

В. Б. Шаповалов

ВИКОРИСТАННЯ ОНТОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ STEM-ЦЕНТРУ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Анотація. Статтю присвячено розгляду практичних аспектів використання онтологічної моделі STEM-центру, яка побудована на основі когнітивної інформаційної технології «Поліедр», в навчальному та дослідницькому процесах. Описано інструменти, що були створені за допомогою електронних таблиць Microsoft та Google. Проаналізовано застосування системи віртуальних музейних лабораторій, бази даних мікроорганізмів, онтологічного STEM-класифікатора, віртуальної лабораторії наукових видань, онтологічних віртуальних лабораторій експедицій, когнітивної системи добору дослідницьких робіт. Усі інструменти КІТ «Поліедр» можуть бути представлені у вигляді таксономії, об'єктно-орієнтованому вигляді або у вигляді призми. Розроблено способи обробки даних з використанням ранжування і аудиту, що є елементами КІТ «Поліедр». Такий підхід застосовано при підборі даних викладачами та учнями, а також при обробці онтологічних баз знань, що показано на прикладі системи добору мікроорганізмів. База централізованого інформаційного веборієнтованого освітнього середовища складається з різних типів освітніх програм. Онтологізована програма відрізняється від класичних підходів до інтерпретації освітніх програм більш високим рівнем структурованості матеріалу та інтерактивності. Студенти й викладачі можуть взаємодіяти із структурованими навчальними програмами. Для пошуку контекстів на базі термінологічного поля програми застосовуються інструменти внутрішнього та зовнішнього пошуку. Онтологічна система віртуальних музейних лабораторій забезпечує високий рівень структуризації інформації про об'єкти та їх віртуалізацію. Це дає змогу використовувати музейні онтології під час екскурсійних занять. База даних мікроорганізмів у системі КІТ «Поліедр» забезпечила систематизацію дослідницьких знань у навчальному процесі. КІТ «Поліедр» дає змогу виділити характеристики дослідницьких робіт та здійснити систематизацію їх обробки відповідно до запиту користувача.

Ключові слова: STEM, онтології, трансдисциплінарність, навчальні програми, КІТ «Поліедр».

Проблема інформаційного забезпечення STEM-навчання

Розвиток суспільства передбачає нагромадження інформації, яку досить складно структурувати. Разом із тим під час навчання молодих спеціалістів необхідне використання такої інформації. Особливо актуальним є структурування інформації при використанні STEM-підходу, що передбачає обробку як учнями, так і викладачами значних масивів інформації за рахунок того,

що STEM-підхід охоплює як елементи дослідження (пошуку інформації), так і використання трансдисциплінарності, тобто дослідницької стратегії, що допомагає зрозуміти нове завдяки інформації з різних галузей знань [1]. Лише за умови опрацювання великих масивів інформації сьогодні можливе вироблення нових корисних ідей та підходів. До того ж необхідним є збереження інтересу до навчання, зокрема природничих дисциплін, опанування яких покликане передусім сприяти технологічному розвитку людства.

STEM-освіта — підхід, що передбачає використання дослідження та інженерії, а отже —

трансдисциплінарність як поєднання природничої, технічної творчості, інженерії та математики. STEM широко застосовується у провідних країнах світу, наприклад, у США, Китаї, Великій Британії, Японії тощо.

В Україні законодавчо затверджено освітній напрям «спеціалізована освіта наукового спрямування», який відповідає поняттю STEM-освіти, адже йдеться передусім про поглиблену підготовку зі STEM-дисциплін. Окрім того, передбачено опанування наукової методології, залучення учнів до дослідницької, конструкторської діяльності й винахідництва, що допоможе розвивати здібності майбутніх талановитих учених, інженерів, новаторів. Визначено потребу формування в учнів почуття відповідальності за результати навчання, розуміння тренду «навчання упродовж життя», усвідомлення необхідності систематичного підвищення професійної компетентності тощо. Такі засади також відповідають концепції STEM-освіти.

Разом із тим на сьогодні питання інформаційного забезпечення системно не розглядалось, а наявні підходи не здатні задовольнити потребу у ньому як при підготовці STEM-уроків викладачами, так і безпосередньо у навчальному процесі. Тож нижче наведемо аргументи щодо необхідності розробки нових підходів до інформаційного забезпечення STEM-освіти.

Недоліки сучасних систем для онлайн-навчання

Основні види інформаційних систем, що застосовуються в межах STEM-освіти, можна розподілити на середовища для навчання, середовища для пошуку інформації, середовища-бібліотеки, відеоресурси, інструменти моделювання процесів, середовища для проведення онлайн-занять. Окрім того, системи варто розподілити на LMS (системи управління навчанням) та CMS (системи управління вмістом).

До середовища для навчання належать Microsoft Teams, Google Classroom, Moodle, Apple Classroom та інші. Вони дають змогу налаштувати управління організаційними процесами навчання та викладати певні текстові й інші документи. Це корисний інструмент щодо управління роботою учнів, однак він не дає можливості забезпечити трансдисциплінарність (окрім ситуацій, коли викладач вручну підготує

трансдисциплінарний матеріал). Водночас такі системи обмежені лише тими матеріалами, що були викладені педагогом для певного курсу.

Середовища для пошуку інформації індексують усі вебресурси та отримують як запит користувача ключові слова, за якими необхідно здійснювати пошук. Такі системи не можуть бути рекомендовані до використання у навчанні з огляду на міркування безпеки. До того ж пошукові системи індексують інформацію, що може не відповідати державним стандартам. Як нещодавній актуальний приклад доцільно навести зміни у найменуванні хімічних речовин та сполук, затверджені ДСТУ 2439:2018. Відповідно, джерела, в яких використано стандарт ДСТУ 2439–94 із 1994 по 2018 рік, є застарілими та не можуть бути рекомендовані в освітньому процесі в Україні. Тому потрібно послуговуватися більш закритими системами, інформація у яких повинна проходити контроль відповідності наявним стандартам.

Інші види інформаційних середовищ, зокрема відеоресурси, інструменти моделювання процесів, платформи для проведення онлайн-занять, містять лише конкретні засоби для вирішення дуже локальних завдань і не характеризуються системністю.

Жоден із підходів, зазначених вище, не передбачає системності та орієнтованості на зв'язок із навчальною програмою, а отже, використання навчальної програми в освітньому процесі покладається безпосередньо на викладача. Проте на сьогодні цю процедуру може бути автоматизовано, а тому і полегшено. У випадку надання STEM-орієнтованої освіти зв'язки із навчальною програмою знаходити ще складніше й необхідне забезпечення міжпрограмних поєднань у вживанні термінології та вивченні процесів. Такі завдання можуть бути успішно розв'язані у комп'ютерних таксономіях.

Раніше використовувались OWL та Protégé як конструктори онтологій для забезпечення різноманітності навчального контенту. Метою такої роботи була розробка нових онтологічно-базованих підходів, які характеризуються здатністю до комплексного застосування із тезаусно-компетентнісною орієнтованістю. Разом із тим вбачається доцільною розробка онтологічних систем на базі навчальних програм, завдяки яким можливо використовувати розрізнені джерела знань та інформаційні інструменти [2].

