

## ОНТОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОСИСТЕМИ ОСВІТИ ДОРΟΣЛИХ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПЕРСОНІФІКАЦІЇ

Стаття присвячена розробці методів семантичного розширення профілів дорослих здобувачів освіти для персоніфікації навчального процесу в умовах цифрової трансформації. Проаналізувавши міжнародні стандарти метаданих для профілювання здобувачів освіти та навчальних об'єктів, ми виявили, що жоден із них не забезпечує достатньої гнучкості для профілювання дорослих здобувачів освіти, особливо в контексті андрагогіки. Ми розглянули кілька типових практичних ситуацій, що демонструють необхідність додаткових семантичних властивостей профілю (професійна спеціалізація, освітня мобільність та мультимовність, життєві обставини здобувача освіти, особливі потреби для інклюзивного навчання, неформальна освіта та мікрокваліфікації, навчання під обстрілами в умовах воєнного стану, психоемоційна травма), визначили потрібні додаткові семантичні властивості та очікуваний ефект від їх використання. На базі цього запропоновано підхід до гнучкого розширення стандартів на основі онтологічного моделювання екосистеми навчання дорослих, який використовує класифікацію додаткових семантичних властивостей профілю дорослого здобувача освіти за групами: тип освітньої активності, контекст навчання, мотивація, професійна ціль, соціальна роль, психоемоційний стан, інституція.

Переваги запропонованого рішення демонструє прототип системи інтелектуальної підтримки аспірантів, що використовує Semantic MediaWiki та великі мовні моделі. Система реалізує архітектуру генерації з розширеним пошуком, поєднуючи онтологічно структуровані знання з можливостями генеративного аналізу текстів. Апробація системи в Інституті програмних систем Національної академії наук України підтвердила ефективність семантичного профілювання для побудови персоніфікованих освітніх траєкторій та інтелектуального пошуку навчальних ресурсів.

Ключові слова: онтологічне моделювання, семантичне профілювання, дорослі здобувачі освіти, персоніфіковане навчання, Semantic MediaWiki, великі мовні моделі, цифрова екосистема навчання.

*Ju.V. Rogushina, K.Yu. Yurchenko*

## ONTOLOGICAL MODELING OF ADULT LEARNING ECOSYSTEM AS A PERSONALIZATION TOOL

The article is devoted to the development of methods for semantic expansion of adult learners' profiles for personalization of education in the context of the digital transformation. We analyse metadata standards used for describing of learners and learning objects and define that these standards have insufficient flexibility for profiling adults, especially in the andragogical context. We consider some practical situations that demonstrate the need for additional semantic properties of the profile (professional specialisation, educational mobility and multilingualism, the life circumstances of the learner, special needs for inclusive learning, informal education and micro-qualifications, learning under fire in a state of martial law, and psycho-emotional trauma) and determine the additional semantic properties and the expected effect of their use. On this base an approach to flexible extension of standards based on ontological modelling of the adult learning ecosystem is proposed. This approach uses classification of additional semantic properties of the profile of an adult learner by groups: type of educational activity, learning context, motivation, professional goal, social role, psycho-emotional state, institution.

An prototype system for intelligent support of postgraduate students based on Semantic MediaWiki and large language models is described. The system implements a generation architecture with advanced search, combining ontologically structured knowledge with the capabilities of generative text analysis. Testing of the approach at the Institute of Software Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine confirmed the effectiveness of semantic profiling for building personalised educational trajectories and intelligent search for educational resources.

Keywords: ontological modeling, semantic profiling, adult learners, personalized learning, Semantic MediaWiki, large language models, digital learning ecosystem.

## Вступ

Цифрова трансформація (ЦТ) науки й освіти зумовлена потребою ефективної роботи з великими обсягами даних, однак більшість освітніх і наукових матеріалів усе ще подані у слабоструктурованій формі. Це ускладнює пошук пертинентних ресурсів і потребує моделей, здатних розширювати наявні стандарти та адаптувати їх до конкретних завдань.

Особливо складною є побудова персоналізованих рекомендацій та індивідуальних освітніх траєкторій, що вимагає аналізу різномірних природномовних описів. Для дорослих здобувачів ці завдання ускладнюються гетерогенністю досвіду й мотивації. У межах цифрової екосистеми навчання (DLE), що поєднує біотичні та абіотичні компоненти освітнього середовища [1], виникає потреба у розширених параметрах профілю здобувача, здатних коректно відображати специфіку андрагогічного навчання.

## Семантичне профілювання здобувачів освіти

Розробка динамічного профілю дорослого здобувача освіти в різноманітних освітніх системах вимагає (у семантично збагаченому моделюванні освітніх потреб, мотиваційних установок, життєвих обставин та неформального досвіду) розширення структури метаданих у контексті андрагогіки – науки про навчання дорослих.

Семантичне розширення профілю потребує чіткого визначення змісту додаткових параметрів, їх узгодження з наявними елементами профілю та розуміння того, як ці параметри можуть бути використані для підвищення ефективності організації навчального процесу.

Система підтримки професійної діяльності андрагога передбачає персоналізацію процесу навчання, а саме – допомогу у розробці *індивідуальних освітніх траєкторій* (Personal Learning Trajectory – PLT) на основі семантичного співставлення профілів, навчальних ресурсів, курсів та компетенцій [2].

Важливо розуміти, що для дорослих здобувачів освіти такі профілі можуть мати значно більше відмінностей та містити багато додаткових параметрів.

Найпоширеніші стандарти профілів:

- IMS Learner Information Package (LIP) – Стандарт для опису профілю здобувача освіти: особисті дані, результати навчання, компетенції, уподобання [3];
  - IEEE PAPI (Public and Private Information for Learners) – Модель для управління приватною та публічною інформацією про здобувачів освіти у навчальних системах [4];
  - Dublin Core Metadata Initiative (DCMI) – Загальний стандарт метаданих, що використовується для опису освітніх ресурсів і профілів [5];
  - xAPI (Experience API / Tin Can API) – Стандарт для запису навчальних дій здобувачів освіти у форматі "актор – дія – об'єкт" [6]
  - SCORM (Sharable Content Object Reference Model) – Стандарт для інтеграції навчального контенту та відстеження прогресу здобувачів освіти [7]
- Зараз ці стандарти широко застосовуються у системах підтримки навчального процесу (Learning Management Systems, LMS) (Таб.1).

Таблиця 1. Використання стандартів у навчальних системах

| Система          | Опис                                                           | URL            | Використані стандарти    |
|------------------|----------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------|
| Moodle           | Відкрита LMS, що підтримує SCORM, xAPI, IMS LIP через плагіни. | moodle.org     | SCORM, xAPI, IMS LIP     |
| Canvas LMS       | Комерційна LMS з підтримкою xAPI, IMS LIP, інтеграцією з SIS.  | canvaslms.com  | xAPI, IMS LIP            |
| Blackboard Learn | Потужна LMS з підтримкою SCORM, xAPI, Dublin Core.             | blackboard.com | SCORM, xAPI, Dublin Core |

Кожен із цих стандартів має певні переваги та недоліки, обумовлені цілями їх створення.

