



**Валентина Борисівна Дем'яненко,**  
кандидат педагогічних наук, старший дослідник,  
завідувач відділу інформаційно-дидактичного моделювання,  
Національний центр «Мала академія наук України»,  
м. Київ, Україна

 <https://orcid.org/0000-0002-8040-5432>



**Ігор Васильович Дейнека,**  
кандидат фізико-математичних наук,  
старший науковий співробітник  
відділу інформаційно-дидактичного моделювання,  
Національний центр «Мала академія наук України»,  
м. Київ, Україна

 <https://orcid.org/0000-0001-8656-3987>



**Антон Ігорович Джулай,**  
молодший науковий співробітник відділу  
інформаційно-дидактичного моделювання,  
Національний центр «Мала академія наук України»,  
м. Київ, Україна

 <https://orcid.org/0009-0005-8051-5825>



**Дмитро Васильович Возний,**  
молодший науковий співробітник  
відділу інформаційно-дидактичного моделювання,  
Національний центр «Мала академія наук України»,  
м. Київ, Україна

 <https://orcid.org/0009-0008-7502-3465>



**Євген Анатолійович Шаповалов,**  
кандидат економічних наук,  
науковий співробітник відділу  
створення навчально-тематичних систем знань,  
Національний центр «Мала академія наук України»,  
м. Київ, Україна

 <https://orcid.org/0009-0000-3759-3506>

УДК 37.011.33

DOI: [https://doi.org/10.32405/2309-3935-2024-4\(95\)-53-58](https://doi.org/10.32405/2309-3935-2024-4(95)-53-58)

## ВИКОРИСТАННЯ ОНТОЛОГІЙ ДЛЯ ФОРМАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ КОГНІТИВНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ

Анотація.

У статті наголошено на необхідності пошуку інструментів для створення сучасних цифрових баз знань, що містили б класифікації концепцій, сутностей наукових категорій в освітньому середовищі, особливо в цифровому. Одним із перспективних напрямів подальшого вдосконалення цифрових освітніх систем є розроблення методологічних і логічних основ конструювання на засадах комп'ютерних онтологій. Визначено, що онтологічний підхід забезпечує ефективне проєктування компонентів цифрових баз знань, постає як дієвий механізм, що відображає певну теорію, подану як множину термінів, зв'язків між ними, пов'язаних описів і формальних аксіом, що сприяє інтерпретації та спільного використання цих термінів.

**Ключові слова:** цифрова база знань; цифровий об'єкт; когнітивна діяльність; онтологія; онтологічний граф.

Нинішнє суспільство, засноване на знаннях, і цифрове суспільство є двома взаємопов'язаними концепціями, які характеризують сучасну епоху людства. Рівень вимог до сформованості умінь використання цифрових засобів досить високий, оскільки результат їх ефективного використання передбачає знання їх призначення, уміння оптимізувати процеси, володіння прийомами роботи з ними на рівні ІТ-компетентностей. Практика доводить, що використання цифрових освітніх систем створює передумови формування таких якостей мислення учня, як схильність до експериментування, гнучкість, зв'язність, структурність. Ці якості відповідають когнітивним процесам, що пов'язані з творчою діяльністю і формуванням вмінь розв'язувати проблеми. Так, розуміння сутності явищ і тактику розв'язування навчальних проблем описують як здатність особи сприймати по-новому факти, знаходити спосіб поєднання несумісних, на перший погляд, явищ, встановлювати оригінальні зв'язки між новими та наявними даними та повідомленнями. Створення цифрових освітніх систем має охоплювати дві важливі складові – створення та підтримку сучасного, потужного, адаптивного апаратно-програмного середовища та наповнення його педагогічно виваженим і методично мотивованим предметним змістом. Використовуючи програмне забезпечення та цифрові засоби в освітній і дослідницькій діяльності учнів, ми враховуємо той факт, що обсяг і різноманітність даних і повідомлень для різних профілів знань зараз настільки великі, що необхідно класифікувати їх з точки зору приналежності до предметних галузей або сфер інтересів усіх учасників освітнього процесу. Це стосується не лише даних, що зберігаються в спеціалізованих базах даних або сховищах інформації, а й динамічних повідомлень, які генеруються конкретними джерелами за потреби. Отже, головний аспект досліджень спрямовано на створення сучасних цифрових баз знань, на структурування та подання наукових інформаційних джерел предметних дисциплін у цих базах для забезпечення механізмів, умов і ресурсів когнітивних процесів в освіті [6; 7].