Попередньо нами було обґрунтовано доцільність уживання терміна «єдине навчальне мережоцентричне інформаційне середовище», що об'єднувало б навчальну програму та конкретні інструменти. Разом із тим, враховуючи специфіку STEM-освіти, вбачаємо, що застосування зазначеного терміна є недоречним. Тож будемо послуговуватися поняттям «онтологічна модель STEM-центру», що передбачає використання інформаційних ресурсів, включаючи навчальні програми, обробку таких ресурсів для забезпечення реалізації дослідницького та інженерного підходів і трансдисциплінарності.

Отже, доцільно використовувати когнітивну IT-платформу Polyhedron. Polyhedron — це мульти-агентна система, яка забезпечує трансдисциплінарний та інтерактивний компоненти у будь-яких навчальних і наукових дослідженнях [3–5]. Крім того, когнітивна IT-платформа Polyhedron може виконувати обробку даних, зокрема аудит [6]. Polyhedron забезпечує семантичну мережу, систематизацію та ранжування інформації [7], міждисциплінарну підтримку навчання, має функції внутрішнього пошуку [8], а також характеризується усіма перевагами онтологічних засобів інтерфейсу [6], забезпечує побудову всіх ланцюгів процесу трансдисциплінарної інтегрованої взаємодії. Завдяки активним станам гіперспіввідношення множинного часткового впорядкування когнітивна IT-платформа Polyhedron є інноваційною IT-технологією онтологічного управління знаннями та інформаційними ресурсами незалежно від стандартів їх створення.

Методи

З метою створення онтологій у когнітивній IT-платформі Polyhedron використовувались Google Sheets для збору та структурування інформації (див. приклад на *рис. 1*). Таблиці з даними (файл структури та файл числових/семантичних даних) завантажені й збережені у форматі xls. Файли завантажено до editor.stemua.science, частини когнітивної IT-платформи Polyhedron. Після цього було здійснено генерацію вершин графів (у форматі xls) з характеристиками вершин за допомогою файлу структури. Отримані графи збережено у форматі xml та розміщено в базі даних. Графи заповнені семантичною та числовою інформацією для ранжування чи фільтрування. Онтологічні ребра сформувались за допомогою предикатних рівнянь.

У рейтингу використовується шкала оцінок від одного до десяти балів, щоб акцентувати увагу на коефіцієнті важливості. Для забезпечення ранжування створено граф-стандарт (з яким відбувається порівняння) та «порівняльний» граф (який порівняно з граф-стандартом). Онтологічний граф-стандарт містить дані про гіпотези, теми, об'єкти дослідження, ключові слова та інші параметри звітів про дослідження, зроблені раніше. Для граф-стандарту кожен параметр був представлений в окремій вершині. Зміст онтологічного граф-стандарту постійно оновлюється та доповнюється.

Параметри роботи, що використовуються для аудиту за граф-стандартом, містяться в мета-

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	nodeproperties	Точність і Нижня м	Верхня м	Кут нахилу	Клас еле	Потужніс	Інтервал	Січення	Максима	Наявність	Відповід	Наявність	Показник	Максима	Наявність	Наявність	Наявність	Наявність	Охоплені	Якість ст
2	Амперме 0.005	0	400	25	3	0.25	1	0.5	0.5	Так	Так	Так	0.01	30	Hi	Hi	Так	40	8	
3	Амперме 0.01	0	500	20	3	0.1	1	0.5	0.5	Так	Так	Так	0.0005	25	Hi	Hi	Так	60	4	
4	Амперме 0.0075	0	300	30	3	0.3	1	3	0.5	Так	Так	Так	0.01	40	Hi	Hi	Hi	70	6	
5	Амперме 0.02	0	100	10	2	0.5	1	0.25	3	Так	Так	Так	1	45	Hi	Hi	Hi	80	7	
6	Амперме 0.2	0	150	10	1	0.8	0.01	0.25	0.1	Так	Так	Так	0.01	43	Hi	Hi	Hi	30	3	
7	Амперме 0.013	0	20	40	3	0.3	5	0.1	0.2	Так	Так	Так	0.02	42	Hi	Hi	Hi	25	8	
8	Амперме 0.0014	3	250	50	1	0.25	1	0.5	0.1	Так	Так	Так	0.01	40	Hi	Hi	Так	60	6	
9	Амперме 0.1	0	10	5	1	0.1	1	0.5	0.3	Так	Hi	Так	0.003	41	Hi	Hi	Hi	20	1	

Рис. 1. Google-таблиці з даними для онтологій

даних кожного окремого вузла. Назви типів метаданих ідентичні іменам вершин граф-стандарту, щоб забезпечити взаємодію між графами.

Онтологічні навчальні програми як базис STEM-навчання

База централізованого інформаційного веб-орієнтованого освітнього середовища складається з різних типів освітніх програм (таких як початкова, середня, позашкільна). Ці програми відрізняються від класичних підходів інтерпретації освітніх програм більш високим рівнем структурованості матеріалу та інтерактивності. Як студенти, так і викладачі можуть переглянути всю структуру навчальної програми в інтернеті. Щоб забезпечити такий підхід, ми використали граф для опису тем навчальної програми. Тому вершини графів пов'язані з їх материнськими краями для побудови ієрархії. Це спосіб створення структурованих інтерактивних освітніх програм. Загальний вигляд навчальної програми з хімії для учнів 10 класів представлено на рис. 2.

Інтеграція різних ресурсів є способом забезпечення трансдисциплінарності та дослідницького підходу до навчального процесу. Студент, який вивчає предмет та використовує

інтерактивну веборієнтовану навчальну програму на базі ІТ-платформи ТОДАОС, може скористатися зовнішнім пошуком, щоб забезпечити інформаційне дослідження. Механізм функції внутрішнього пошуку та його результати показано на рис. 3.

Внутрішні ресурси відображаються в результатах як назви графів, але агенти централізованого інформаційного веборієнтованого освітнього середовища показуються у вигляді вебпосилань (рис. 4). У разі переходу до внутрішніх графів вони відкриваються у візуалізаторі.

Онтологічні інструменти онтологічного STEM-центру

Система віртуальних музейних лабораторій. Останнім часом популярності набувають віртуальні екскурсії, що особливо актуально в умовах карантину. Разом із тим більшість рішень не забезпечують необхідної обробки даних, а лише візуалізацію. Тому було розроблено онтологічні музеї (рис. 5, рис. 6 та рис. 7)

База даних мікроорганізмів. Важливою для навчального процесу є можливість пошуку мікроорганізму та його добору за допомогою обрання семантичних характеристик. Використання онтологічної таксономії мікроорганізмів