*IMS Learner Information Package (IMS LIP)*

IMS LIP – один із найдетальніших стандартів для опису профілю здобувача освіти, що охоплює різноманітні аспекти навчання та ідентифікації особистості.

IMS LIP [8] уможливорює глибоке моделювання освітньої траєкторії, він гнучкий для адаптивного навчання та сумісний з іншими стандартами. Проте складний у реалізації, а поведінкові аспекти моделюються слабо, без розширень.

*IEEE PAPI (Public and Private Information for Learners)*

PAPI [9] фокусується на структурованому зберіганні публічної та приватної інформації про здобувачів освіти

Стандарт доволі простий, що забезпечує його застосування не лише в освіті, а й у суміжних сферах, але має меншу деталізацію порівняно з IMS LIP. Адаптивне навчання підтримується поверхово.

Dublin Core Metadata Initiative (DCMI) [5] – це універсальна схема метаданих, яка часто використовується для опису освітніх ресурсів, але також може застосовуватись для опису профілів.

Стандарт легко реалізується завдяки простій структурі. Він придатний для індексації освітніх ресурсів і широко використовується в бібліотечних та наукових системах. Тому профілі здобувачів освіти, побудовані на його основі, зручно інтегрувати з тими LO, які вони мають вивчати. Але DCMI не орієнтований саме на моделювання профілю здобувача освіти, і тому він пропонує досить обмежені можливості для опису навчального досвіду, поведінки або оцінювання. Для глибокої семантики потрібні додаткові модулі RDF або OWL.

*Experience API (xAPI / Tin Can API)*

xAPI [6] – сучасний стандарт для опису навчальних подій за моделлю: "актор – дія – об'єкт".

Перевагою стандарту є висока гнучкість – xAPI дозволяє збирати дані з будь-яких джерел, таких як мобільні застосунки та ігрові платформи. Аналіз поведінки здобувача освіти стає глибоким і багато-

вимірним. Працює незалежно від LMS, використовуючи Learning Record Store (LRS). Але у стандарті немає єдиної структури профілю – лише фрагментарні записи дій, тому він потребує додаткової інфраструктури LRS.

*SCORM (Sharable Content Object Reference Model)*

SCORM [7] – один із найстаріших і найпоширеніших стандартів у LMS.

Найважливішими перевагами цього стандарту є проста інтеграція у навчальні платформи, підтримка багатьох форматів контенту та можливість обміну. З іншого боку, стандарт має значні недоліки: застарілий формат, обмежена підтримка сучасних технологій, відсутність фіксації неструктурованих даних та підтримки адаптивного чи персоналізованого навчання.

Цей аналіз демонструє, що кожен стандарт має своє призначення: від глибокої персоналізації (IMS LIP) до масштабного збору подій (xAPI). Аналіз показує необхідність інтеграції стандартів із семантичними веб-технологіями (RDF, OWL, Linked Data), появу гібридних моделей та глибшу підтримку персоналізованого навчання з психометричними профілями та мотиваційними індикаторами.

## Семантичне профілювання викладачів

Аналіз публікацій та документів зі створення ІОТ показує, що профіль викладача використовується переважно формально, без урахування компетенцій та досвіду практичної діяльності. Для освіти дорослих профіль андрагога має розглядатися як специфічний підклас профілю викладача [10], доповнений елементами структури профілю дослідника [11] та експерта в рекомендаційних системах [12].

Крім того, у створенні системи підтримки аспірантів для викладачів потрібно виокремлювати наступні ролі: науковий керівник або науковий консультант, рецензент, опонент, викладач навчального курсу.

Ці ролі потребують співставлення з характеристиками здобувача освіти, але у більшості стандартів, що використовуються для профілювання викладачів у системах освіти, їх порівняння не передбачені.

Тому профілі викладачів доцільно доповнювати елементами, специфічними саме для наукової діяльності. А це:

- Набір публікації андрагога та кількість цитувань у наукометричних базах;
- Набір LO, які він обирає, дозволяє генерувати набір ключових слів (відповідно до предметної області в розумінні цього науковця);
- Досвід попереднього спілкування для прогнозування успішності навчання.

Крім професійної компетентності, доцільно відображати у профілі викладача й інші параметри, що можуть вплинути на ефективність взаємодії зі здобувачем освіти [13].

### **Метаописи навчальних об'єктів**

Для побудови ІОТ необхідно використовувати відомості про ті відкриті освітні інформаційні ресурси, що пертинентні певній спеціальності та можуть бути використані в процесі її вивчення. Для навчання аспірантів відбір та оцінювання якості таких LO мають здійснювати їхні наукові керівники та викладачі. Для аналізу інформації потрібно визначити, які характеристики мають бути враховані. Далі LO ми розглядаємо як інформаційний ресурс, забезпечений метаданими, релевантними до навчального процесу.

Основні категорії LO – це: підручник; нормативний документ; наукова публікація; словник; портал; навчальний курс; енциклопедія.

Недоліки існуючих підходів до пошуку LO полягають у складності повного розуміння метаописів, що визначають властивості та значення цифрових ресурсів, у жорсткості схем опису, які не дозволяють додавати параметри відповідно до семантики певної предметної області чи особливостей слухачів. А також у зорієнтованості таких репозиторіїв на великі освітні спільноти, а не на роботу невеликих груп – зокрема, дослідницької спільноти конкретної наукової установи. Тому доцільним є доповнення існуючих підходів інструментами, що на основі семантичних технологій підтримують розвиток структури й змісту цифрових ресурсів для створення персона-

лізованого інформаційного середовища андрагога.

Нині існує широкий спектр інструментів та середовищ для обробки й аналізу навчальних об'єктів, що забезпечують їх пошук та індексацію. Стандарт Learning Objects Metadata (LOM) визначає навчальний об'єкт як джерело знань і описує його різні аспекти. У цьому дослідженні навчальний об'єкт трактується як поєднання інформаційного ресурсу та його метаопису, що визначає властивості ресурсу й впливає на його вибір для використання у навчанні певного курсу чи досягненні компетентності.

Аналіз сучасних публікацій свідчить, що стандарти подання LO доцільно інтегрувати з онтологічним поданням знань щодо предметної області навчання. Онтології забезпечують формалізацію знань і створюють основу для їх повторного використання; підтримують інтероперабельність між різними системами та платформами; підвищують функціональну стійкість інтелектуальних систем.

Наприклад, у роботі [14] здійснено масштабний аналіз застосування онтологій у різних галузях — від економіки до кібернетики. Автори підкреслюють, що онтології забезпечують уніфіковану модель знань, яка дозволяє інтегрувати дані з різних джерел та підвищує відтворюваність результатів. Це особливо важливо у контексті цифрової трансформації, де дані є гетерогенними та швидко змінюваними. У [15] аналізується використання IEEE LOM у національному репозиторії, підкреслюючи роль семантичних властивостей у відкритих LOR.