Для розв'язування зазначених проблем пропонуємо використання онтологій, адже уніфікована

формалізація подання зв'язків між поняттями, термінами в онтології робить можливим їх використання для забезпечення надійності, структурованості, динамічності, автоматизованості подання інформаційних джерел у цифрових базах знань.

Методи аналізу текстових масивів різноманітні й залежать від цілей, які потрібно досягнути в процесі розв'язання прикладної проблеми чи задачі. Умовно можна визначити методи семантичного опрацювання текстів, які спрямовані на різні «лінгвістичні перетворення» та на розв'язування інших прагматичних задач [3; 4]. Причому застосовуються методи концептуального аналізу, а отже, можна виокремити формування двох проблем:

- 1) синтез систем подання знань – онтологій;
- 2) розробка систем семантичного аналізу і машинного «розуміння» текстів за допомогою онтологій.

Для синтезу онтології використовуються формально-логічні та синтаксичні засоби аналізу [1; 4; 5].

Онтологія – це, свого роду, спроба всеосяжної та детальної формалізації деякої галузі знань за допомогою концептуальної схеми. Зазвичай така схема складається з ієрархічної структури даних, що містить усі релевантні класи об'єктів, їх зв'язки і правила, прийняті в цій галузі. Під концептуальною схемою розуміємо набір понять (концептів) та інформацію про поняття (властивості, відношення обмеження, аксіоми і твердження про поняття, що необхідні для опису процесів розв'язування задач в обраній предметній галузі. Онтологія є баченням експерта предметної галузі в деякому формальному поданні, що надає можливість використання цього розуміння структури та значення інформаційних елементів під час їх автоматичного опрацювання. Саме формалізація подання зв'язків між поняттями в онтології робить можливим їх використання в широкому спектрі відкритих цифрових баз знань [6]. Як онтології, що різною мірою формалізовані, розглядаються:

- словник з визначеннями;
- проста таксономія;
- тезаурус (таксономія з термінами);

- модель із довільним набором відношень;
- таксономія і довільний набір відношень;
- повністю аксіоматизована теорія.

Як уже зазначалося, поняття онтології, призначеної для підтримки розв'язування задач інформаційного пошуку, має бути пов'язано зі значеннями термінів предметних дисциплін. Такого роду онтології називають лінгвістичними онтологіями, головною характеристикою яких є те, що вони пов'язані зі значеннями мовних виразів [3; 4].

Семантичне представлення – подання модельованої системи у вигляді мережі об'єктів, що мають семантичні (логічні) зв'язки одне з одним, використовується для підтримки вербального опису та дає змогу встановити базову логічну структуру досліджуваної системи. Елементи онтології мають бути близькі до об'єктів (фізичних або логічних) і відношень у визначеній предметній дисципліні. Отже, розглянемо проблеми, що пов'язані з побудовою та використанням онтологій:

а) концептуальна структура одиниці – поняття, а не слова: проблема добору і рівня деталізації одиниць, статусу службових одиниць (велика величина), розпізнавання одиниць у текстах, межа між поняттями і лексичними варіантами, врахування особливостей концептуального фрагментування реальності в різних національних мовах;

б) формальна модель – формалізований, за допомогою деякої мови представлення знань, опис концептуальної системи;

в) обчислювальна функціональність: онтологія – це інформаційно-обчислювальний ресурс, доступний будь-яким інтелектуальним інформаційним технологіям, підтримкою представлення та логічним опрацюванням кількісних даних.

Враховуючи зазначені проблеми можна сформулювати головні вимоги:

а) *гнучкість* – можливість швидкого і просто оновлення будь-якого з фрагментів онтології, можливість організації децентралізованого «багатоагентного» створення та редагування онтологій;

б) *відкритість* – для додавання як окремих концептів будь-якого вмісту, так і будь-яких концептуальних підсистем, відкритість для лексики природних мов і додаткових варіантів концептуальної інтерпретації слів;

в) *змістовна масштабованість* – можливість оперативного обирати (підключати/відключати) ті чи інші фрагменти відповідно до задачі, сфери інтересів і певних поглядів окремих фахових груп;

г) *модельна масштабованість* – можливість подання концептуальних систем на різних рівнях детальності опису та формалізації відповідних фрагментів дійсності (наприклад, у такій послідовності: проста семантична категоризація лексики – таксономія – повна термінологічна модель – продукційна система – логічна теорія);

д) *користувальницька універсальність* – придатність для використання в різнотипних додатках.