Рис. 2. Загальний вигляд навчальної програми з хімії для учнів 10 класів

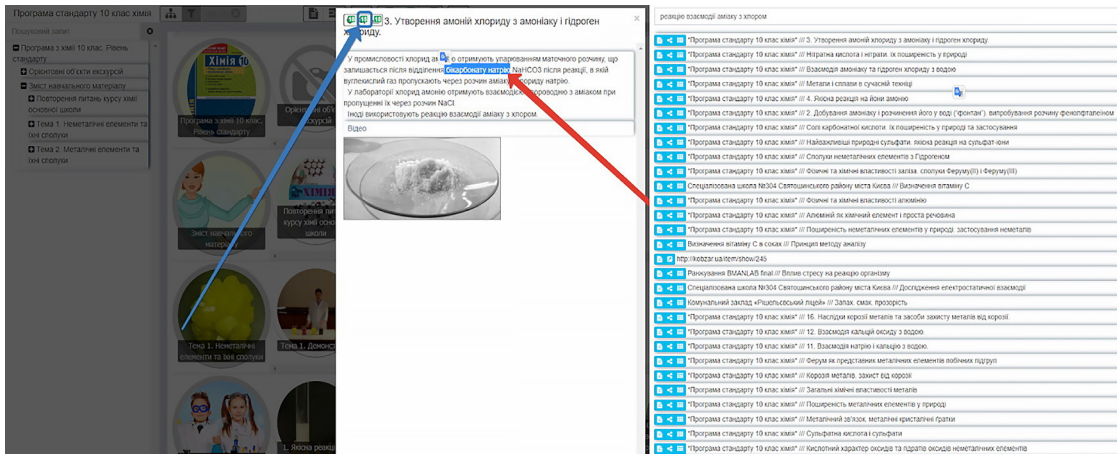


Рис. 3. Механізм здійснення внутрішнього пошуку

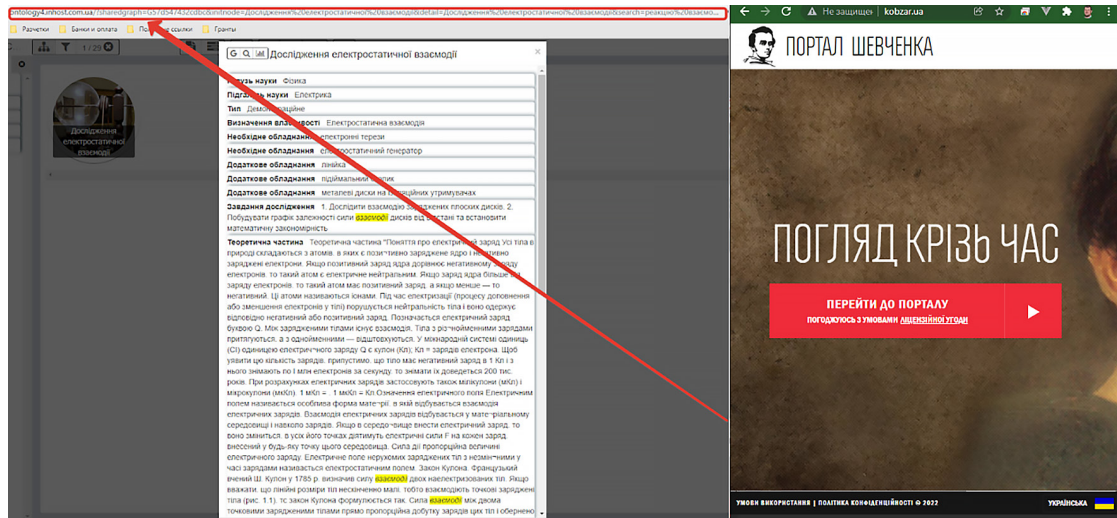


Рис. 4. Функція зовнішнього пошуку

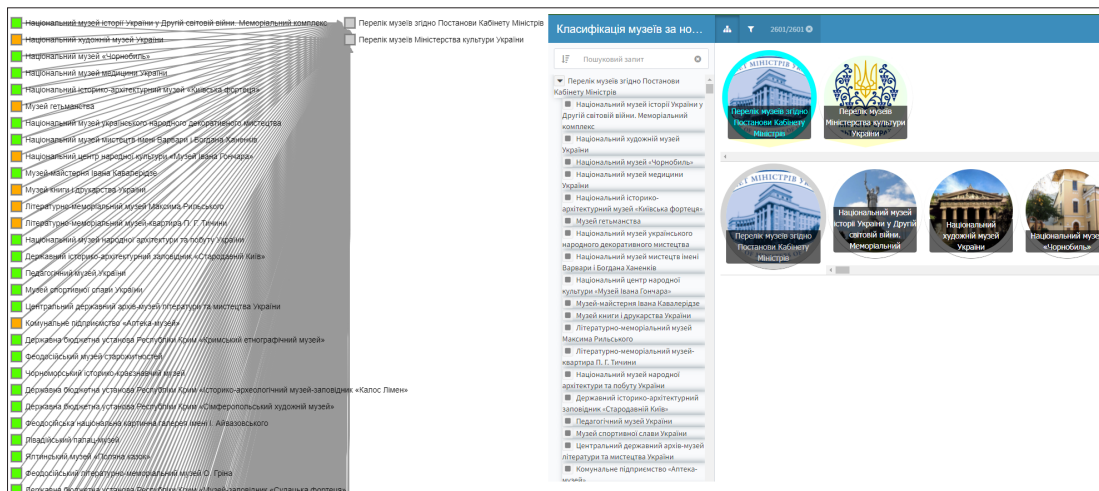


Рис. 5. Формально-логічне представлення структури мережецентричного середовища «Музейна планета» та його візуалізація у вигляді графа

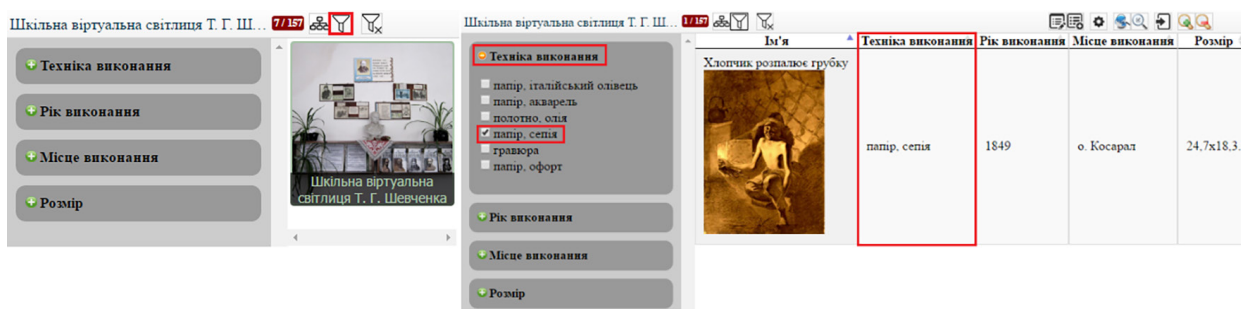


Рис. 6. Система фільтрування

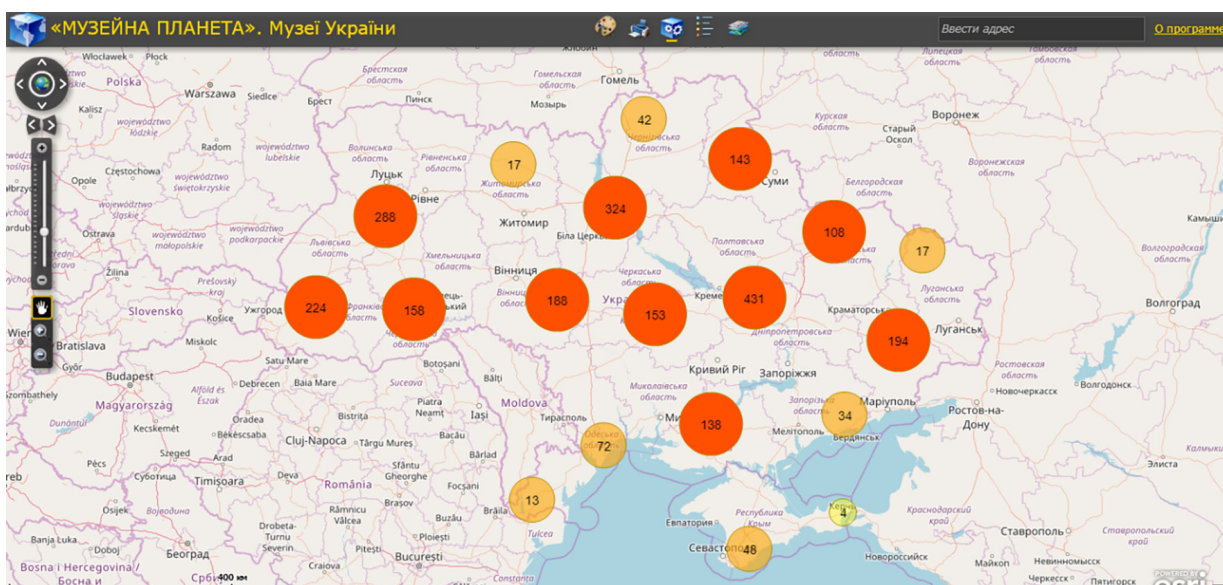


Рис. 7. Геоінформаційна візуалізація порталу «Музейна планета»