У [16] розглядається семантичне розширення стандартів метаданих, яке забезпечує більш точне зіставлення навчальних об'єктів із потребами користувачів. У [17] досліджено розширення репозиторіїв LO на основі онтологій, а [18] досліджує інтеграцію репозиторіїв LO із семантичними технологіями та вікі-середовищами для підвищення інтероперабельності.

Крім того, дослідники приділяють увагу використанню онтологій для гібридних систем управління знаннями в освітній сфері [19], що може бути використано для



їх поєднання із LLM як інструменту для здобуття знань із природномовних джерел.

### **Середовище Semantic MediaWiki**

Важливим аспектом створення інтелектуальної системи підтримки аспірантури є технологічне рішення, що забезпечує гнучке використання міжнародних стандартів метаданих у репозиторії, який містить відомості про суб'єкти та об'єкти навчання. Таке середовище має дозволяти накопичувати, аналізувати й інтегрувати досвід, а також взаємодіяти із зовнішніми джерелами.

У дослідженні запропоновано використання семантичного розширення вікі-технології як основи для реалізації репозиторію, що забезпечує персоніфіковану підтримку навчання аспірантів і підвищує ефективність освітнього процесу. SMW визначено як перспективну платформу для створення таких семантичних репозиторіїв, оскільки вона підтримує RDF, OWL, SPARQL, RDFa, Microdata, а також інтеграцію онтологій і експорт у формати Linked Data.

Аналіз показав, що Dublin Core є найбільш сумісним із SMW завдяки підтримці RDF і Microdata; IMS LIP та IEEE PAPI можуть бути адаптовані через онтологічне моделювання властивостей, тоді як xAPI і SCORM потребують зовнішніх компонентів для повноцінної інтеграції. Репозиторій містить навчальні ресурси, профілі аспірантів і наукових керівників, а також нормативні документи. Основна мета системи — задоволення індивідуальних інформаційних потреб учасників освітнього процесу та підтримка добору навчальних ресурсів відповідно до тематики досліджень.

### **Особливості профілювання дорослих здобувачів освіти**

Профілювання дорослих здобувачів освіти має свою специфіку, яка відрізняється від традиційного підходу до молодіжної аудиторії.

Ключові особливості дорослих здобувачів освіти: самостійність, практична мотивація.

Аналізуючи особливості освіти дорослих, дослідники визначають такі фундаментальні умови мотивації для дорослих, як інклюзія, ставлення, значущість і компетентність [20]. Крім того, дорослі здобувачі освіти демонструють чотири різні мотиваційні профілі, які ґрунтуються на ступені автономної мотивації [21]. Ці профілі значно впливають на рівень залучення, самооцінки та глибину навчання.

Інші дослідження [22] розширюють цю ідею у змішаному аналізі мотивації в онлайн-навчанні, досліджує мотиваційні профілі дорослих здобувачів освіти за допомогою кількісного та якісного аналізу. Вони демонструють, що ефективне навчання дорослих неможливе без урахування гетерогенних мотиваційних факторів – від інструментальної цінності до емоційної причетності.

У [23] розглядається профілювання таких аспектів, як саморегуляція та цифрова готовність. Автори рекомендують застосовувати комплексні моделі характеристик здобувачів освіти з можливістю гнучкого доповнення параметрів профілю залежно від контексту – наприклад, рівня цифрової грамотності або стилю самонавчання.

Крім того, важливо профілювати якість мотивації: самодетерміновані здобувачі освіти показали найвищі результати, зусилля та оцінки [24], щоб реєструвати у профілі та аналізувати мотиваційну динаміку.

Проаналізовані дослідження свідчать, що фіксовані стандарти метаданих не здатні повністю охопити профіль дорослого здобувача освіти.

Аналіз практичних прикладів профілювання дорослих здобувачів освіти дозволяє виокремити основні групи параметрів, якими доцільно доповнювати розглянуті стандарти в Таблиці 2 для побудови профілю дорослого здобувача освіти.

Таблиця 2. Додаткові параметри профілювання дорослих здобувачів освіти

| Освітній бекграунд     | Раніше здобута освіта, сертифікати, курси                                   |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Професійний досвід     | Посада, сфера діяльності, навички, стаж                                     |
| Мотивація навчання     | Цілі (кар'єрні, особистісні), очікування                                    |
| Навчальні уподобання   | Стиль навчання (візуальний, аудіальний, практичний), формат (онлайн/офлайн) |
| Психосоціальні аспекти | Сімейний статус, наявність дітей, графік роботи, бар'єри до навчання        |
| Технічна готовність    | Доступ до пристроїв, інтернету, цифрова грамотність                         |
| Потреби в адаптації    | Особливі потреби, мова навчання, культурні особливості                      |

Ці додаткові елементи профілю дозволяють андрагогу якісніше проектувати план навчання, об'єктивно оцінювати досягнуті результати, робити акценти на ті знання та навички, які будуть потрібні здобувачу освіти у майбутньому. Крім того, врахування цих параметрів дозволяє робити сам процес навчання ефективнішим,

обираючи ті засоби, джерела та умови, що відповідають індивідуальним потребам здобувача освіти. Але потрібно проаналізувати, як розглянуті вище стандарти підтримують профілювання дорослих здобувачів освіти та потребують відповідного розширення (Таблиця 3).

Таблиця 3. Підтримка профілювання дорослих здобувачів освіти у стандартах

| Стандарт    | Підтримка профілів дорослих | Коментар                                                                                  |
|-------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| IMS LIP     | Висока                      | Моделює освітні цілі, досвід, компетенції, доступність, мотивацію                         |
| IEEE PAPI   | Середня                     | Охоплює особисті та поведінкові дані, але менш гнучкий                                    |
| xAPI        | Висока                      | Фіксує дії здобувача освіти, дозволяє аналізувати поведінку, але не має цілісного профілю |
| SCORM       | Низька                      | Зберігає лише базові дані про проходження курсів                                          |
| Dublin Core | Обмежена                    | Орієнтований на ресурси, не на здобувачів освіти                                          |

### Семантичне розширення профілю здобувача освіти: приклади

Розглянемо приклади ситуацій у таблиці 4, коли профіль дорослого здобувача освіти потребує доповнення семантичними властивостями, що впливають на побудову персоналізованої траєкторії навчання (PLT) [25].

Якщо додати до профілю семантичну властивість `learningContext:emergencyCondition` або `ex:studyingUnderThreat`, то це дозволяє наголосити, що навчання відбувається в умовах небезпеки, і тоді викладачі бачать необхідність адаптувати дедлайни та формат завдань.

