

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
І ГЛОБАЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Шаповалов Віктор Борисович

УДК 519.6:544.431.11: 544.016.5–022.53

ДИСЕРТАЦІЯ

ОНТОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ ВІРТУАЛЬНОГО STEM-ЦЕНТРУ

122 – Комп'ютерні науки

Подається на здобуття кваліфікаційного рівня PhD candidate

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ В.Б. Шаповалов

Науковий керівник
Стрижак Олександр Євгенійович
доктор технічних наук, професор

Київ - 2023

АНОТАЦІЯ

Шаповалов В. Б. Онтологічна модель віртуального STEM-центру. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття кваліфікаційного рівня PhD candidate за спеціальністю 122 – Комп’ютерні науки. – Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України, Київ, 2023. Дисертаційне дослідження присвячено вирішенню актуальної науково-технічної задачі консолідації освітніх STEM-ресурсів з метою забезпечення трансдисциплінарного підходу.

Об’єктом дослідження є процес онтологічного представлення STEM-орієнтованого контенту.

Предмет дослідження – онтологічні методи представлення інформаційно-освітніх ресурсів формату STEM.

Мета дослідження – дисертаційної роботи полягає у реалізації процесів збору та обробки інформації в комп’ютерних системах, що забезпечують взаємодію учнів зі STEM-контентом на засадах онтологічного моделювання. Такі процеси повинні забезпечувати консолідацію інформаційних ресурсів та їх представлення у трансдисциплінарному вигляді для забезпечення взаємодії учнів та вчителів у навчальному процесі.

У першому розділі обґрунтовано важливу рол інформатизації у освітньому процесі, зокрема на використанні цифрових лабораторій і віртуальних освітніх центрів. Це дозволяє студентам та учням брати участь у різноманітних дослідницьких проектах. Підкреслюється, що освітні програми швидко трансформуються, вимагаючи постійного оновлення навчального цифрового контенту.

Вказується на необхідність включення когнітивних послуг у освітній процес, що допоможе в обробці великих обсягів інформації. Визначено, що особлива увага приділяється адаптивності навчання, що включає індивідуальний підхід до кожного учня. Для цього необхідним є застосування

сучасних підходів здатних здійснювати когнітивну обробку даних та забезпечувати трансдисциплінарність. Вказується на значення онтологічного підходу для структуризації знань, забезпечення адаптивності та трансдисциплінарності навчання.

Описано різноманітність віртуальних лабораторій та їх переваги, зокрема у питаннях безпеки, економії часу та ресурсів, а також у можливостях дистанційного навчання, що потенційно могли би вирішувати зазначені проблеми та визначено критерії для їх оцінки. Проведений аналіз різних існуючих онтологічних систем підтверджує необхідність розробки систем, що забезпечують підтримку інформаційних процесів та управління навчальним процесом шляхом консолідації інформаційних ресурсів. Визначено та обґрунтовано онтологічну модель консолідованої взаємодії зі STEM-середовищем.

У другому розділі описано моделі онтологічного представлення контенту в освіті, зокрема у контексті STEM-дисциплін та консолідації ресурсів.

Увагу зосереджено на концепції онтологічного представлення контенту у форматі консолідованих різнотипних наративів, які сприяють аналізу, опрацюванню та використанню в освітніх процесах. Картина світу визначається як сукупність уявлень та знань про світ і світобудову, включаючи пізнавальні та творчі можливості людини. Підкреслено важливість структурованої інтерпретації інформації, що отримана з авторизованих джерел для формування образу світу.

Онтологія в освіті розглядається як формалізація описів області знань з використанням концептуальних схем, що включає ієрархічну структуру понять. Визначено важливість забезпечення семантично зв'язної сукупності документів і наративів, які сприяють організації та реалізації освітнього процесу та трансдисциплінарної освіти для інтегрованого використання знань з різних областей для дослідження світу. Представлено моделі механізмів онтологічного інжинірингу для структурування та представлення освітнього

контенту. До таких моделей відносяться представлення онтології, наративів, предиканта визначеного виду, таксономії та їх різноманіття, представлення у рекурсивному вигляді, визначення моделей пов'язаних із послідовностям символів скінченої довжини та деревами Бема як ефективного способу відображення освітнього контенту.