у навчальному процесі дає змогу отримувати системні дані про об'єкти вивчення: належність до видів, родів, родин, класів, порядків, відділів, доменів.

Цей онтологічний граф є складовою єдиного мережецентричного середовища. Отже, можливе використання у навчанні і його як автономної одиниці, і його складових. Тож нами запропоновано онтологію «Класифікатор мікроорганізмів» на уроках з біології.

Отриманий онтологічний граф забезпечує можливість використання фільтрації, і можна знайти виявлений мікроорганізм або групу мікроорганізмів. Загальний вигляд онтологічної таксономії мікроорганізмів та системи добору мікроорганізмів представлено на рис. 8 [4].

Онтологічна система структуризації дослідницьких результатів, набутих у дослід-

ницькій та науковій роботі в межах STEM-освіти. Для побудови системи ранжування попередніх досліджень ми визначили семантичні характеристики наукових праць, присвячених виробництву біогазу з курячого гною. Ці семантичні та числові характеристики включають температуру ($^{\circ}\text{C}$), об'єм реактора (л), вміст курячого гною (%), вміст вологи (%), вміст активного мулу (%), вміст кінцевих твердих речовин (%), виробництво біогазу та метану (мл/г VS), вміст метану (%), рік дослідження, вміст амонійного азоту (мг/л), кінцевий рН, початковий рН, мінімальний та максимальний рН субстрату [9–11].

Інтерфейс для вибору важливості показників та інтерфейс ранжування результатів представлено на рис. 9. Інтерфейс для вибору пріоритетів чисельних показників інформації

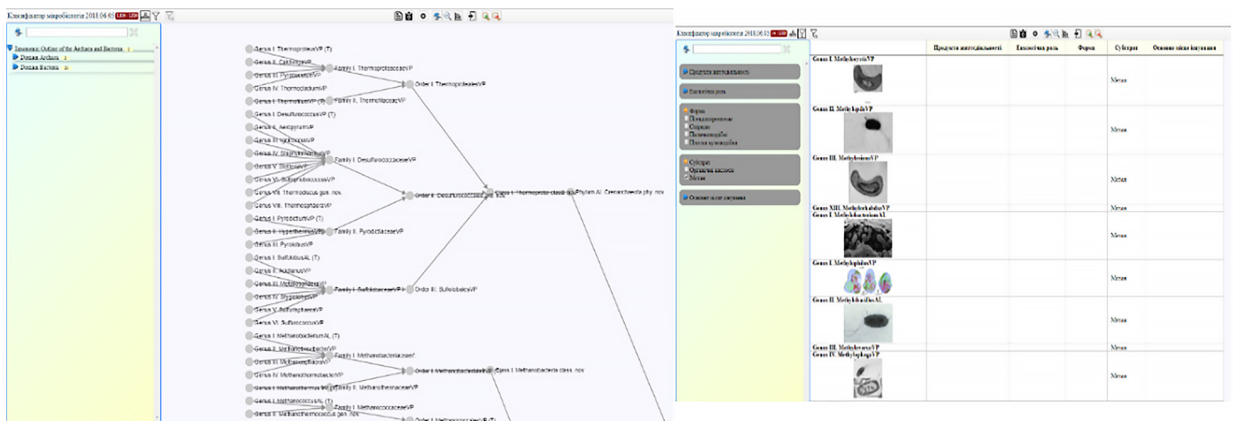


Рис. 8. Загальний вигляд онтологічної таксономії мікроорганізмів та системи добору мікроорганізмів

для ранжування дає змогу враховувати пріоритетність сучасних статей із правильним маркуванням важливих критеріїв. Використання розглянутої системи сприяє швидкому пошуку інформації за необхідним критерієм [4].

Інтерфейс вибору пріоритетів семантичних характеристик для ранжування дає можливість враховувати пріоритетність сучасних статей за умови правильної розстановки критеріїв важливості. Завдяки розглянутій системі можна швидко відсортувати інформацію за необхідним критерієм.

Віртуальні лабораторії наукових видань. Ми створили онлайн-орієнтований онтологічний граф для фахових видань України та Scopus для вибору. У якості графа обрано кожен журнал. Для обох категорій видань розділені семантичні характеристики. Для журналів фахових видань України були виділені такі характеристики: «Засновники», «Галузь науки», «Дата включення / оновлення», «Індексація журналу», «Спеці-

лізація журналу». Користувач може послуговатися цими характеристиками для вибору потрібного йому журналу (див. рис. 10).

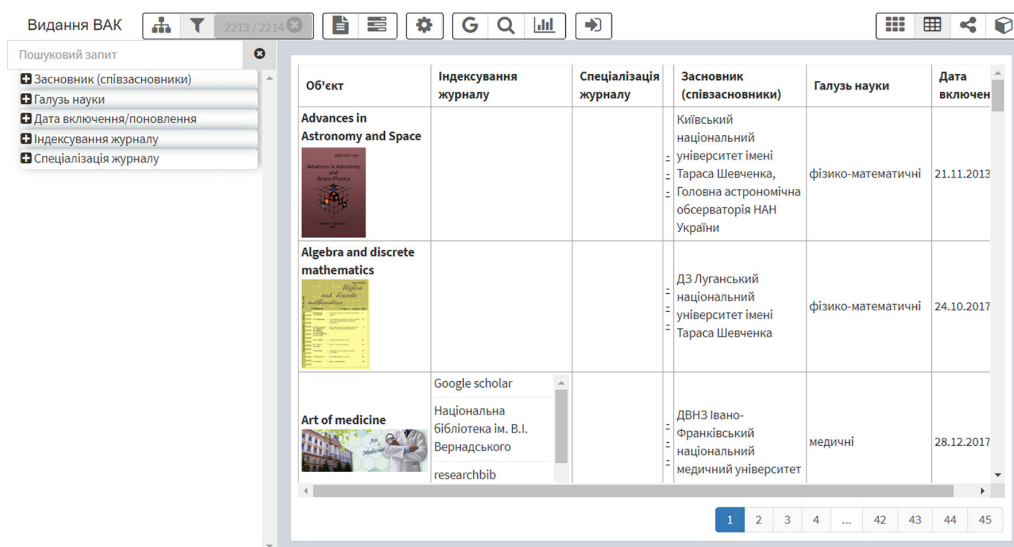
Щоб створити базу даних для журналів у Scopus, SJR, SNIP, CiteScore, статус активності (активний чи ні), код загальнонаукової інформації (ASJC), мова журналу (трибуквенні коди мови ISO), країна видавця були виділені для кожної онтологічної вершини. Інструмент вибору журналів у Scopus та журналів — фахових видань України представлено на рис. 10.

Онтологічні віртуальні лабораторії експедицій. Віртуальні лабораторії експедиційних досліджень розміщені у вершині «експедиційні результати». Результати науково-дослідної експедиційної діяльності можливо представити багатьма методами, однак високий рівень структуризації та візуалізації інформації забезпечує застосування віртуальних лабораторій науково-експедиційних досліджень у вигляді онтологерованих віртуальних лабораторій.

Система обробки наукових результатів (Онтологічний)

Видр	Назва	Важ. Коэф.	Опт (максим)	Способи задання вагових коефіцієнтів			№	Елементи	Значення	Температур., С	Світл., л	Вістк. порожн. порода, %	Вістк. вага, % до загальної ваги породи	Вістк. вага, % до загальної ваги субстрату	Вістк. вага, % до загальної ваги субстрату	Кількість ваг, % у середній частині	Середній ваг, % у середній частині	Вістк. вага, % у середній частині	Інв.	Результат
				Більша шкала (10)	Лінійна шкала	Розподілення														
<input checked="" type="checkbox"/>	Температура, С	0.035	макс	5	Середньоміжність	1	1999	0,272	35	1	20	10	15	70						
<input checked="" type="checkbox"/>	Об'єм, л	0.038	макс	5	Середньоміжність	1														
<input checked="" type="checkbox"/>	Вістк. порожн. порода, %	0.035	макс	5	Середньоміжність	1														
<input checked="" type="checkbox"/>	Вістк. вага, % до об'єму субстрату	0.038	макс	5	Середньоміжність	1														
<input checked="" type="checkbox"/>	Вістк. вага, % до загальної ваги субстрату	0.038	макс	5	Середньоміжність	1														
<input checked="" type="checkbox"/>	Кількість ваг, % у середній частині	0.038	макс	5	Середньоміжність	1														
<input checked="" type="checkbox"/>	Вістк. вага, % у середній частині	0.038	макс	5	Середньоміжність	1														
<input checked="" type="checkbox"/>	Вістк. вага, % у середній частині	0.038	макс	5	Середньоміжність	1														
<input checked="" type="checkbox"/>	Рік	0.038	макс	5	Середньоміжність	1														
<input checked="" type="checkbox"/>	Результат	0.035	макс	5	Середньоміжність	1														

Рис. 9. Інтерфейс ранжування наукових результатів



a)

№	НАЗВА	PRINT-ISSN	ACTIVE OR INACTIVE	ARTICLE LANGUAGE IN SOURCE (THREE-LETTER ISO LANGUAGE CODES)	PUBLISHER'S NAME	PUBLISHER IMPRINTS GROUPED TO MAIN PUBLISHER	PUBLISHER'S COUNTRY	ALL SCIENCE CLASSIFICATION CODES (ASJC)
10	21st Century Music	15343219	Inactive	ENG	Cambridge University Press	Cambridge University Press	United States	Music
20	2D Materials		Active	ENG	Institute of Physics Publishing (IOP)	Institute of Physics	United Kingdom	Mechanical Engineering Mechanics of Materials Condensed Matter Physics General Materials Science General Chemistry
30	3 Biotech	2190572X	Active	ENG	Springer International Publishing AG	Springer Nature	Switzerland	Agricultural and Biological Sciences (miscellaneous) Environmental Science (miscellaneous) Biotechnology
	3D Printing and							Industrial and Manufacturing

b)

Рис. 10. Інструмент вибору журналів — фахових видань України (a) та журналу у Scopus (б)

Особливістю онтологічного журналу є високий рівень структуризації та візуалізації даних, можливість переходу між спорідненими вершинами та пошуку семантичних зв'язків між вершинами та елементами онтології. Візуалізація наукових даних у вигляді онтологічного журналу представлена на рис. 11. З рисунка видно, що великі масиви інформації, отриманої під час дослідження,

групуються та структуруються, а перехід до наукових даних здійснюється швидко та зрозуміло.

Нехай нам необхідно дослідити процес розширення повітря за різних умов залежно від насиченості різними газами, причому гіпотеза наукового дослідження така: при збільшенні концентрації водяної пари розширення повітря відбувається повільніше.

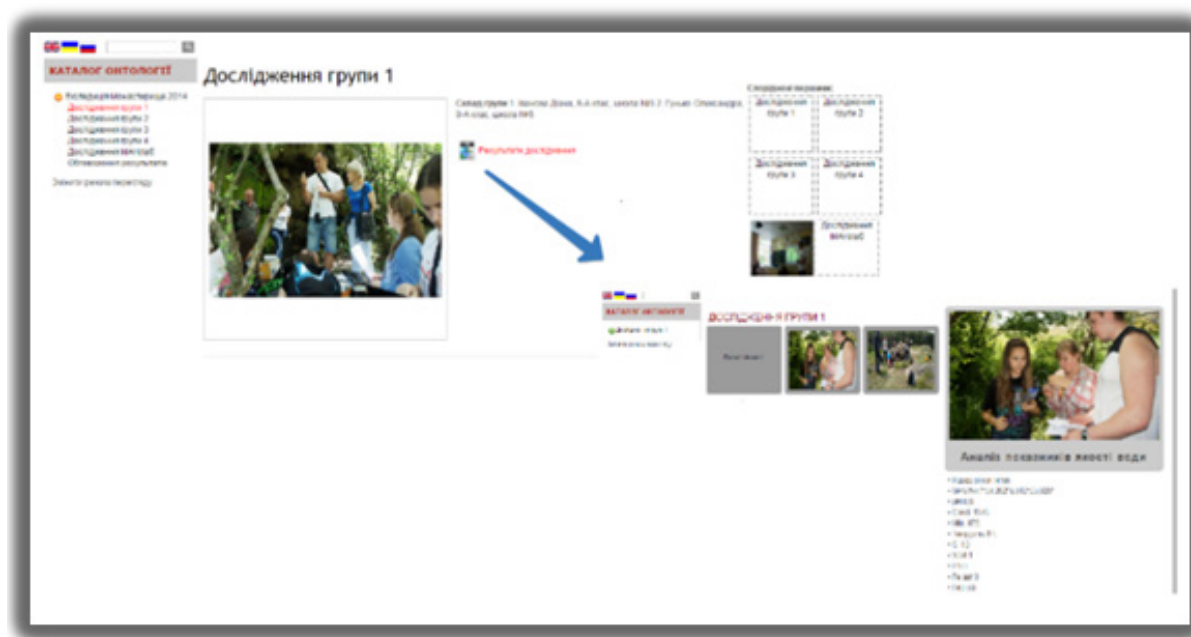


Рис. 11. Візуалізація наукових даних в онтологічному журналі

Віртуальна лабораторія МАНЛаб. Система призначена для управління інформаційними ресурсами, які застосовуються в рамках роботи учнів у Малій академії наук України, та структуризації цих ресурсів. На рис. 12 представлено онтолого-керований ресурс МАНЛаб.

Структура віртуальної платформи МАНЛаб містить усі елементи, що застосовуються учнями Малої академії наук для підготовки наукових і дослідницьких проєктів. Навігація онтологією здійснюється шляхом переходів між елементами на візуалізаційній або структурній частині онтології.

Однією з важливих особливостей віртуальних лабораторій є наявність обладнання, яким

можуть користуватися учні. Основне завдання цієї вершини — оптимізувати підбір обладнання для учнів. Отож до віртуальної лабораторії «Обладнання МАНЛаб» увійшли інструменти, що оптимізують пошук обладнання: інструменти ранжування та фільтрування. Віртуальну лабораторію «Обладнання МАНЛаб» представлено на рис. 13.

У дослідницькому процесі тісно пов'язані практика й теорія, а тому, окрім методичного супроводу та підбору обладнання, важливим є зв'язок із теоретичними знаннями. Теоретичні та лекційні заняття зібрано у вершині «лекційне забезпечення», що містить мультимедійні інтерактивні покликання, зокрема у середовище «YouTube».



Рис. 12. Онтолого-керований ресурс МАНЛаб

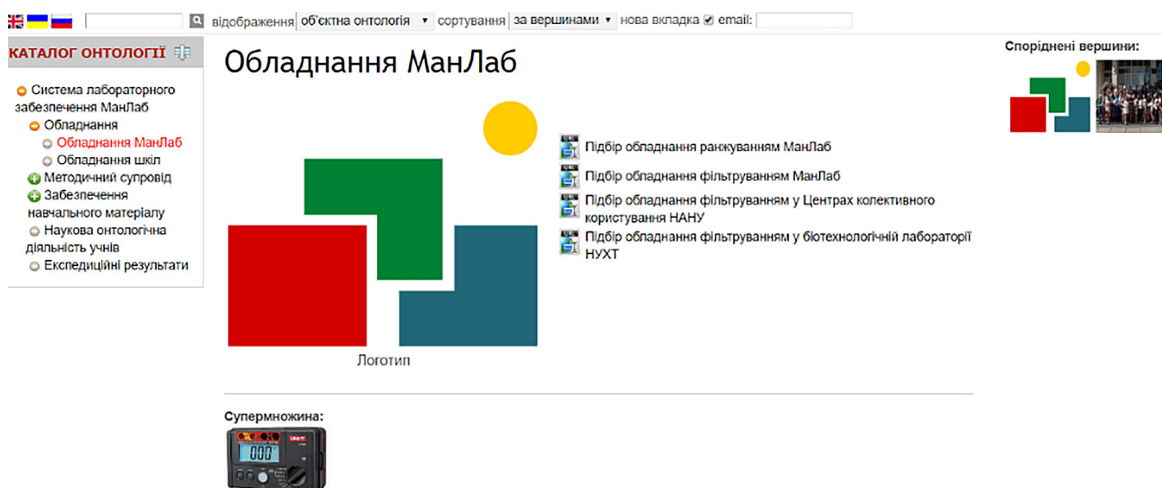


Рис. 13. Віртуальна лабораторія «Обладнання МАНЛаб»

Репозиторій віртуальних лабораторій розміщений у вершині «методичний супровід». Репозиторій віртуальних робіт містить віртуальні лабораторії, кожна з яких наповнена методиками, інструментами та інформаційними ресурсами для виконання конкретних лабораторних робіт. На рис. 14 представлені вершини методичного супроводу.

Важливим інструментом для організації роботи є системи-класифікатори, що зібрані у вершині «системи підбору». Системи підбору характеризуються здатністю до роботи з інформацією, зокрема, шляхом фільтрування. На рис. 15 представлено вершину «системи підбору» та механізм її функціонування.

Онтологічний STEM-класифікатор даних. Під час розробки структури онтології користувались загальноприйнятими твердженнями про STEM та STEM-підходи [12]. Для генерації онтологій використовували модулі системи ТОДАОС

editor4 та ontology4, після чого згенерований онтологічний граф візуалізували за допомогою генерації онтологічного куба.

Відповідно до загальноприйнятих положень в Україні акронім STEAM розшифровується як наука (Science), технології (Technology), інжиніринг (Engineering), все (All), математика (Mathematics). Відповідні терміни відображені як субвершини першого рівня. Кожна складова STEAM репрезентує ряд напрямів, що представлені як субвершини другого рівня. Наприклад, нині під поняттям науки (в освітньому сенсі) розуміються природничі дисципліни, як-от, приміром, фізика. Фізична наука складається з розділів (наприклад, динаміка, ядерна фізика тощо). Назви понять та зв'язки між ними відображені в об'єктній онтології або кубі. Загальний вигляд STEAM-онтології та загальний вигляд онтологічного STEAM-куба представлені на рис. 16.



Рис. 14. Методика визначення теплових властивостей металів

ONTOLOGY

Звіт про ревізію перегляду

ФІЛЬТРУВАТИ ✕

АНАЛІЗ
Ідентифікація об'єктів:

Визначуваний параметр

- Вміст іонів амонію (NH_4^+) та амонію (NH_3) одночасно
- Вміст заліза (Fe^{2+})
- Вміст алюмінію (Al^{3+})
- Вміст міді (Cu^{2+})
- Вміст сульфатів (SO_4^{2-})
- Вміст фторидів (F^-)
- Вміст марганцю (Mn^{2+})
- Вміст ортофосфатів (PO_4^{3-})
- Вміст поліфосфатів (PO_4^{3-})
- Жорсткість
- Запах
- Кислотність
- Кольоровість
- Лузність
- Мутність
- Прозорість
- Смак

Загальний аналіз води

№	НАЗВА	ГАЛУЗЬ НАУКИ	ПІДГАЛУЗЬ НАУКИ	ТИП	ВИЗНАЧУВАНИЙ ПАРАМЕТР	ХІМІЧНИЙ ПОСУД	ПОСИЛАННЯ НА САЙТ	РЕАКТИВИ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ СТАНДАРТНИХ РОЗЧИНІВ	РЕАКТИВИ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ РОЗЧИНІВ	НЕОБХІДНЕ ОБЛАДНАННЯ	РЕАКТИВИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОПРАВКИ КОЕФІЦІЄНТ
1	Запах, смак, прозорість	Екологія	Аналіз якості води	Органолептичне дослідження	Запах Смак Прозорість	Мірний циліндр на 100 мл Колба конічна 250 мл Пластикові пробки	Запах, смак, прозорість				
2	Кольоровість та мутність	Екологія	Аналіз якості води	Органолептичне дослідження	Кольоровість Мутність	Пробірка 10 мл	Кольоровість та мутність	Дихромат калію Сірчанокислений кобальт			
	Визначення сульфатів					Водяна баня Піпетка 10			Солана кислота Хлористий барій		

Рис. 15. Загальний вигляд табличного представлення системи підбору робіт з хімії

Отже, пропонується використовувати онтологічний куб для систематизації знань щодо STEAM-підходу в освіті та для оцінки відповідності підходів, методів, методичних прийомів STEAM.

Когнітивна система добору дослідницьких робіт. Система добору дослідницьких робіт — це інформаційний інструмент STEM-центру, призначений для індивідуалізованого підбору робіт.

Розроблений шаблон для платформи побудови сайту wordpress та надання доступу до редагування й створення інформації для широкого кола учасників навчального процесу дають нам змогу забезпечити простий у використанні інтерфейс для введення інформації

й візуалізації у вебінтерфейсі та систематизацію отриманої інформації.

Розробка не складна у використанні та призначена як для викладачів, так і для учнів. Користувач заповнює просту анкету, що містить 20 запитань (спрощений список, підготовлений співробітниками Інституту обдарованої дитини Національної академії педагогічних наук України), система забезпечує автоматичне ранжування отриманих результатів. У списку ранжування можна фільтрувати інформацію за напрямками, складністю, необхідними матеріалами та іншими семантичними й числовими характеристиками робіт. Інструмент добору робіт на базі IT-платформи ontology представлено на рис. 17.

The image shows a screenshot of a web-based ontology application. On the left, there is a hierarchical tree structure representing an ontology. The root node is 'STEAM', which branches into 'Science' and 'Technology'. 'Science' further branches into 'Geography' and 'Astronomy'. 'Technology' branches into 'Energy' and 'IT'. Each of these nodes has a list of sub-nodes representing specific scientific fields or technologies. On the right side of the screenshot, there is a 3D visualization of a 'STEAM cube'. The cube is light blue and has several panels on its faces, each displaying a different scientific image or concept, such as a globe, a cell, a galaxy, and a circuit board. The cube is labeled 'S: Science' at the top.

Рис. 16. Загальний вигляд онтологічного STEAM-куба

Результати добору дослідницьких проєктів

- Вплив фізичних навантажень на дихальну та кровоносну системи
- Вивчення інформаційної фальсифікації сиїв та молочних продуктів
- Вплив стресу на реакцію організму
- Дослідження повноцінності соків за вмістом вітаміну С
- Вплив сніданку на працездатність підлітків

Дослідження коливаний учнівської лінійки за допомогою смартфона

Рівень складності	Середній	▲
Рівень небезпеки	безпечно	▲
Доступність використовуваних матеріалів	Можливо виконати в домашніх умовах	✗
Орієнтований час на виконання роботи	До 1 години	01

Блок 1. Резюме

Мета роботи: дослідити залежність частоти коливань зафіксованої лінійки від довжини вільного краю за допомогою мобільного додатку FuzTok.

Завдання роботи:

- Ознайомитися з теоретичними основами процесу коливань.
- Підготувати та провести експериментальну установку.
- Проаналізувати результати експерименту та скласти висновки щодо залежності частоти коливань від довжини вільного краю лінійки.

Рис. 17. Інструмент добору робіт на базі IT-платформи ontology

Висновки.

Розроблено зручну для використання модель онтологічного STEM-центру. Доведено, що онтологізована програма відрізняється від класичних підходів до інтерпретації освітніх програм більш високим рівнем структурованості матеріалу та інтерактивності. Базою для STEM-занять є онтологічні програми, що зручні для використання та інтегровані з іншими онтологічними інструментами.

Наведено приклади використання складових онтологічного STEM-центру, а саме — онтологічних навчальних програм, музейних середовищ, баз даних, систем обробки навчальних досліджень, експедиційних журналів, добору журналів до публікації, системи лабораторного забезпечення МАНЛаб, онтологічної STEM-системи та системи добору учнівських STEM-орієнтованих робіт для досліджень.

Список використаних джерел

1. Стрижак О. Є., Сліпучина І. А., Поліхун Н. І., Чернецький І. С. STEM-освіта: основні дефініції. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2017. Т. 62. № 6. С. 16–33.
2. Tarasenko R. A., Shapovalov Y. B., Shapovalov V. B., Bilyk Z. I. Ontology-based expeditional journal to systemize research results. *Theory and practice of science education*. 2020. P. 214–230.
3. Stryzhak O. Y., Gorborkov V. V., Franchuk O. V., Popova M. A. Ontology of the choice problem and its application in the analysis of limnological systems. *Ecological safety and nature management*. 2014. P. 172–183.
4. Shapovalov Y. B., Shapovalov V. B., Stryzhak O. Y., Salyuk A. I. Ontology-Based Systemizing of the Science Information Devoted to Waste Utilizing by

Methanogenesis. *International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering*. 2018. Vol. 12. № 12. P. 1009–1014.

5. Шаповалов В. Б., Шаповалов Є. Б., Атамась А. І., Білик Ж. І. Інформаційні онтологічні інструменти для забезпечення дослідницького підходу в STEM-навчанні. *Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference on Gifted children – the intellectual potential of the state*. Чорноморськ, 2017. С. 366–370.
6. Popova M. A., Stryzhak O. Y. Ontological interface as a means of presenting information resources in the GIS environment. *Scientific notes of the Taurida National V. I. Vernadsky University*. 2013. Vol. 65. № 26. P. 127–135.
7. Gorborkov V. V., Stryzhak O. Y., Franchuk O. V., Shapovalov V. B. Ontological representation of the problem of ranking alternatives. *Mathematical modeling in economics*. 2018. Vol. 4. P. 49–69.
8. Centralized Information Web-oriented the Educational Environment of Ukraine / Shapovalov V. B. et al. *Proceedings of the 6th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2018), Kryvyi Rih, Ukraine, December 21, 2018*. Kryvyi Rih, 2019. Vol. 2433. P. 246–255. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2433/paper15.pdf> (дата звернення: 23.12.2021).
9. Salyuk A. I., Zhadan S. O., Shapovalov Y. B. Thermophilic methane digestion of chicken manure. *Ukrainian Food Journal*. 2014. № 3. Issue 4. P. 587–594. URL: https://www.academia.edu/23235326/Thermophilic_methane_fermentation_of_chicken_manure_in_a_wide_range_of_substrate_moisture_contents (дата звернення: 12.09.2021).
10. Shapovalov Y. B., Salyuk A. I., Kotinskiy A. V., Tarasenko R. A. The Research of Dry Chicken Manure Methanogenesis Stability. *Environmental Problems*. 2019. Vol. 4. №. 1. P. 14–18. URL: <https://doi.org/10.15663/ENP.2019.04.01.002>

org/10.23939/ep2019.01.014 (дата звернення: 12.09.2021).

11. Salyuk A. I., Zhadan S. O., Shapovalov Y. B. Thermophilic methane fermentation of chicken manure in a wide range of substrate moisture contents. *Journal of Science, Technique and Technologies Food and Packaging*. 2015. №. 7. P. 36–40. URL: https://www.academia.edu/23235326/Thermophilic_methane_fermentation_of_chicken_manure_in_a_wide_range_of_substrate_moisture_contents (дата звернення: 12.09.2021).
12. Застосування онтолого-керованого підходу в науковому аспекті STEM-освіти / І. С. Чернецький та ін. *Наукові записки Малої академії наук України*. 2016. Вип. 8. С. 268–280.

References

1. Stryzhak, O. Ye., Slipukhina, I. A., Polikhun, N. I., & Chernetskyi, I. S. (2017). STEM-osvita: Osnovni definitiini [STEM education: Basic definitions]. *Informatsiini Tekhnologii i Zasoby Navchannia – Information technologies and teaching aids*, 62, 6, 16–33 [in Ukrainian].
2. Tarasenko, R. A., Shapovalov, Y. B., Shapovalov, V. B., & Bilyk, Z. I. (2020). Ontology-based expeditional journal to systemize research results. *Theory and Practice of Science Education*, 214–230.
3. Stryzhak, O. Y., Gorborkov, V. V., Franchuk, O. V., & Popova, M. A. (2014). Ontology of the choice problem and its application in the analysis of limnological systems. *Ecological Safety and Nature Management*, 172–183.
4. Shapovalov, Y. B., Shapovalov, V. B., Stryzhak, O. Y., & Salyuk, A. I. (2018). Ontology-Based Systemizing of the Science Information Devoted to Waste Utilizing by Methanogenesis. *International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering*, (Vol. 12), 12, 1009–1014. Retrieved from <https://doi.org/doi.org/10.5281/zenodo.2021939>
5. Shapovalov, V. B., Shapovalov, Ye. B., Atamas, A. I., & Bilyk, Z. I. (2017). Informatsiini ontolohichni instrumenty dlia zabezpechennia doslidnytskoho pidkhodu v STEM-navchanni [Information ontological tools to provide a research approach in STEM-education]. *Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference on Gifted Children – the intellectual potential of the State*, (pp. 366–370). Chornomorsk [in Ukrainian].
6. Popova, M. A., & Stryzhak, O. Y. (2013). Ontological interface as a means of presenting information resources in the GIS environment. *Scientific Notes of the Taurida National V. I. Vernadsky University* (Vol. 65), 26, 127–135.
7. Gorborkov, V. V., Stryzhak, O. Y., Franchuk, O. V., & Shapovalov, V. B. (2018). Ontological representation of the problem of ranking alternatives. *Mathematical Modeling in Economics*, (Vol. 4), 49–69. Retrieved from <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
8. Shapovalov, V. B., Shapovalov, Y. B., Bilyk, Z. I., Tarasenko, R. A., Tron, V. V., & Atamas, A. I. (2019). Centralized Information Web-oriented the Educational Environment of Ukraine. *Proceedings of the 6 Th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2018), Kryvyi Rih, Ukraine, December 21, 2018*, (Vol. 2433), (pp. 246–255). Kryvyi Rih. Retrieved from <http://ceur-ws.org/Vol-2433/paper15.pdf>
9. Salyuk, A. I., Zhadan, S. O., & Shapovalov, Y. B. (2014). Thermophilic methane digestion of chicken manure. *Ukrainian Food Journal*, 3, 4, 587–594. Retrieved from https://www.academia.edu/23235326/Thermophilic_methane_fermentation_of_chicken_manure_in_a_wide_range_of_substrate_moisture_contents
10. Shapovalov, Y. B., Salyuk, A. I., Kotinskiy, A. V., & Tarasenko, R. A. (2019). The Reaserch of Dry Chicken Manure Methanogenesis Stability. *Environmental Problems*, Vol. 4, 1, 14–18. Retrieved from <https://doi.org/10.23939/ep2019.01.014>
11. Salyuk, A. I., Zhadan, S. O., & Shapovalov, Y. B. (2015). Thermophilic methane fermentation of chicken manure in a wide range of substrate moisture contents. *Journal of Science, Technique and Technologies Food and Packaging*, 7, 36–40. Retrieved from https://www.academia.edu/23235326/Thermophilic_methane_fermentation_of_chicken_manure_in_a_wide_range_of_substrate_moisture_contents
12. Chernetskyi, I. S., Pashchenko, Ye. Yu., Shapovalov, Ye. B., Shapovalov, V. B., & Shapovalova, I. M. (2016). Zastosuvannia ontoloho-kerovanoho pidkhodu v naukovomu aspekti STEAM-osvity [Application of ontological-controlled approach in the scientific aspect of STEAM education]. *Naukovi Zapysky Maloi Akademii Nauk Ukrainy – Scientific Notes of Junior Academy of Sciences of Ukraine*, 8, 268–280 [in Ukrainian].

V. B. Shapovalov

USING THE ONTOLOGICAL MODEL OF THE STEM-CENTER IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Abstract. The article is devoted to the practical aspects of using the ontological model of the STEM Center, which is built on the basis of cognitive information technology "Polyhedron", in educational and research processes. Tools created using Microsoft and Google Spreadsheets are described. The application of the system of virtual museum Laboratories, a database of microorganisms, an ontological STEM classifier, a virtual laboratory of scientific publications, ontological virtual laboratories of expeditions, and a cognitive system for selecting research papers is analyzed. All tools of the CIT "Polyhedron" can be represented as a taxonomy, object-oriented, or prism. Approaches to data processing using ranking and auditing, which are elements of the CIT "Polyhedron", have been developed. This approach is used in the selection of data by teachers and students, as well as in the processing of ontological knowledge bases, which is shown on the example of the microbial selection system. The database of a centralized information web-oriented educational environment consists of various types of educational programs. The ontologized program differs from the classical approaches to the interpretation of educational programs by a higher level of structured material and interactivity. Students and teachers can interact with structured curricula. Internal and external search tools are used to search for contexts based on the program's terminology field. The ontological system of virtual museum laboratories provides a high level of structuring of information about objects and their virtualization. This allows you to use Museum ontologies during sightseeing classes. The database of microorganisms in the CIT "Polyhedron" system provided systematization of research knowledge in the educational process. CIT "Polyhedron" made it possible to identify the characteristics of research papers and systematize their processing in accordance with the user's request.

Keywords: STEM, ontology, transdisciplinarity, curricula, CIT "Polyhedron".

В. Б. Шаповалов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ STEM-ЦЕНТРА В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению практических аспектов использования онтологической модели STEM-центра, построенной на основе когнитивной информационной технологии «Полиэдр», в учебном и исследовательском процессах. Описаны инструменты, созданные с помощью электронных таблиц Microsoft и Google. Проанализировано применение системы виртуальных музейных лабораторий, баз данных микроорганизмов, онтологического STEM-классификатора, виртуальной лаборатории научных изданий, онтологических виртуальных лабораторий экспедиций, когнитивной системы подбора исследовательских работ. Все инструменты КИТ «Полиэдр» могут быть представлены в виде таксономии, объектно-ориентированном виде или в виде призмы. Разработаны способы обработки данных с использованием ранжирования и аудита, являющихся элементами КИТ «Полиэдр». Такой подход применяется при подборе данных преподавателями и учащимися, а также при обработке онтологических баз знаний, что показано на примере системы отбора микроорганизмов. База централизованной информационной веб-ориентированной образовательной среды состоит из разных типов образовательных программ. Онтологизированная программа отличается от классических подходов к интерпретации образовательных программ более высоким уровнем структурированности материала и интерактивности. Студенты и преподаватели могут взаимодействовать со структурированными учебными программами. Для поиска контекстов на базе терминологического поля программы используются инструменты внутреннего и внешнего поиска. Онтологическая система виртуальных музейных лабораторий обеспечивает высокий уровень структуризации информации об объектах и их виртуализацию. Это позволяет использовать музейные онтологии на экскурсионных занятиях. База данных микроорганизмов в системе КИТ «Полиэдр» обеспечила систематизацию исследовательских знаний в учебном процессе. КИТ «Полиэдр» позволяет выделить характеристики исследовательских работ и осуществить систематизацию их обработки в соответствии с запросом пользователя.

Ключевые слова: STEM, онтологии, трансдисциплинарность, учебные программы, КИТ «Полиэдр».

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРА

Шаповалов Віктор Борисович — старший науковий співробітник відділу створення та використання інтелектуальних мережних інструментів, НЦ «Мала академія наук України», м. Київ, Україна, svb@man.gov.ua; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6315-649X>

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Shapovalov V. B. — Senior Researcher of the Department of Creation and Use of Intelligent Network Tools, NC “Junior Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine, svb@man.gov.ua; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6315-649X>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Шаповалов В. Б. — старший научный сотрудник отдела создания и использования интеллектуальных сетевых инструментов, НЦ «Малая академия наук Украины», г. Киев, Украина, svb@man.gov.ua; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6315-649X>

Стаття надійшла до редакції / Received 13.09.2021