Жодна онтологія не є корисною в ізоляції, її перевага якраз полягає в можливості її використання знову в новому осередку. Уніфікація або повна сумісність зазвичай вимагають значних змін або (у деяких випадках) повної перебудови вихідних онтологій, але її результатом є найбільш повна здатність до взаємодії, тобто все, що може бути зроблено в одній онтології, може бути зроблено повністю еквівалентним способом в іншій. При цьому відсутня необхідність забезпечення еквівалентності висновків для ідентичних понять, а також однозначної відповідності, що має бути зроблено при інтеграції на рівні часткової сумісності або уніфікації. Загалом можна визначити три напрями інтеграції онтологій.

**Підхід з використанням єдиної онтології.** Використовується одна загальна онтологія, що надає словник термінів, який використовують усі інформаційні ресурси для подання змісту, що міститься в них.

**Мультионтологічний підхід.** У разі застосування мультионтологічного підходу кожний інформаційний ресурс описується окремою онтологією. Унаслідок цього немає потреби в будь-якій узагальнювальній онтології, а кожна нова онтологія може розроблятися незалежно від інших, що полегшує підключення нових інформаційних ресурсів.

**Гібридний підхід.** Цей підхід покликаний нівелювати недоліки моно- і мультионтологічних підходів до інтеграції різнорідних ресурсів. Причому, як і за мультионтологічного підходу, кожен ресурс описаний у власній онтології. Проте всі ці онтології повинні будуватися в загальній термінологічній базі (словнику), що є набором примітивних концептів, з яких за допомогою набору спеціальних операцій формуються описи концептів приватних онтологій. Опис концептів у загальних термінах надає можливість порівнювати їх (оцінювати семантичну близькість).

Головні проблеми, що пов'язані з інтеграцією онтологій, полягають в семантичній неоднорідності інформації. Для розв'язування цієї проблеми необхідно:

- описати предметну галузь;
- прив'язати до предметної галузі специфікації структури, поведінки і екстенціоналів об'єктів;
- перевірити й узгодити розуміння предметних галузей взаємопов'язаних ресурсів.

Одним із найважливіших напрямів розвитку сучасних інформаційних технологій є інтеграція інформаційних і обчислювальних ресурсів в єдине середовище та організація доступу до них. Стрімкий розвиток глобальних інформаційних і обчислювальних мереж веде до зміни фундаментальних парадигм обробки та опрацювання даних внаслідок необхідності підтримки та розвитку розподілених інформаційно-обчислювальних ресурсів. З огляду на це, виникає завдання щодо створення єдиної технологічної системи збері-

гання, пошуку та опрацювання інформаційних джерел на основі розподілених інформаційно-обчислювальних ресурсів, що є одним з найважливіших завдань інтеграції наукових та дидактичних досліджень. Ці механізми мають становити основу системи засвоєння даних – перетворення

інформації в систему електронних бібліотек даних, метаданих, алгоритмів і програм, обчислювальних ресурсів і, як результат – в систему управління знаннями [2; 5–7].

Під час формування персоналізованої освітньої системи кожен учень має накопичувати не окре-