У третьому розділі Описано розроблену архітектуру трансдисципліної платформи віртуального STEM-центру з компонентно визначеними освітніми сервісами. Опис архітектури включав наступні завдання:

- Описати модель взаємодії віртуального STEM-центру та таксономічного модулю
- Описати модель користувачів
- Описати модель взаємодії системи
- Описати представлення взаємодії програмних сутностей
- Розробити діаграму класів та відносин T-STEM центру
- Розробити архітектуру T-STEM центру

Обґрунтовано розробка програмної системи, що здійснює збір та обробку даних з метою консолідації інформаційних ресурсів. Висвітлено розробку комплексної програмної системи для трансдисциплінарного STEM-центру. Система включає модулі для консолідації онтологічних баз знань та мережевих ресурсів, створення методичних розробок та генерації рекомендацій.

Представлено функціонально-компонентну модель системи, що включає інформаційну модель та компоненти для взаємодії з іншими системами та ресурсами. Описано інтеграцію програмної системи з популярними системами управління контентом, такими як Wordpress, та інноваційними інформаційними системами. Надано детальний опис різних сервісів системи, включаючи сервіси для забезпечення безпеки, стабільної роботи, моделювання інформації, генерації онтологій та інтерактивного перегляду. Розглянуто використання модулів КІТ «Поліедр» для створення та управління

трансдисциплінарними навчальними матеріалами і ресурсами. Представлено детальний опис архітектури системи, включаючи ролі користувачів, як-от адміністратори, автори (вчителі), редактори та користувачі, та їхні взаємодії в рамках системи.

У четвертому та п'ятому розділах висвітлено результат розробки онтологічної моделі віртуального STEM-центру та його використання. Розглядається створення єдине STEM-середовище для інтеграції різноманітних освітніх ресурсів. Подано деталі щодо функціонування єдиного STEM-середовища, включаючи використання електронних посібників, бібліотек, репозиторіїв, віртуальних лабораторій та інших ресурсів. Описано застосування комплексно-інтегрованого технологічного інструменту "Поліедр» для структурування та управління навчальними матеріалами. Надано інформацію про використання онтологічних підходів та інструментів для створення та адміністрування навчальних програм і ресурсів. Розглянуто інтеграцію системи з існуючими освітніми ресурсами, такими як шкільні веб-сайти та портали. Описано методи створення та редагування навчальних матеріалів через інтернет-платформу, в тому числі з використанням шаблонізатора STEM-контенту.

Ключові слова: комп'ютерні системи, інформаційні технології, трансдисциплінарність, онтологічні підходи, мережецентричне середовище, інтеграція ресурсів, КІТ «Поліедр», навчальні програми, інтероперабельність, віртуальні лабораторії, обмін даними, реєстри, розробка систем.

Список публікацій здобувача

Публікації у наукових фахових виданнях України

1. **V.B. Shapovalov.** Modular architecture of the transdisciplinary virtual STEM-center. Телекомунікаційні та інформаційні технології. 2023. Випуск. 81 № 4. С. 137-146.

2. **Shapovalov, V.**, Stryzhak, O. Transdisciplinary integration of knowledge in the environment of a virtual stem center. *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*. 2023. № 4(26). С. 95–107.
3. Горборуков, В. В., Стрижак, О. Є., Франчук, О. В., **Шаповалов В.Б.** Онтологічне представлення задачі ранжування альтернатив. Математичне моделювання в економіці. 2018. №. 4. С. 49–69. Шаповалов, Є. Б., Шаповалов, В. Б., Стрижак, О. Є., Салюк А.І. Використання онтологічних інструментів для систематизації та аналізу інформації щодо утилізації відходів шляхом метаногенезу. Екологічна безпека та природокористування. 2018. Випуск. 27, No. 3. С. 68–79.
4. Стрижак, О.Є., Приходнюк В.В., Гайко С. І., **Шаповалов В.Б.** Відображення мережевої інформації у вигляді інтерактивних документів. Трансдисциплінарний підхід. Математичне моделювання в економіці. 2018. № 3 (12). С. 87-100.
5. Shapovalov, Y., **Shapovalov, V.**, Bilyk, Z., Shapovalova I. Structurization of educational expedition studies in the form of taxonomies. *Educational Dimension*. 2022. Vol. 59. P. 130–149.
6. Білик Ж. І., Шаповалов Є. В., **Шаповалов В. Б.**, Атамась А. І., Використання онтологічних ресурсів єдиного мережецентричного освітнього інформаційного середовища для проведення STEM/STEAM-занять. Освіта та розвиток обдарованої особистості. Випуск 72. Р. 30–36.
7. Білик, Ж. І., Шаповалов, Є. Б., **Шаповалов, В. Б.** Розвиток дослідницької компетентності у майбутніх вчителів предмета «Основи здоров'я» із застосуванням STEAM-технології. *Scientific notes of Junior Academy of Sciences of Ukraine*. 2023. Випуск. 1(26). С. 18–26.
8. **Shapovalov, V. B.** Using the Ontological Model of the STEM–Center in The Educational Process. *Scientific Notes of Junior Academy of Sciences of Ukraine*. 2021. Vol. 1, No. 1(20). P. 102–116.
9. Shapovalov, Y. B., **Shapovalov, V. B.**, Bilyk, Z. I., Shapovalova I. M. Taxonomization of the expedition research results of students in the context of scientific education. *Scientific Notes of Junior Academy of Sciences of Ukraine*. 2022. No. 3(25). P. 127–137.

10. Shapovalov, Y. B., **Shapovalov, V. B.**, Tarasenko, R. A., Z. I. Bilyk, I. M. Shapovalova, A. Paschke, F. Andruszkiewicz. Practical application of systemizing expedition research results in the form of taxonomy. *Educational Technology Quarterly*. 2022. No. 3. P. 216–231.
11. Shapovalov, Y. B., Bilyk, Z. I., Usenko, S. A., **Shapovalov V.B.**, Postova K.H., Zhadan S.O., Antonenko P.D. Harnessing personal smart tools for enhanced STEM education: exploring IoT integration. *Educational Technology Quarterly*. 2023. Vol. 2023, No. 2. P. 210–232.
12. Bilyk, Z. I., Shapovalov, Y. B., **Shapovalov, V. B.**, Megalinska A.P., Zhadan S.O., F. Andruszkiewicz, Dołhańczuk-Śródka, A., Antonenko P.D. Comparison of Google Lens recognition performance with other plant recognition systems. *Educational Technology Quarterly*. 2022. Vol. 2022, No. 4. P. 328–346.

Статті в закордонних наукових виданнях, що індексуються в міжнародних наукометричних базах (Scopus, Web of Science):

13. Stryzhak, O., Gorborukov, V., Dovgyi, S., Prykhodniuk, V., **Shapovalov V.**, Shapovalov Y. *Transdisciplinary Principles of Consolidation: Information and Communication Technologies and Sustainable Development*. 2023.
14. Shapovalov, Y. B., Shapovalov, V. B., Zharinova, A. G., Zharinov, S.S., Tsybenko, I. O., Krasovskiy, O.S. An academic events sub-system of the URIS and its ontology representation to improve scientific usability and motivation of scientists in terms of European integration: 3rd Edge Computing Workshop 2023, 23. 3. 130–140.
15. Shapovalov, Y. B., **Shapovalov, V. B.**, Stryzhak, O. Y., та ін. 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, No. 12. C. 1009–1014.
16. Shapovalov, Y.B., Zakusilo, O.P., **Shapovalov, V.B.**, Burba, O.I., Pilat, O.L., Martyn, A.G. Approaches and Economic Benefits of Property Registers Digitalization: Evidence from Ukraine. In: Antoniou, G., et al. *Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial*

Applications. ICTERI 2023. Communications in Computer and Information Science, vol 1980. Springer, Cham.

17. **Shapovalov, V. B.**, Shapovalov, Y. B., Bilyk, Z. I, Atamas A.I., Tarasenko R.A., Tron V.V. 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. 2019. P. 246–255.
18. Shapovalov, Y. B., **Shapovalov, V. B.**, Fabian, A., Volkova, N.P. Analyzing of main trends of STEM education in Ukraine using stemua.science statistics: 7th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE2019), 20. P. 448–461.
19. Shapovalov, Y. B., **Shapovalov, V. B.** A Taxonomic Representation of Scientific Studies: CEUR Workshop Proceedings, Kherson, Ukraine, P. 353–360.
20. Tarasenko, R. A., Usenko, S. A., Shapovalov, