застосування онтологічного підходу як засобу структуризації знань, забезпечення їх узгодженості та можливості інтеграції з інтелектуальними системами. На основі системного аналізу професійної діяльності викладача та структури освітнього процесу визначено ключові групи концептів предметної області, які охоплюють суб'єктів навчання, структурні компоненти освітнього процесу, навчальну діяльність, доменні об'єкти ІТ-галузі, функціональні можливості інтелектуального асистента та освітні дані. Запропоновано онтологічну модель, що забезпечує інтеграцію педагогічної та технічної складових у межах єдиної формалізованої структури. Особливістю моделі є врахування специфіки ІТ-освіти, зокрема формалізованого характеру результатів навчання у вигляді програмного коду, а також необхідності його аналізу, тестування та оцінювання. Розроблена модель включає систему семантичних зв'язків між концептами, що дозволяє відобразити як структуру освітнього процесу, так і процеси програмної діяльності. Додатково запропоновано формалізоване подання інтелектуального асистента як системи опрацювання даних і знань, що забезпечує генерацію навчального контенту, аналітику освітньої діяльності та формування рекомендацій. Обґрунтовано доцільність інтеграції онтологічних моделей із сучасними технологіями штучного інтелекту, зокрема великими мовними моделями, що дозволяє підвищити точність, інтерпретованість та адаптивність інтелектуальних освітніх систем. Отримані результати мають теоретичне значення для розвитку методів подання знань у освітніх системах та практичну цінність для розроблення інтелектуальних асистентів викладача в ІТ-освіті.

Ключові слова: онтологічна модель; інтелектуальний асистент викладача; ІТ-освіта; подання знань; інтелектуальні освітні системи; великі мовні моделі.

Volodymyr PASICHNYK

Lviv Polytechnic National University, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-5231-6395>

Volodymyr.V.Pasichnyk@lpnu.ua

Valentyna YUNCHYK

Lesya Ukrainka Volyn National University, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0003-3500-1508>

Yunchyk.Valentyna@vnu.edu.ua

ONTOLOGICAL MODEL OF THE DOMAIN "INTELLIGENT ASSISTANT OF AN IT TEACHER"

Abstract. The article addresses the problem of formalized knowledge representation in the domain of an intelligent assistant for an IT teacher, taking into account the specifics of modern educational technologies and the dynamic development of information technologies. The expediency of applying the ontological approach to structuring knowledge, ensuring its consistency, and enabling integration with intelligent systems is substantiated. Based on a systemic analysis of the teacher's professional activity and the structure of the educational process, key groups of domain concepts are identified, including learning actors, structural components of the educational process, learning activities, domain objects of the IT field, functional capabilities of the intelligent assistant, and educational data. An ontological model is proposed to integrate pedagogical and technical components within a unified, formalized structure. A distinctive feature of the model is the consideration of the specifics of IT education, in particular, the formalized nature of learning outcomes in the form of source code, as well as the need to analyze, test, and evaluate them. The developed model includes a system of semantic relations between concepts, enabling it to represent both the structure of the educational process and the processes of programming activity. In addition, a formalized representation of the intelligent assistant is proposed as a system for data and knowledge processing that supports the generation of educational content, learning analytics, and recommendation formation. The expediency of integrating ontological models with modern artificial intelligence technologies, particularly large language models, is substantiated, enabling improvements in the accuracy, interpretability, and adaptability of intelligent educational systems. The obtained results have theoretical significance for the development of knowledge representation methods in educational systems and practical value for the design of intelligent teacher assistants in IT education.

Keywords: ontological model; intelligent teacher assistant; IT education; knowledge representation; intelligent educational systems; large language models.

Постановка проблеми. Сучасний розвиток інтелектуальних освітніх систем характеризується активним використанням технологій штучного інтелекту, зокрема великих мовних моделей, що забезпечують генерацію навчального контенту, аналіз освітніх даних та підтримку прийняття педагогічних рішень. Водночас ефективне функціонування таких систем потребує формалізованого подання знань предметної області, що забезпечує їх узгодженість, структурованість і можливість інтеграції з різними інформаційними ресурсами.

У контексті розроблення інтелектуального асистента викладача особливої актуальності набуває проблема формалізації знань, що охоплюють як педагогічну діяльність, так і домен інформаційних технологій. Зазначена предметна область має міждисциплінарний характер і включає освітні компоненти, процеси навчання, результати освітньої діяльності, а також специфічні для ІТ-галузі об'єкти, такі як програмний код, алгоритми, мови програмування та інструменти розроблення.