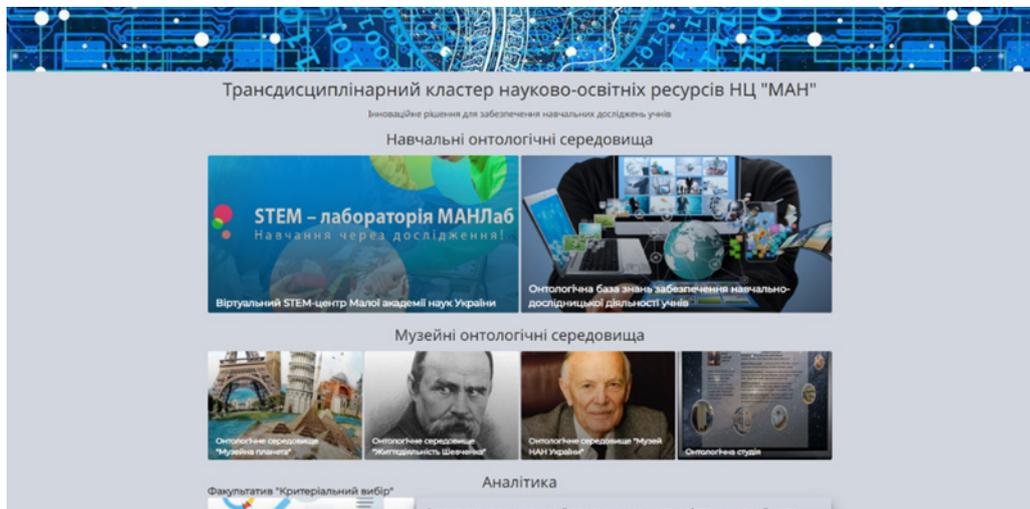


Рис. 1. Трансдисциплінарний кластер науково-освітніх ресурсів НЦ «МАН»

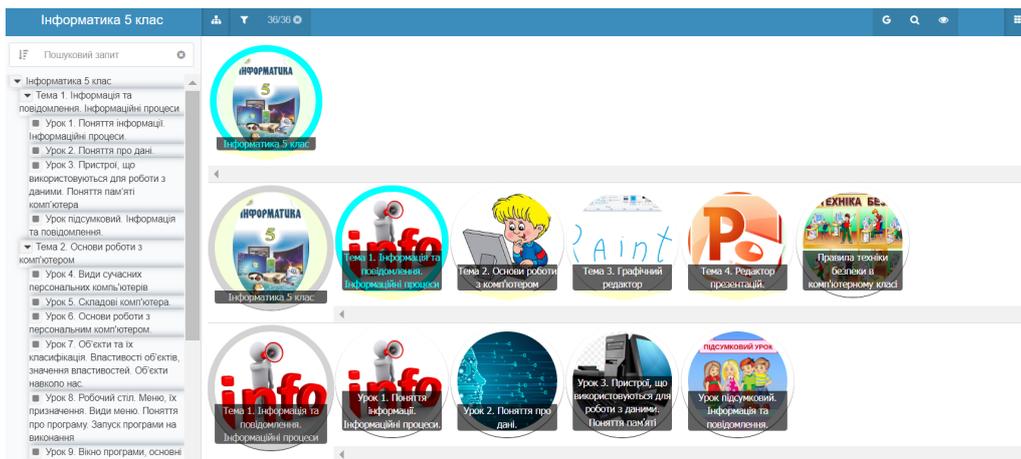


Рис. 2. Приклад об'єктної візуалізації навчального онтологічного графа



56 Рис. 3. Приклад візуалізації онтологічного графа у вигляді структурованої бази знань (онтологічної призми)

мі дані, а структуровані, формалізовані джерела інформації, закони та принципи, які дають змогу ефективно виконувати поставлені завдання. Це значною мірою стає можливим завдяки появі нових засобів автоматизованого онлайн-навчання та відкритих цифрових освітніх платформ, що забезпечують підтримку процесів когнітивної діяльності учня. Вони забезпечують цифрову підтримку діяльності через Інтернет-мережу, користувацькі та інтранет-сервіси. Користувацькі сервіси покликані забезпечити гнучкий доступ до науково-освітніх інформаційних ресурсів, доступних широкому (теоретично необмеженому) колу потенційних користувачів [2; 6]. Натомість функції інтранет-сервісів спрямовані на забезпечення збору, накопичення, оновлення та зберігання різних джерел інформації, формування, структурування та реорганізації їх складу, а також впровадження внутрішньомережових комунікацій та їх захист від несанкціонованого доступу. На основі такого середовища створюються відповідні цифрові платформи для кожного учня та вчителя. Персоналізована цифрова платформа (Network Platform) – це віртуальний цифровий об’єкт адаптивних цифрових мереж, кейс-компонент логічної мережевої інфраструктури з тимчасовою гнучкою архітектурою, яка за своєю структурою і часом існування відповідає потребам користувачів, а в плані її формування і використання базується на адаптивній технології. Одним із перспективних напрямів подальшого вдосконалення цифрових систем є розроблення методологічної основи проектування цифрових освітніх систем на основі комп’ютерних онтологій [2; 6; 7].

Для розв’язування зазначених проблем, що пов’язані з організацією ефективного аналізу, систематизації, класифікації та подання і використання інформаційних ресурсів у цифрових базах знань, пропонуємо «Трансдисциплінарний кластер науково-освітніх ресурсів НЦ “МАН”», створений науковцями Національного центру «Мала академія наук України» (подано на *рис. 1*).

Уніфікована формалізація подання зв’язків між поняттями в онтології робить можливим їх використання в широкому спектрі інформаційно-аналітичних систем.

Семантичне представлення системи у вигляді мережі об’єктів, що мають логічні зв’язки, використовується для опрацювання та підтримки вербального опису та дає змогу встановити базову логічну структуру досліджуваної системи.

На формальному рівні **онтологія** – це система, що складається з множини термінів (понять), тверджень про ці поняття, на основі яких можна будувати класи, об’єкти, зв’язки, функції та теорії при побудові навчальних цифрових баз знань (прикладі подано на *рис. 2, 3*).

Структура цифрової бази знань формується у вигляді сукупності окремих персоналізованих

освітніх е-сценаріїв, які в межах заданої онтологічної структури, операціонально будуються відповідно до обраного об’єкта та поставленої задачі та має файлову структуру формату .xml-файлів. Тобто кожен е-сценарій, у межах заданої онтологічної структури, формується персонально за запитом користувача відповідно до обраного об’єкта навчання або дослідження поставленої задачі. Процес формування освітнього е-сценарію полягає в тому, що, маючи опис певних понять, можна узгоджено подавати їх у вигляді об’єктів навчання засобами побудови онтології.

Такий підхід підвищує ймовірність того, що учень отримає більш якісний, вичерпний освітній контент для глибинного пізнання явищ і процесів у потрібний момент часу і досягне цілей, поставлених як перед собою, так і перед суспільством. Онтологічний підхід до проектування сучасних баз знань дає змогу створювати системи, у яких інформаційні джерела формування знань стають строго структурованими та доступними для всіх учасників освітнього процесу. Онтологічний підхід у наповненні освітніх сервісів інформаційними ресурсами відображає понятійну систему певної дисциплінарної теорії, а методичне забезпечення освітнього процесу полягає в засвоєнні понятійної системи, аксіоматики, правил, синтаксичних і морфологічних основ цієї теорії. Важливу роль у зазначених процесах відіграють знаннево-орієнтовані інструменти і адаптивні сервіси під час створення інформаційно-методичного та лінгвістичного процесу взаємодії між усіма складовими цифрової бази знань.

#### Використані літературні джерела

1. *Globa L.* Ontological model for data processing organization in information and communication networks / L. Globa, N. Gvozdetska, R. Novogradzka // System research and information technologies. – 2021. – No. 1 (2021). – P. 47–60. – URL: <http://journal.iasa.kpi.ua/article/view/236706>.

2. *Kuzmenko O.* Onto-oriented Information Systems for Teaching Physics and Technical Disciplines by STEM-environment / O. Kuzmenko, S. Dembitska, M. Miastkovska, I. Savchenko, V. Demianenko // International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP). – 2023. – Vol. 13. – No. 2. – P. 139–146. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijep.v13i2.36245>.

3. *Nadutenko M.* Ontology-Driven Lexicographic Systems / M. Nadutenko, V. Prykhodniuk, V. Shyrokov, O. Stryzhak // Advances in Information and Communication (FICC 2022), Lecture Notes in Networks and Systems (Vol. 438). – Cham : Springer. 2022. P. 204–215. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-98012-2\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-030-98012-2_16).

4. *Shyrokov V. A.* Technological fundamentals of logical and linguistic research of legislation / V. A. Shyrokov, M. V. Nadutenko, O. Ye. Stryzhak, S. S. Yuschenko // Bionics of Intelligence. – 2021. – No. 95. – P. 3–14. DOI: [https://doi.org/10.30837/bi.2020.2\(95\).01](https://doi.org/10.30837/bi.2020.2(95).01).

5. Stryzhak O. Decision-making System Based on The Ontology of The Choice Problem / O. Stryzhak, V. Horborukov, V. Prychodniuk, O. Franchuk, R. Chepkov // Journal of Physics: Conference Series (ISAIC 2020). – 2021. – Vol. 1828. – С. 012007. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1828/1/012007>.

6. Дем'яненко В. Онтологічні засади формалізації інформаційних джерел у е-освітніх середовищах / В. Дем'яненко // ScienceRise: Pedagogical Education. – 2019. – 6(33). – С. 39–45. DOI: <https://doi.org/10.15587/2519-4984.2019.186200>.

7. Інформаційно-навчальні ресурси. Капсули знань: колективна монографія; за заг. ред. С. О. Довгого, О. Є. Стрижака; НАН України [та ін.]. – Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. – 215 с.

### References

1. Globa, L., Gvozdetska, N., & Novogrudska, R. (2021). Ontological model for data processing organization in information and communication networks. *System research and information technologies*. No. 1. P. 47–60. Retrieved from: <http://journal.iasa.kpi.ua/article/view/236706>.

2. Kuzmenko, O., Dembitska, S., Miastkovska, M., Savchenko, I., & Demianenko, V. (2023). Onto-oriented Information Systems for Teaching Physics and Technical Disciplines by STEM-environment. *International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP)*. 13 (2). P. 139–146. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijep.v13i2.36245>.

3. Nadutenko, M., Prychodniuk, V., Shyrovkov, V., & Stryzhak, O. (2022). Ontology-Driven Lexicographic Systems. *Advances in Information and Communication (FICC 2022)*. Lecture Notes in Networks and Systems. Cham: Springer. P. 204–215. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-98012-2\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-030-98012-2_16).

4. Shyrovkov, V. A., Nadutenko, M. V., Stryzhak, O. Ye., & Yuschenko, S. S. (2021). Technological fundamentals of logical and linguistic research of legislation. *Bionics of Intelligence*. No. 95. P. 3–14. DOI: [10.30837/bi.2020.2\(95\).01](https://doi.org/10.30837/bi.2020.2(95).01).

5. Stryzhak, O., Horborukov, V., Prychodniuk, V., Franchuk, O., Chepkov, R. (2021). Decision-making System Based on The Ontology of The Choice Problem. *Journal of Physics: Conference Series (ISAIC 2020)*. Vol. 1828. P. 012007. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1828/1/012007>.

6. Demianenko, V. (2019). Ontologichni zasady formalizatsii informatsiinykh dzherel u e-osvitnikh seredovyshchakh – Ontological principles of formalization of information sources in e-educational environments. *ScienceRise: Pedagogical Education*. 6 (33), P. 39–45. DOI: <https://doi.org/10.15587/2519-4984.2019.186200>. [in Ukrainian].

7. Dovhyi, S. O., & Stryzhak, O. Ye. (Eds.) (2019). *Informatsiino-navchalni resursy. Kapsuly znan [Information and educational resources. Knowledge capsules]*. Kyiv, 215 p. [in Ukrainian].

**Demianenko Valentyna**, Candidate of Pedagogical Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of Information and Didactic Modeling, National Center “Small Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine

**Deineka Ihor**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher, Department of Information and Didactic Modeling, National Center “Small Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine

**Dzhulai Anton**, Junior Researcher, Department of Information and Didactic Modeling, National Center “Small Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine

**Voznyi Dmytro**, Junior Researcher, Department of Information and Didactic Modeling, National Center “Small Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine

**Shapovalov Yevhen**, Candidate of Economic Sciences, Researcher, Department of Creation of Educational and Thematic Knowledge Systems, National Center “Small Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine

### USE OF ONTOLOGIES TO FORMALISE THE PROCESSES OF STUDENTS' COGNITIVE ACTIVITY

Summary.

*The article emphasises the need to find tools for creating modern digital knowledge bases that would contain classifications of concepts, essences of scientific categories in the educational environment, especially in the digital one. Practice proves that the use of digital educational systems creates prerequisites for the formation of such qualities of student thinking as a tendency to experiment, flexibility, coherence, and structure. It is noted that one of the promising areas for further improvement of digital educational systems is the development of methodological and logical foundations for designing on the basis of computer ontologies, based on which the user is provided with a holistic, systematic overview of a particular subject area - conceptualisation of a particular field of knowledge, by identifying basic objects and the links between them. When using software and digital tools in students' educational and research activities, we take into account the fact that the volume and variety of data and messages for different knowledge profiles are now so large that it is necessary to classify them in terms of belonging to subject areas or areas of interest of all participants in the educational process. It has been determined that the ontological approach ensures the effective design of digital knowledge base components, acts as an effective mechanism that reflects a certain theory, presented as a set of terms, relationships between them, related descriptions and formal axioms, which facilitates the interpretation and sharing of these terms.*

**Keywords:** digital knowledge base; digital object; cognitive activity; ontology; ontological graph.