Існуючі стандарти не фіксують психоемоційний стан, але, на жаль, внаслідок обстрілів здобувачі освіти можуть отримати ознаки посттравматичного стресового розладу, тривожності, депресії, що негативно впливають на здатність до навчання. Якщо додати до профілю семантичну властивість `mentalHealthStatus` або `traumaExposureLevel`, то це дозволить передбачити можливість адаптації навантаження із застосуванням програм психологічної підтримки, враховувати стан здобувачів освіти у плануванні його навчання.

Узагальнені приклади ситуацій наведено в таблиці 4.

Таблиця 4. Узагальнення ситуацій семантичного розширення профілю здобувача освіти

| Ситуація                                | Проблема без розширення                             | Семантична властивість                                   | Очікуваний ефект                                                        |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Професійна спеціалізація                | Абстрактні освітні цілі                             | desiredOccupational Sector                               | Пропозиція релевантних навчальних матеріалів                            |
| Освітня мобільність та мультимовність   | Відсутність інформації про мови                     | linguisticProficiency                                    | Адаптація мови подання матеріалів;                                      |
| Життєві обставини (змішане навчання)    | Некоректна інтерпретація активності                 | familyResponsibilities, caregivingRole                   | Об'єктивне оцінювання продуктивності з урахуванням сімейних обставин    |
| Особливі потреби (інклюзія)             | Відсутність адаптованого контенту                   | accessibilityNeeds                                       | Автоматична подача контенту у доступному форматі.                       |
| Неформальна освіта та мікрокваліфікації | Повторне вивчення вже засвоєних тем.                | nonFormalEducation Credential                            | Врахування наявних компетенцій; оптимізація навчальної траєкторії       |
| Воєнний контекст                        | Некоректна оцінка активності                        | learningContext: emergencyCondition, studyingUnderThreat | Адаптація дедлайнів і форматів завдань до надзвичайних обставин         |
| Психоемоційна травма                    | Відсутність урахування ПТСР, тривожності, депресії. | mentalHealthStatus, traumaExposureLevel                  | Адаптація навантаження; інтеграція з програмами психологічної підтримки |

Кожна додаткова властивість дозволяє системі та андрагогу ухвалювати більш обґрунтовані рішення щодо персоналізації освітнього процесу, особливо в складних життєвих обставинах здобувача освіти.

### **Недоліки та виклики семантичного розширення профілю здобувача освіти**

Розширюючи профіль здобувача освіти, необхідно враховувати й ті проблеми, до яких таке розширення може призводити.

#### *1. Зростання обчислювальної складності*

Для генерації PLT для 10 000 здобувачів освіти з унікальними параметрами потрібно у 5-10 разів більше ресурсів порівняно зі SCORM [26].

#### *2. Складнощі інтеграції між платформами та інтероперабельності*

Довільні розширення викликають проблеми інтеграції. Додавання властивостей вимагає узгодження термінів, визначення семантики та конвертації форматів [27]. Тому, чим більше додаткових властивостей додається до профілю здобувача освіти, тим більше складнощів викликає як експорт, так і імпорт даних до системи.

*3. Ризики надмірного збору особистих даних*  
Розширення може порушити принципи мінімізації даних, викликаючи етичні ризики [28]. Потрібен додатковий захист персональних даних.

Семантичне розширення метаданих профілю дорослого здобувача освіти є необхідним компонентом адаптивного, інклюзивного та ефективного навчання, тому що воно може значно підвищити ефективність навчального процесу. Проте таке розширення може викликати загрози для персональних даних тощо, і це необхідно враховувати у розробці прикладних систем.

## Класифікація семантичних властивостей, якими доцільно доповнювати профіль дорослого здобувача освіти

Аналіз наведених вище ситуацій та узагальнення наукових досліджень в цій

сфері дозволяє виокремити наступні групи семантичних властивостей, якими доцільно доповнювати профіль дорослого здобувача освіти, а для більш ефективного моделювання PLT з урахуванням воєнних обставин, мотивації, соціальних ролей та психоемоційного стану (Таблиця 5).

Таблиця 5. Класи додаткових семантичних властивостей профілю дорослого здобувача освіти

| Класи властивостей                          | Підкласи властивостей, для яких визначаються значення у профілі |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Тип освітньої активності (LearningActivity) | Курс, заняття, проєкт, сертифікація                             |
| Контекст навчання (LearningContext)         | Місце навчання, воєнний стан, ресурсність                       |
| Мотивація (LearningMotivation)              | Цілі, цінності, внутрішня та зовнішня мотивація                 |
| Професійна ціль (CareerGoal)                | Професійна або рольова трансформація                            |
| Соціальна роль (SocialRole)                 | Сімейний статус, волонтерство, військова участь                 |
| Психоемоційний стан (MentalHealth)          | Тривога, стрес, особливі потреби, адаптація                     |
| Інституція (Institution)                    | Освітня установа, місце проходження курсів                      |

З онтологічного погляду ці властивості можуть бути розглянуті як опційні атрибути класу AdultLearner, що уточнюють зв'язки з іншими класами освітньої екосистеми.

### Постановка задачі

Зараз навчання дорослих потребує врахування багатьох індивідуальних факторів: професійного досвіду, соціального статусу, мотиваційних установок, бар'єрів до навчання. Традиційні моделі метаданих мають жорстку структуру, яка не дозволяє додавати довільні властивості. У цьому контексті виникає потреба в семантичному розширенні профілю здобувача освіти — тобто додаванні до профілю нових семантичних властивостей, що їх системи можуть інтерпретувати та використовувати для адаптації навчання. Якщо розширювати профіль здобувача освіти в конкретно-му застосунку довільно, без зв'язків зі стандартами та без визначення семантики додаткових параметрів, то це значно ускладнить інтеграцію такого застосунку з іншими освітніми системами, унеможливить імпорт та експорт профілів здобувачів освіти та не дозволить повторно використовувати згенеровані знання.

Тому потрібно розробити інструменти та моделі представлення знань, які можуть формалізувати інформацію про ці властивості для їх чіткого та однозначного розуміння всіма користувачами та сервісами системи. А також з урахуванням специфіки сфери навчання та вимог до процесу його організації. Прикладом такої задачі є організація процесу навчання в аспірантурі.

Для розв'язання цієї проблеми пропонується побудувати онтологічну модель всієї екосистеми навчання та на її основі явно задавати властивості, зв'язки з іншими компонентами (навчальним об'єктами, дисциплінами, викладачами) та обмеження для додаткових параметрів профілю здобувача. Така модель запобігає неоднозначності інтерпретації понять та вибору їхніх можливих значень. Крім того, наявність онтологічної моделі значно полегшує імпорт та експорт профілів здобувачів освіти та взаємодію з іншими інтелектуальними застосунками. Це забезпечить інтероперабельність створеної системи знань та дозволить повторно використовувати не тільки самі профілі, а й досвід, згенерований на основі їх узагальнення.