Незважаючи на значний розвиток інтелектуальних систем у освіті, відсутність цілісних онтологічних моделей, що інтегрують педагогічні та технічні знання, ускладнює побудову ефективних інтелектуальних асистентів викладача. Це зумовлює необхідність розроблення онтологічної моделі предметної області, яка забезпечує формалізоване подання знань і створює основу для функціонування інтелектуальних систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних наукових дослідженнях значна увага приділяється розвитку інтелектуальних освітніх систем на основі технологій штучного інтелекту, які мають потенціал суттєво трансформувати процеси викладання та навчання [7; 13]. Зокрема, систематичні огляди демонструють, що такі системи забезпечують підтримку адаптивного навчання, аналіз освітніх даних та реалізацію різних педагогічних стратегій, однак результати їх застосування в реальних умовах залишаються неоднозначними та вимагають підвищення наукової строгості досліджень [9; 15].

Одним із ключових напрямів сучасних досліджень є використання великих мовних моделей, які демонструють високі результати у задачах опрацювання природної мови та програмування [5; 12]. Такі моделі активно впроваджуються в освіті, зокрема у підготовці фахівців ІТ-галузі, забезпечуючи підтримку написання, аналізу та налагодження програмного коду, а також сприяючи персоналізації навчання і підвищенню ефективності освітнього процесу [11]. Розробляються також комплексні інтелектуальні системи навчання, що поєднують механізми взаємодії, рефлексії та адаптивної реакції, використовуючи інструменти на основі великих мовних моделей та динамічні модулі пам'яті для забезпечення довготривалої індивідуалізованої взаємодії [4; 10].

Водночас інтеграція штучного інтелекту в освітні системи супроводжується низкою викликів, пов'язаних із необхідністю адаптації навчальних програм, підготовки викладачів та забезпечення відповідності сучасним вимогам ІТ-галузі [2; 8]. Особливої актуальності набуває проблема оцінювання результатів навчання в умовах використання ШІ, де виникають суперечності між автентичністю та інноваційністю оцінювання, збереженням базових компетентностей і використанням інтелектуальних інструментів, а також між масштабованістю рішень і необхідністю персоналізації навчання [1].

Важливим напрямом досліджень є застосування онтологічних підходів для формалізації знань у освітніх системах. Онтології дозволяють структурувати предметну область, визначати основні концепти та встановлювати семантичні зв'язки між ними, що створює основу для побудови інтелектуальних систем і семантичного опрацювання інформації [6]. Зокрема, онтології активно використовуються у рекомендаційних системах електронного навчання, де забезпечують формалізоване подання знань про навчальні ресурси та користувачів, що сприяє підвищенню якості рекомендацій і ефективності навчання [14].

Окрему увагу в сучасних дослідженнях приділено поєднанню онтологій і графів знань із великими мовними моделями, що розглядається як перспективний напрям розвитку інтелектуальних освітніх систем [3]. Графи знань забезпечують структуроване та інтерпретоване подання знань, тоді як великі мовні моделі – гнучке опрацювання природної мови та генерацію контенту. Їхня інтеграція дозволяє поєднати переваги обох підходів і забезпечити точніші, адаптивніші та інтерпретованіші результати в освітніх застосуваннях. Разом з тим, аналіз наукових праць свідчить про відсутність інтегрованих онтологічних моделей, що поєднують педагогічні та технічні аспекти предметної області інтелектуального асистента викладача ІТ-галузі, а також забезпечують їх використання у контексті сучасних інтелектуальних технологій. Це зумовлює необхідність розроблення відповідних онтологічних моделей, що враховують специфіку ІТ-освіти та можливості сучасних засобів штучного інтелекту.

Метою дослідження є розроблення онтологічної моделі предметної області «інтелектуальний асистент викладача ІТ-галузі», яка забезпечує формалізоване подання знань, визначення основних концептів і встановлення семантичних зв'язків між ними.

Методи дослідження. У дослідженні використано комплекс взаємодоповнювальних методів. Системний аналіз застосовано для визначення структури предметної області та встановлення взаємозв'язків між її компонентами. Метод концептуального моделювання використано для виокремлення основних сутностей, їх властивостей і відношень. Онтологічний підхід забезпечив формалізацію знань у вигляді системи концептів і семантичних зв'язків. Для подання структури онтології використано методи семантичного моделювання, що дозволяють відобразити ієрархію класів та відношення між ними.

Виклад основного матеріалу дослідження. Концептуалізація предметної області є базовим етапом розроблення інтелектуальних систем і забезпечує формування теоретичного підґрунтя для подальшої формалізації знань. У контексті створення інтелектуального асистента викладача вона спрямована на системне подання педагогічної діяльності та її інтеграцію з доменними знаннями ІТ-галузі. Під концептуалізацією предметної області розуміється процес виокремлення системи базових понять, їх властивостей і взаємозв'язків, що відображають суттєві характеристики відповідної сфери діяльності. Результатом цього процесу є концептуальна модель, яка виступає основою для подальшого проектування та реалізації інтелектуальних систем.

У контексті дослідження інтелектуального асистента викладача концептуалізація передбачає визначення ключових концептів, їх семантики, атрибутів і відношень. Особлива увага приділяється встановленню ієрархічних і асоціативних зв'язків, що забезпечує цілісне подання структури предметної області та створює передумови для її формалізації у вигляді онтології. Специфіка ІТ-галузі зумовлює необхідність врахування високої динамічності знань, швидкої зміни технологій та постійного розширення предметної області. У зв'язку з цим концептуальна модель відображає не лише статичну структуру знань, але й їх еволюційний характер, що забезпечує можливість інтеграції нових технологічних сутностей та оновлення існуючих концептів. Концептуалізація предметної області «інтелектуальний асистент викладача ІТ-галузі» ґрунтується на системному аналізі професійної діяльності викладача, структури освітнього процесу та доменних знань галузі ІТ. Це дозволяє сформулювати систему концептів і встановити семантичні зв'язки між ними як основу для побудови онтологічної моделі.

Предметна область інтелектуального асистента викладача ІТ-галузі є міждисциплінарною та поєднує педагогічні та технічні знання. Професійна діяльність викладача охоплює педагогічне проектування навчального процесу, розроблення навчально-методичних матеріалів, організацію навчальної діяльності, оцінювання результатів навчання та аналітику освітніх даних. Особливістю ІТ-освіти є її орієнтація на практичну діяльність, що передбачає використання реальних інструментів програмної розробки, відкритих репозиторіїв, технічної документації та практик командної роботи. Це зумовлює необхідність відображення у моделі не лише освітніх компонентів, але й об'єктів ІТ-домену.

У результаті аналізу предметної області виокремлено основні групи об'єктів: освітні об'єкти (освітні компоненти, модулі, теми, результати навчання, компетентності, навчальні матеріали, завдання, результати оцінювання); об'єкти ІТ-домену (алгоритми, структури даних, програмний код, мови програмування та інші).

Ключові процеси формують цикл педагогічної діяльності, який включає проектування навчання, підготовку матеріалів, організацію навчальної діяльності, виконання завдань, оцінювання результатів та аналіз освітніх даних. Інформаційні потоки відображають взаємодію між викладачем, здобувачами освіти, навчальними матеріалами та зовнішніми ІТ-ресурсами. У цьому контексті інтелектуальний асистент викладача розглядається як інтелектуальна система, що забезпечує підтримку професійної діяльності шляхом опрацювання освітніх даних, інтеграції знань і формування рекомендацій. Результати аналізу предметної області слугують основою для виокремлення ключових концептів, що відображають структуру та функціонування інтелектуального асистента викладача. Визначення концептів є ключовим етапом концептуалізації, оскільки саме на цьому рівні формується система знань, що підлягає подальшій формалізації та онтологічному поданню.

Концепти інтерпретуються як абстрактні сутності, що репрезентують об'єкти, процеси та явища предметної області, а також їх властивості й семантичні відношення. Сукупність концептів формує концептуальну модель, яка відображає структуру предметної області та логіку її функціонування.

З урахуванням міждисциплінарного характеру предметної області концепти структуровано за функціонально-семантичними групами:

$$C = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6\},$$

де:

- C_1 – суб'єкти освітнього процесу;
- C_2 – структурні компоненти освітнього процесу;
- C_3 – процеси навчальної діяльності;
- C_4 – доменні концепти ІТ-галузі;

C_5 – процеси функціонування інтелектуального асистента;

C_6 – освітні дані.

Група C_1 охоплює суб'єкти освітнього процесу, зокрема викладача та здобувача освіти як основних учасників взаємодії, а також інтелектуального асистента як активний елемент системи підтримки навчання.

Група C_2 включає структурні компоненти освітнього процесу: освітні програми, освітні компоненти, модулі, теми, компетентності, результати навчання, навчальні матеріали та навчальні завдання. Ці концепти визначають змістову та цільову структуру навчання.

Група C_3 відображає процеси навчальної діяльності, зокрема організацію навчання, виконання завдань, оцінювання результатів та застосування критеріїв оцінювання. Вона забезпечує опис динамічної складової освітнього процесу.

Група C_4 охоплює доменні концепти ІТ-галузі: алгоритми, структури даних, мови програмування, програмний код, архітектуру програмного забезпечення та технології розроблення. Додатково враховано сутності, що відображають процес розроблення програмного забезпечення, зокрема репозиторії коду, версії, коміти та тестові сценарії. Це дозволяє врахувати життєвий цикл програмного продукту та специфіку навчання програмування.

Група C_5 включає процеси функціонування інтелектуального асистента, зокрема аналіз навчальних завдань, перевірку програмного коду, виявлення помилок, формування рекомендацій і надання зворотного зв'язку. Ці концепти відображають інтелектуальні функції системи.

Група C_6 охоплює освітні дані, що формуються в процесі навчання, включаючи результати виконання завдань, показники успішності, активність студентів, а також специфічні для ІТ-освіти дані, такі як програмний код, історія його змін і результати тестування.

Взаємозв'язки між концептами відображають структурно-функціональну організацію предметної області. Зокрема, освітні компоненти пов'язані з модулями та темами, які включають навчальні матеріали й завдання; виконання завдань забезпечує досягнення результатів навчання, що підлягають оцінюванню за визначеними критеріями. При цьому зміст навчання інтегрується з доменними концептами ІТ-галузі, що забезпечує поєднання педагогічної та технічної складових. Таким чином, систематизація концептів дозволяє сформулювати цілісну концептуальну модель предметної області, яка є основою для побудови онтологічної моделі інтелектуального асистента викладача ІТ-галузі.

Концепти, визначені на етапі концептуалізації предметної області інтелектуального асистента викладача ІТ-галузі, підлягають формалізації з метою їх подання в онтологічній моделі. Формалізація передбачає опис концептів у вигляді класів, встановлення ієрархічних зв'язків між ними, а також визначення семантичних відношень і атрибутів. Це забезпечує можливість машинної інтерпретації знань і реалізації інтелектуальних функцій системи.

Узагальненим верхньорівневим класом онтології є клас *Entity*, від якого успадковуються базові класи предметної області, зокрема *Teacher*, *Student*, *Course*, *Module*, *Topic*, *LearningTask*, *LearningOutcome*, а також доменні класи, такі як *Algorithm* і *SourceCode* та інші. Ієрархічна структура класів формується за принципом узагальнення та спеціалізації. Наприклад, клас *LearningTask* деталізується підкласами *LaboratoryWork*, *PracticalTask* та *ProjectTask*, що дозволяє врахувати різні типи навчальної діяльності. Семантичні зв'язки між класами реалізуються у вигляді об'єктних властивостей. До основних відношень належать:

teaches (викладач – курс),
studies (студент – курс),
hasModule (курс – модуль),
hasTopic (модуль – тема),
hasTask (тема – навчальне завдання),
performs (студент – завдання),
producesOutcome (завдання – результат навчання).

Для відображення специфіки ІТ-галузі введено додаткові відношення, зокрема зв'язки між програмним кодом, алгоритмами та тестуванням (*implementsAlgorithm*, *testedBy*, *producesCode*), що забезпечує інтеграцію педагогічної та інженерної складових. Атрибутивні характеристики описано датовими властивостями (назва курсу, кількість кредитів, складність завдання, максимальна оцінка), що формалізує параметри навчального процесу. Запропонована онтологічна модель забезпечує структуроване подання знань, підтримує виконання семантичних запитів і створює основу для інтеграції з інтелектуальними компонентами системи (Рис. 1).

Реалізовано підхід подвійної онтології, який передбачає інтеграцію педагогічної та доменної підсистем у межах єдиної формалізованої структури. Інтелектуальний асистент виступає зв'язуючим елементом між ними, забезпечуючи взаємодію між освітніми процесами та знаннями ІТ-галузі. Педагогічна підсистема охоплює суб'єктів освітнього процесу, структуру навчання, навчальні матеріали, завдання та результати навчання, тоді як доменна підсистема включає концепти

програмної інженерії, зокрема програмний код, алгоритми, мови програмування, структури даних і артефакти розробки (версії, тестові сценарії). Інтеграцію підсистем реалізовано через семантичні зв'язки між навчальними завданнями та доменними об'єктами, що дозволяє враховувати як результати навчання, так і процес їх досягнення.

Модель характеризується адаптивністю, що забезпечує можливість розширення доменної складової відповідно до розвитку ІТ-галузі без порушення її цілісності. Таким чином, онтологічна модель формує інтегроване подання знань, поєднуючи педагогічні та технічні аспекти, і слугує основою для реалізації інтелектуального асистента викладача.

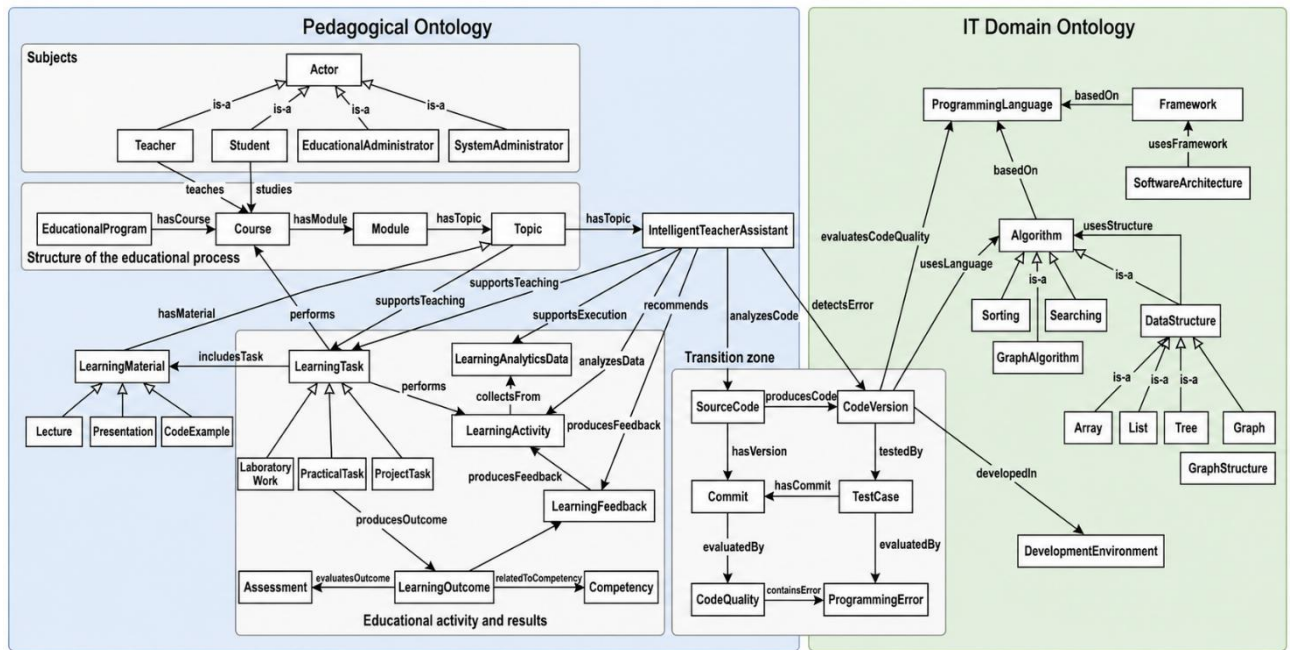


Рис. 1. Фрагмент онтологічної моделі інтелектуального асистента викладача ІТ-галузі

Семантичні відношення між класами формалізують структуру навчального процесу (course-module-topic), взаємозв'язки між навчальними завданнями та результатами навчання, а також зв'язки між програмним кодом, алгоритмами, мовами програмування та тестовими сценаріями. Включення процесів програмної діяльності студентів реалізується через відношення між навчальними завданнями та програмним кодом, а також через зв'язки, що описують тестування, оцінювання та зберігання програмних артефактів.

Для забезпечення логічної узгодженості визначено обмеження на відношення між класами, зокрема кардинальні та обмеження існування зв'язків. Атрибутивні характеристики задано датовими властивостями, що дозволяють формалізувати кількісні та якісні параметри навчальної діяльності та програмного коду. Модель підтримує семантичні запити, логічне виведення знань і інтелектуальний аналіз навчальної діяльності, включаючи аналіз програмного коду, виявлення помилок і формування рекомендацій. Вона є придатною до подальшого розширення та інтеграції з програмною архітектурою інтелектуального асистента.

Інтелектуальний асистент викладача ІТ-галузі розглядається як інформаційно-аналітична система, функціонування якої ґрунтується на інтеграції онтологічного подання знань, механізмів опрацювання даних і логічного виведення. Для узагальненого опису структури та поведінки системи використовується кортежне подання.

У загальному вигляді інтелектуальний асистент визначається кортежем:

$$IAS = \langle A, C, D, R, P, F, I, O \rangle,$$

де A – множина акторів, C – множина концептів предметної області, D – множина даних, R – множина семантичних відношень, P – множина атрибутивних властивостей, F – множина функцій системи, I – множина вхідних впливів, O – множина вихідних результатів.

Множина концептів формується на основі онтологічної моделі та включає педагогічні, доменні, процесні та системні складові. Множина даних охоплює як освітні дані (результати навчання, оцінки, активність студентів), так і дані програмної діяльності, зокрема програмний код, історію його змін і результати тестування. Семантичні відношення задають зв'язки між концептами та забезпечують структурну узгодженість моделі, тоді як атрибутивні властивості визначають кількісні та якісні характеристики сутностей.

Функціональна складова системи включає процеси генерації, оцінювання, аналітики та формування рекомендацій, які у сукупності забезпечують інтелектуальну підтримку навчальної діяльності. Узагальнений процес функціонування системи подана у вигляді відображення:

$$\Phi: I \times D \rightarrow O,$$

що описує перетворення вхідних даних у педагогічно значущі результати, такі як навчальні матеріали, оцінки та рекомендації.

База знань системи визначається як структурований кортеж:

$$KB = \langle C, R, P, D \rangle,$$

який інтегрує концептуальний, реляційний та атрибутивний рівні подання знань. Її розвиток має динамічний характер і забезпечує адаптацію системи до змін у предметній області.

Формалізоване подання інтелектуального асистента узгоджується з онтологічною моделлю та забезпечує опис як структурних, так і функціональних аспектів системи, створюючи основу для реалізації інтелектуальних сервісів підтримки навчання. Інтелектуальний асистент викладача ІТ-галузі розглядається як система взаємопов'язаних функціональних модулів, що реалізують послідовне опрацювання освітніх даних. Взаємодія модулів формалізується у вигляді композиції відображень, яка забезпечує перетворення вхідної інформації у педагогічно значущі результати.

Нехай D – множина освітніх даних, що включає як традиційні результати навчання, так і дані програмної діяльності студентів (програмний код, результати тестування, показники якості коду, журнали виконання програм), KB – база знань, а O – множина вихідних результатів. Тоді процес функціонування системи задається композицією відображень:

$$\Phi = f_{rec} \circ f_{anal} \circ f_{eval} \circ f_{inf} \circ f_{prep},$$

де композиція виконується справа наліво, тобто кожне відображення застосовується до результату попереднього, що забезпечує узгодженість усієї послідовності перетворень.

Початковим етапом є модуль попереднього опрацювання даних:

$$f_{prep}: D \rightarrow D',$$

де D' – нормалізована та структурована множина даних. На цьому етапі здійснюється очищення даних, уніфікація форматів і підготовка до подальшого аналізу. В ІТ-галузі цей етап також включає синтаксичний розбір програмного коду, нормалізацію його структури, виокремлення ключових елементів (функцій, змінних, класів) та підготовку даних для подальшого аналізу.

Модуль логічного виведення використовує онтологічну модель та базу знань:

$$f_{inf}: D' \times KB \rightarrow D'',$$

де D'' включає як вихідні дані, так і нові знання, отримані в результаті логічного виведення. Зазначений модуль забезпечує встановлення неявних семантичних зв'язків між сутностями предметної області. Зокрема, у контексті ІТ-освіти модуль логічного виведення дозволяє встановлювати відповідність між програмним кодом і алгоритмічними конструкціями, виявляти використані структури даних та ідентифікувати типові патерни програмування.

Модуль оцінювання реалізує відображення:

$$f_{eval}: D'' \rightarrow E,$$

де E – множина оцінок і показників досягнення результатів навчання, сформованих на основі визначених критеріїв оцінювання. У ІТ-галузі оцінювання ґрунтується не лише на кінцевому результаті, але й на характеристиках програмного коду, таких як коректність виконання, ефективність алгоритму, кількість помилок, відповідність вимогам завдання та рівень покриття тестами.

Аналітичний модуль задається відображенням:

$$f_{anal}: E \times D'' \rightarrow A,$$

де A – множина аналітичних висновків, що характеризують динаміку навчальної діяльності, типові помилки та рівень засвоєння матеріалу. У цьому контексті аналітичний модуль забезпечує виявлення типових помилок у програмному коді, аналіз динаміки їх виправлення, визначення рівня сформованості програмних компетентностей і прогнозування подальших результатів навчання.

Модуль формування рекомендацій визначається як:

$$f_{rec}: A \times KB \rightarrow Rec,$$

де $Rec \subseteq O$ – множина рекомендацій, спрямованих на підтримку навчальної діяльності студентів і прийняття педагогічних рішень викладачем. Зокрема, рекомендації можуть включати пропозиції щодо оптимізації програмного коду, вибору ефективніших алгоритмів, усунення помилок, а також індивідуалізовані навчальні матеріали для поглиблення знань.

Узагальнене відображення функціонування системи має вигляд:

$$F: D \times KB \rightarrow O,$$

де відображення F реалізується композицією Φ , що визначає послідовність перетворень даних у системі, а множина результатів визначається як

$$O = E \cup A \cup Rec.$$

Послідовність перетворень даних у системі подано у вигляді інформаційного потоку:

$$D \rightarrow D' \rightarrow D'' \rightarrow E \rightarrow A \rightarrow Rec,$$

що відображає еволюцію даних від первинної інформації до знань, придатних для підтримки навчального процесу. В ІТ-галузі цей процес інтерпретують як послідовне перетворення програмного коду від початкового варіанту до оптимізованого рішення, що проходить етапи аналізу, оцінювання, виявлення помилок та формування рекомендацій щодо його вдосконалення.

Запропонована формалізація дозволяє інтерпретувати інтелектуальний асистент як узгоджену систему опрацювання знань, у якій кожен модуль реалізує формально визначене перетворення даних. Такий підхід забезпечує формальну визначеність процесів функціонування системи, узгодженість опрацювання даних, можливість модульної масштабованості та інтеграцію з онтологічною моделлю і механізмами логічного виведення.

Формалізоване подання процесу функціонування інтелектуального асистента у вигляді композиції відображень створює формальне підґрунтя для визначення критеріїв оцінювання ефективності системи. Зокрема, кожен етап перетворення даних охарактеризований відповідними показниками якості, точності, продуктивності та корисності результатів. У випадку ІТ-освіти такі показники включають точність виявлення помилок, ефективність оцінювання програмного коду, швидкість опрацювання даних та релевантність сформованих рекомендацій.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У результаті проведеного дослідження розроблено онтологічну модель предметної області інтелектуального асистента викладача ІТ-галузі, яка забезпечує формалізоване подання знань у вигляді системи концептів, їх властивостей і семантичних відношень. Запропонований підхід дозволяє інтегрувати педагогічні та доменні знання в межах єдиної структурованої моделі, що є основою для реалізації інтелектуальних освітніх систем. Визначено основні групи концептів предметної області, які відображають суб'єктів освітнього процесу, структурні компоненти навчання, процеси навчальної діяльності, доменні об'єкти ІТ-галузі, функціональні можливості інтелектуального асистента та освітні дані. На основі цих концептів сформовано ієрархію класів і систему семантичних зв'язків, що забезпечує цілісне подання структури предметної області.

Розроблена онтологічна модель реалізує принцип подвійної інтеграції, поєднуючи педагогічну та технічну складові, що дозволяє враховувати специфіку ІТ-освіти, зокрема формалізований характер результатів навчання у вигляді програмного коду, а також необхідність його аналізу та оцінювання. Додатково запропоновано формалізоване подання інтелектуального асистента та модель взаємодії його функціональних модулів, що забезпечує узгоджене опрацювання освітніх даних і формування педагогічно значущих результатів.

Отримані результати створюють теоретичне підґрунтя для подальшого розроблення інтелектуальних систем підтримки освітнього процесу, зокрема інтелектуального асистента викладача. Перспективи подальших досліджень пов'язані з реалізацією запропонованої онтологічної моделі у вигляді програмної системи, інтеграцією її з великими мовними моделями, а також проведенням експериментальної перевірки ефективності інтелектуального асистента в умовах реального освітнього процесу.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Джерела фінансування. Дослідження не отримувало зовнішнього фінансування.

Доступність даних. Це дослідження не передбачало використання окремих наборів даних.

Використання засобів штучного інтелекту (ШІ). Інструменти штучного інтелекту використовувалися для оформлення списку джерел та References згідно з вимогами видання.

Список використаних джерел / References

1. Abbasnejad B., Soltani S., Taghizadeh F., Zare A. Developing a multilevel framework for AI integration in technical and engineering higher education: insights from bibliometric analysis and ethnographic research. *Interactive Technology and Smart Education*. 2026. Vol. 23, No. 1. P. 49–79. <https://doi.org/10.1108/ITSE-12-2024-0314>
2. Alam A., Mohanty A. Educational technology: Exploring the convergence of technology and pedagogy through mobility, interactivity, AI, and learning tools. *Cogent Engineering*. 2023. Vol. 10, No. 2. P. 2283282. <https://doi.org/10.1080/23311916.2023.2283282>
3. Chen G., et al. Knowledge graph and large language model integration with focus on educational applications: A survey. *Neurocomputing*. 2025. Vol. 654. P. 131230. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2025.131230>
4. Chen Y., Ding N., Zheng H.-T., Liu Z., Sun M., Zhou B. Empowering private tutoring by chaining large language models. 2023. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.08112>

5. Gan W., Qi Z., Wu J., Lin J. C.-W. Large language models in education: Vision and opportunities. 2023. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.13160>
6. Ivanova T. Ontology-Based Layered Hybrid AI-Driven Knowledge Model for Personalized E-Learning. *Mathematics*. 2026. Vol. 14, No. 5. P. 808. <https://doi.org/10.3390/math14050808>
7. Kamalov F., Santandreu Calonge D., Gurrib I. New era of artificial intelligence in education: Towards a sustainable multifaceted revolution. *Sustainability*. 2023. Vol. 15, No. 16. P. 12451. <https://doi.org/10.3390/su151612451>
8. Oyetade K., Zuva T., Harmse A. Integrating Industry 4.0 technologies into IT education. *Cogent Education*. 2025. Vol. 12, No. 1. P. 2479195. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2479195>
9. Pasichnyk V., Kunanets N., Yunchyk V., Khomyak M., Fedonyuk A., Knysh Y. Expert assessment of educational content in IT specialists training process. *Proceedings of the Modern Data Science Technologies Workshop (MoDaST-2024)*. 2024. Vol. 3723. P. 121–132. <https://ceur-ws.org/Vol-3723/paper8.pdf>
10. Pasichnyk V., et al. Model of the recommender system for the selection of electronic learning resources. *MoMLet+DS* 2023. 2023. Vol. 3426. P. 344–355. <https://ceur-ws.org/Vol-3426/paper28.pdf>
11. Raihan N., Siddiq M. L., Santos J. C. S., Zampieri M. Large language models in computer science education: A systematic literature review. 2024. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.16349>
12. Shi Y., Yu K., Dong Y., Chen F. Large language models in education: A systematic review of empirical applications, benefits, and challenges. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2026. Vol. 10. P. 100529. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100529>
13. Wang S., Wang F., Zhu Z., Wang J., Tran T., Du Z. Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Expert Systems with Applications*. 2024. Vol. 252. P. 124167. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167>
14. Yunchyk V., Fedonyuk A., Khomyak M., Yatsyuk S. Cognitive modeling of the learning process of training IT specialists. *CEUR Workshop Proceedings*. 2021. Vol. 2917. P. 141–150. <https://ceur-ws.org/Vol-2917/paper13.pdf>
15. Zerkouk M., Mihoubi M., Chikhaoui B. A comprehensive review of AI-based intelligent tutoring systems: Applications and challenges. 2025. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2507.18882>

| Матеріал надійшов до редакції: 25.04.2026 р. | Прийнято до друку: 29.05.2026 р. | Опубліковано: 30.06.2026 р. |



This work is licensed under a Creative Commons License Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).