## Програмна реалізація системи підтримки аспрантів ІПС НАНУ

Інститут програмних систем Національної академії наук України здійснює підготовку здобувачів ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки». Метою освітньо-наукової програми є формування в аспірантів високого рівня наукової компетентності та здатності до самостійного проведення досліджень у галузі комп'ютерних наук.

Розробка інтелектуальної програмної системи для підтримки навчального процесу та наукової діяльності спрямована на здобуття та впровадження наявного досвіду підготовки здобувачів освіти та надання індивідуальних рекомендацій. Ключові функції системи: формування персонального навчального простору, автоматизоване компонування навчального контенту відповідно до цілей користувача, аннотоване зберігання LO, підтримка взаємодії між здобувачами освіти та їх науковими керівниками.

Розглянемо запропонований підхід до профілювання дорослих здобувачів освіти на прикладі подання інформації щодо аспірантів ІПС НАНУ в інформаційній системі, що дозволяє надавати персоналізовані рекомендації аспірантам та абітурієнтам щодо вступу та навчання, вибору наукових керівників та процесу навчання в аспірантурі.

У межах онтологічної моделі системи аспірант розглядається як специфічний під-

клас класу *AdultLearner* і позначається класом *PhDStudent*. Цей підклас має розширений набір властивостей, що відображають особливості наукової діяльності: тему дисертації, наукового керівника, публікаційну активність, участь у конференціях і рівень сформованості дослідницьких компетентностей. Наприклад, профіль аспіранта включає такі параметри, як *[[Тема дисертації::Семантичне профілювання у системах підтримки навчання]]*, *[[Науковий керівник::Сініцин Ігор Петрович]]*, *[[Публікації::Yurchenko, K. Semantic Annotation in Learning Ecosystems, 2025]]* тощо.

Профіль аспіранта пов'язаний семантичними посиланнями з іншими сутностями освітньо-наукової екосистеми: навчальними об'єктами, науковими керівниками та викладачами, установами, публікаціями, конференціями та науковими проєктами. Це створює цілісну мережу знань, у якій кожен об'єкт може бути знайдений або рекомендований на основі логічних зв'язків. Наприклад, за допомогою SMW-запиту типу ask система автоматично виводить перелік публікацій аспіранта, що дозволяє аналізувати його наукову продуктивність або генерувати звіти для кафедри та наукового керівника.

## Технічна архітектура системи

Технічна архітектура інтелектуальної системи включає три основні компоненти:

- онтологічну модель екосистеми навчання аспірантів (рис.1), що формалізує зв'язки між об'єктами класів

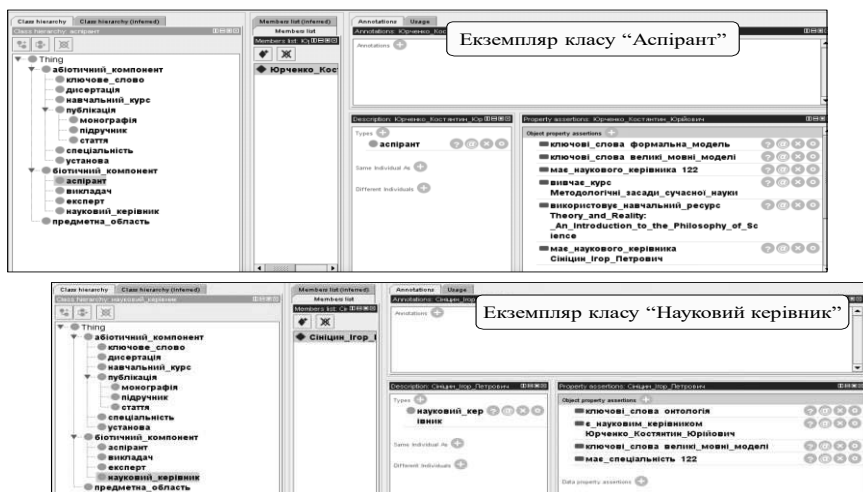


Рис. 1. Опис екземплярів класів в онтологічній моделі

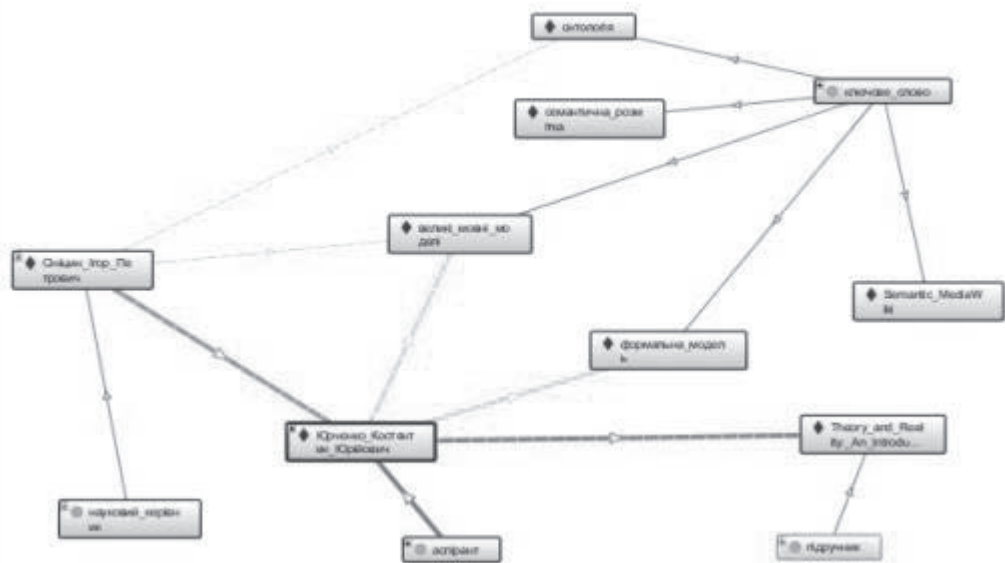


Рис. 2. Семантичні відношення між екземплярами класів в онтологічній моделі

*PhDStudent*, *Supervisor*, *LearningObject*, *Institution* та *Publication* (рис.2);

- семантичний репозиторій знань на базі Semantic MediaWiki, який забезпечує структуроване зберігання профілів аспірантів та наукових керівників

(рис.3), навчальних ресурсів і наукових публікацій;

- інтерфейс користувача у вигляді чат-бота, який забезпечує зручний доступ до знань і рекомендаційних сервісів.

Юрченко Костянтин Юрійович [ред. | ред. код]

Сторінка аспіранта

- ПІБ українською: Юрченко Костянтин Юрійович
- ПІБ англійською: Yurchenko Kostiantyn Yuriiovych
- Статус: Аспірант
- Поточний стан: Написання тексту дисертації
- Форма навчання: Денна
- Спеціальність: 122
- Код спеціальності: 122

Персональні дані [ред. | ред. код]

- ПІБ - Юрченко Костянтин Юрійович
- Дата- 1995-03-14
- Стать- Чоловіча
- Контактна інформація- yurchenko.kostiantyn@domain.ua
- Геолокація - Київ, Україна
- Часовий пояс - UTC+3
- Рік вступу - 2022
- Науковий керівник - [Написання тексту дисертації]
- ORCID - https://orcid.org/0000-0001-9148-3443
- Google Scholar - https://scholar.google.com/citations?user=...
- ПІБ - https://dblp.org/pid/...

Наукова стаття «Методологічні засади сучасної науки»

Сторінка LO

- Тип - Стаття
- Належить до курсу - Логіка і методологія наукового дослідження
- Автори Коваленко О. П., Яремчук І. С.
- Рік 2022

методологія науки, наукове пізнання, філософія, теорія, формальна модель.

Фрагмент вікікоду

```
[[Category:Навчальні об'єкти]]
* Тип - [[Тип навчального об'єкта::Стаття]]
* Належить до курсу - [[Належить до курсу::Логіка і методологія наукового дослідження]]
* Автори [[Автори::Коваленко О. П.]], [[Автори::Яремчук І. С.]]
* Рік [[Рік::2022]]
[[Ключові слова::методологія науки]],
[[Ключові слова::наукове пізнання]],
[[Ключові слова::філософія]],
[[Ключові слова::теорія]],
[[Ключові слова::формальна модель]].
```

Рис. 3. Представлення екземпляру класу “Аспірант” та його властивостей у семантичному вікірепозиторії

Main\_Page > Special:Ask

Options | Search

Clear all entries | ⌵

Condition

[[Category:LO]]

[[Course: Ontological Analysis]]

[[Language::English]]

Printout selection

?Course\_title

?Course\_author

?Course\_date

?Course\_status

Options

Broad table (default) ⌵

Parameters

[+]

Options

Broad table (default) ⌵

Parameters

limit: 10 The maximum number of results to return

offset: 0 The offset of the first result

link: all ⌵ Show values as links

Sort options

Course date ⌵ Ascending ⌵ [Delete]

Course title ⌵ Ascending ⌵ [Remove]

[Add sorting condition]

Рис. 4. Створення запиту за допомогою сторінки семантичного пошуку

Усі дані, внесені через шаблони SMW, можуть бути експортовані у форматах RDF/XML або JSON-LD, що забезпечує їхню інтероперабельність із зовнішніми системами (наприклад, Scopus, ORCID або Wikidata).

Функціонально система виконує кілька взаємопов'язаних завдань. По-перше, вона забезпечує рекомендаційний механізм, що добирає курси, наукових керівників і наукові заходи на основі теми дисертації, рівня підготовки та ключових слів профілю. По-друге, реалізовано аналітичний модуль, який на основі семантичних властивостей формує агреговані показники: розподіл тем досліджень, рівень циф-

рової готовності або активність аспірантів у публікаціях. По-третє, передбачено інтелектуальний чат-бот, який взаємодіє з користувачами природною мовою та виконує запити до SMW у режимі реального часу.

На рис. 3 наведено приклад запиту щодо придатних LO, який вбудовується в сторінку здобувача освіти, та може використовувати значення додаткових семантичних властивостей цієї сторінки (це демонстраційний приклад, тому що побудова PLT враховує значно більшу кількість параметрів LO, здобувач освіти та андрагога). У прикладі передбачено пошук LO для курсів, які вивчає здобувача освіти, тими мовами, які він знає. Крім того, такий за-

{{#ask:  
[[Ключові слова:{{#show: PA  
[[Category:Навчальні об'єкти]]  
  
|?Ключові слова  
|format=broadtable  
|limit=50  
|offset=0  
|link=  
|sort=  
|order=  
|headers=show  
|searchlabel=... подальші резул  
|class=sortable wikitable smwta  
|prefix=none  
}}  
  
Код вбудованого запиту

Статті [ ред. | ред. код ]

Інтеграція великих мовних моделей із засобами семантичної обробки (2025)  
Semantic representation of hybrid AI models (2024)

Існити [ ред. | ред. код ]

Філософія науки – Складено  
Іноземна мова – Складено  
Спеціальна дисципліна – Готується

Курси [ ред. | ред. код ]

Основи Semantic MediaWiki  
Логіка і методологія наукового дослідження  
Онтологічний аналіз

Використані ресурси [ ред. | ред. код ]

Посібник з Semantic MediaWiki  
ЗМІНИТИ LLM Studio Documentation  
ЗМІНИТИ OpenAI Research Hub

Корисні навчальні ресурси [ ред. | ред. код ]

ЗМІНИТИ Semantic Scholar  
ЗМІНИТИ YouTube-канал з ML  
ЗМІНИТИ Coursera: Ontology Engineering

Рекомендовано [ ред. | ред. код ]

Відповідно до тематики досліджень, аспіранту рекомендовані такі навчальні ресурси:

|                                                                            | Ключові слова                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Наукова стаття Методологічні засади сучасної науки                         | методологія науки<br>наукове пізнання<br>теорія<br>формальна модель<br>філософії |
| Підручник Theory and Reality: An Introduction to the Philosophy of Science | емпіризм<br>теорія<br>формальна модель<br>філософії науки<br>індукція            |

Результат запиту

Рис. 5. Виконання вбудованих запитів для персоналізованого пошуку LO

пит відкидає LO за темами, щодо вивчення яких здобувач освіти вже має сертифікати. Важливо, що перелік відповідних LO оновлюється автоматично, коли у репозиторій додаються нові LO.

Для створення коду запиту доцільно скористатися спеціальною вікісторінкою “Семантичний пошук” (рис. 4), а потім замінити конкретні значення властивостей на відповідні змінні поточної сторінки для вбудованого запиту або створити код у форматі JSON, або RDF для API-запитів від зовнішніх сервісів.

Вбудовування запиту у вікісторінку спрощує процес отримання рекомендацій та є основою для накопичення досвіду (рис. 5).

Крім того, доцільно передбачити, як обробляти кілька додаткових СВ одночасно – їхній вплив може посилювати один одного (наприклад, learning Context: emergency Condition та mentalHealthStatus:bad), зменшувати (як-от, learning Context: emergency Condition та ex:role Substitution Reason) або ж вони взагалі не пов’язані між собою (наприклад, linguisticProficiency та SocialRole). Цю інформацію про взаємозв’язки потрібно відобразити в онтологічній моделі для подальшого застосування.

## Використання системи KASIS

У межах дослідження, що здійснюється в аспірантурі Інституту програмних систем НАН України, створено експериментальну систему KASIS (Knowledge-Augmented Semantic Integration System) для підвищення ефективності діяльності аспірантури ІПС НАН України. Архітектурно система KASIS ґрунтується на поєднанні сучасних технологій обробки природної мови, онтологічного моделювання та генеративного аналізу. Система реалізує архітектуру Retrieval-Augmented Generation (RAG) з інтеграцією SMW та інтегрованої великої мовної моделі за допомогою API. Такий підхід забезпечує поєднання генеративного аналізу текстів із онтологічно структурованими знаннями, створюючи інтелектуальне середовище для накопичення, систематизації та персоналізованого доступу до наукової інформації.

## Архітектура та основні компоненти

Центральний модуль GUI (Gradio) об’єднує процесор документів, клієнта SMW, LLM та векторного сховища. Модуль обробки документів: конвертація через Pandoc, вилучення метаданих та

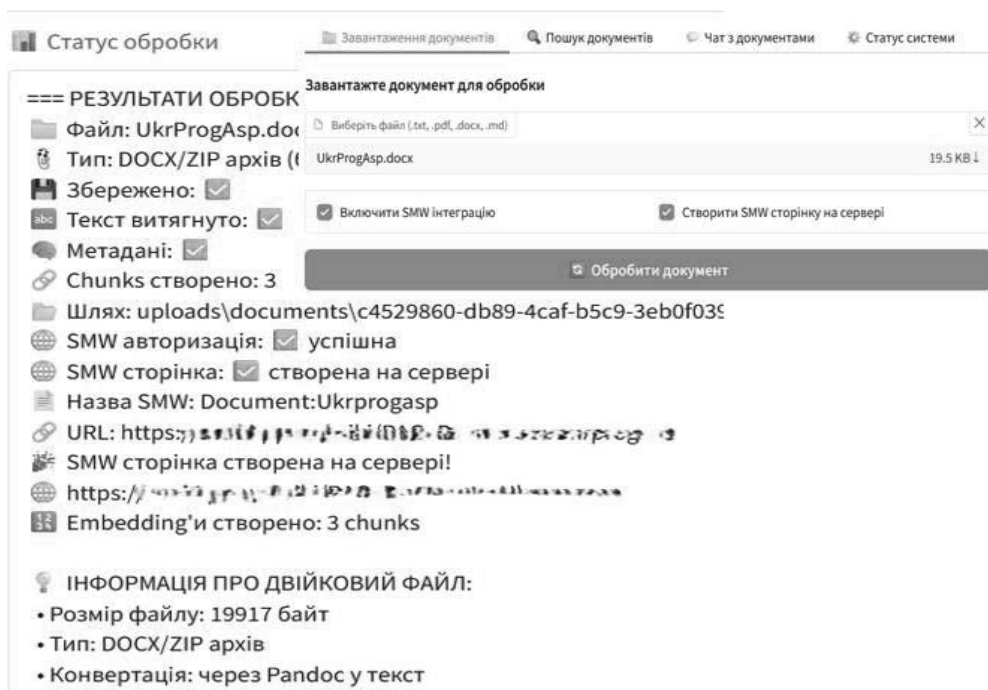


Рис. 6. Інтерфейс завантаження та статус обробки документа



Рис. 7. Додаткові вікна інтерфейсу

автоматична розмітка RDF за допомогою LLM.

Векторне сховище реалізовано на основі FAISS, що забезпечує ефективне обчислення косинусної схожості між ембедингами документів. Це створює передумови для інтеграції KASIS з внутрішніми сховищами знань і корпоративними навчальними платформами.

Інтерфейс системи організовано як багатовкладковий додаток, який охоплює основні напрями взаємодії: завантаження документів, пошук, чат із документами та контроль стану системи (рис.6,7).

Контентна підтримка забезпечується через семантичний репозиторій із запитамі через SMW API.

Це дозволяє абітурієнтам знаходити релевантні матеріали та, зокрема, орієнтуватися у виборі наукового керівника.

### Поточний стан та перспективи розвитку

Система KASIS у контексті цифрової трансформації аспірантури розглядається як перспективний інтелектуальний інструмент підтримки, який має забезпечити допомогу аспірантам у роботі з науковими джерелами, формуванні профілів досліджень, відстеженні прогресу та формуванні звітності. Семантична основа

SMW гарантує прозорість і трасованість результатів, що надалі дозволить здійснювати експертну перевірку висновків системи. Інтеграція з великою мовною моделлю створює можливості для узагальнення, аналітики та пояснення даних із збереженням посилань на джерела та контекст наукових матеріалів.

Отже, система формує когнітивне середовище, здатне адаптуватися до потреб аспірантів, наукових керівників і адміністраторів освітнього процесу. Її розгортання у науково-освітній інфраструктурі ІПС НАНУ підтверджує доцільність використання семантичних технологій і великих мовних моделей для розв'язання задач інтелектуальної підтримки аспірантури та персоналізації освітньо-наукових процесів.

### Висновки

Проведене дослідження підтвердило доцільність використання семантичних вікітехнологій і онтологічного аналізу для структурування природномовної інформації, що забезпечує ефективний пошук та задоволення персоналізованих інформаційних потреб у науково-освітньому середовищі [29<sup>29</sup>]. Запропонована методика розширення параметрів профілів на основі онтологічної моделі забезпечує гнучкість та адаптивність до динамічних предметних областей.



Апробація підходу на прикладі системи KASIS довела його ефективність для складних і слабо формалізованих сфер. Розроблена архітектура забезпечує зберігання формалізованих відомостей, інтелектуальний пошук, генерацію рекомендацій і побудову персоніфікованих траєкторій.

Досвід тестування підтвердив перспективність поєднання генеративних мовних технологій із семантичними репозиторіями знань. Це створює основу для адаптивних когнітивних сервісів із природно-мовною взаємодією, експертною верифікацією та прозорою трасованістю джерел.

Результати демонструють, що поєднання семантичних технологій, онтологічного аналізу та великих мовних моделей формує нову парадигму інтелектуальних систем управління знаннями, здатних до самонавчання, пояснюваності та адаптації до потреб користувачів.

## Література

1. Hecht M., Crowley K. Unpacking the learning ecosystems framework: Lessons from the adaptive management of biological ecosystems. *Journal of the Learning Sciences*. 2020. Vol. 29, No 2. P. 264–284. DOI: 10.1080/10508406.2019.1693381.
2. Rogushina J., Gladun A., Anishchenko O., Pryima S. Matching criteria of andragogue profile components into the adult learning ecosystem. *Proceedings of the 1st Workshop Software Engineering and Semantic Technologies (SEST 2025)*. CEUR Workshop Proceedings. 2025. Vol. 4053. P. 160–170.
3. IMS Global Learning Consortium. IMS Learner Information Package Specification. 2001. URL: <https://www.imsglobal.org/lip>.
4. IEEE LTSC. Draft Standard for Learning Technology—Public and Private Information (PAPI) for Learners. IEEE Standards Association. 2001. URL: <https://standards.ieee.org>
5. Weibel S. The Dublin Core: A simple content description model for the web. *Journal of Electronic Publishing*. 1999. Vol. 6, No 3. DOI: 10.3998/3336451.0006.303..
6. Advanced Distributed Learning Initiative. Experience API Specification. 2013. URL: <https://xapi.com>
7. Dodds P. SCORM Explained. *Advanced Distributed Learning*. 2002. URL: <https://adlnet.gov/scorm>
8. Smythe C., Tansey F., Robson R. IMS Learner Information Package Information Model Specification. IMS Global. 2001. URL: <https://www.imsglobal.org/specifications/learner-information-package>
9. IEEE LTSC. Draft Standard for Learning Technology—Public and Private Information for Learners. 2000. URL: [https://archives.iw3c2.org/www2002/papi/papi\\_learner\\_07\\_main.pdf](https://archives.iw3c2.org/www2002/papi/papi_learner_07_main.pdf)
10. Lopez D. A lecturer profile categorization for evaluating education practice quality. 2019 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). Cincinnati, OH, USA, 2019. P. 1–5. DOI: 10.1109/FIE43999.2019.9028407.
11. Cruz-Ruiz I., Bravo M., Reyes-Ortiz J. A. Ontology-based population and enrichment of researcher profiles. *Research in Computing Science*. 2019. Vol. 148, No 3. P. 181–194. DOI: 10.13053/rcs-148-3-14.
12. Middleton S. E., Shadbolt N. R., De Roure D. C. Ontological user profiling in recommender systems. *ACM Transactions on Information Systems*. 2004. Vol. 22, No 1. P. 54–88. DOI: 10.1145/963770.963773.
13. Рогушина Ю. В., Гладун А. Я., Прийма С. М., Аніщенко О. В. Побудова профіля андрагога на основі відкритих джерел інформації. Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології та безпека» ІТБ-2024. Київ : Інжиніринг, 2024. С. 49–52. ISBN: 978-617-8180-00-3. URL: <https://drive.google.com/file/d/1wsLVnueNRd62g-k179IHihuJNOYZqR9G/view>
14. Stănescu G., Oprea S. V. Recent trends and insights in semantic web and ontology-driven knowledge representation across disciplines using topic modeling. *Electronics*. 2025. Vol. 14, No 7. Article 1313. DOI: 10.3390/electronics14071313.
15. Megalou E., Oikonomidou M. Photodentro LOR: A national repository of educational objects in Greece. 2023. DOI: 10.12681/icodl.12345.
16. Esteban-Gil A., Fernández-Breis J. T., Castellanos-Nieves D., Valencia-García R., García-Sánchez F. Semantic enrichment of SCORM metadata for efficient management of educative contents. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2009. Vol. 1, No 1. P. 927–932. DOI: 10.1016/j.sbspro.2009.01.163.

17. Behr A., Mendes A., Cascalho J., Rossi L., Vicari R., Trigo P., Guerra H. Enhancing learning object repositories with ontologies. World Conference on Information Systems and Technologies. Cham : Springer International Publishing, 2021. P. 463–472. DOI: 10.1007/978-3-030-72657-7\_44.
18. Verbert K., Gašević D., Jovanović J., Duval E. Ontology-based learning content repurposing. Special interest tracks and posters of the 14th international conference on World Wide Web. Chiba, Japan, 2005. P. 1140–1141. DOI: 10.1145/1062745.1062905.
19. Paquette G. An ontology-driven system for e-learning and knowledge management. Visual knowledge modeling for semantic web technologies: Models and ontologies. Hershey, PA : IGI Global Scientific Publishing, 2010. P. 302–324. DOI: 10.4018/978-1-60566-694-6.ch015.
20. Wlodkowski R. J., Ginsberg M. B. Enhancing adult motivation to learn: A comprehensive guide for teaching all adults. 3rd ed. San Francisco: Jossey-Bass, 2008. 530 p. ISBN 978-0-7879-9520-1. URL: ekladata.com/iJLoOLufKEurVuG5mAZKe1rJ5dQ/-Raymond\_J\_Wlodkowski-Enhancing\_adult\_motivation-Bokos-Z1-.pdf
21. Rothes A., Lemos M. S., Gonçalves T. Motivational profiles of adult learners. Adult Education Quarterly. 2017. Vol. 67, No 1. P. 3–29. DOI: 10.1177/0741713616669588.
22. Zhang F., Xia Y., Wang Y., Liu J., Xia J., Chen C. A mixed methods study of adult learners' online learning motivation profiles. Education and Information Technologies. 2025. Vol. 30. P. 14043–14068. DOI: 10.1007/s10639-025-13382-2.
23. Vanslambrouck S., Zhu C., Lombaerts K. Adult learners' readiness for online learning: Examining learner characteristics and motivation. Educational Technology Research and Development. 2018. Vol. 66, No 1. P. 1–20. DOI: 10.1007/s11423-017-9506-1.
24. Boiché J., Stephan Y. Motivational profiles and achievement in physical education: A self-determination perspective. Journal of Educational Psychology. 2014. Vol. 106, No 2. P. 564–576. DOI: 10.1037/a0034395.
25. Tlili A., Salha S., Shehata B., Zhang X., Endris A., Arar K., Jemni M. How to maintain education during wars?: An integrative approach to ensure the right to education. Open Praxis. 2024. Vol. 16, No 2. P. 160–179. DOI: 10.55982/openpraxis.16.2.627.
26. Yadav R., Singh V. P., Bhasker B. Ontology-based learner profiling and personalized recommendations. Journal of Intelligent Systems. 2022. Vol. 31, No 1. P. 1015–1034. DOI: 10.1515/jisys-2022-0055.
27. Sánchez-Alonso S., Sicilia M. A., García-Barriocanal E. Interoperability issues in learning object metadata. Journal of Information Science. 2011. Vol. 37, No 3. P. 293–308. DOI: 10.1177/0165551511406335.
28. Zicari R. V. et al. Ethical Guidelines for Trustworthy AI. EU High-Level Expert Group on AI Report. 2021. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>.
29. Pryima S., Rogushina J., Strokan O. Use of semantic technologies in the process of recognizing the outcomes of non-formal and informal learning. Workshop Proceedings Proc. of the 11th International Conference of Programming UkrPROG, 2018, CEUR Vol-2139. P.226-235. <http://ceur-ws.org/Vol-2139/226-235.pdf>.

Одержано: 17.12.2025

Внутрішня рецензія отримана: 21.12.2025

Зовнішня рецензія отримана: 22.12.2025

**Про авторів:**

Рогущина Юлія Віталіївна,  
канд.фіз.-мат.наук, с.н.с., доц.  
ORCID ID: 0000-0001-7958-2557

Юрченко Костянтин Юрійович,  
аспірант,  
молодий науковий співробітник.  
ORCID ID: 0000-0003-3150-0027

**Місце роботи авторів:**

Інститут програмних систем  
НАН України,  
03187, м. Київ, проспект  
Академіка Глушкова, 40, корпус 5.  
E-mail: ladamandraka2010@gmail.com,  
urchikak8@gmail.com.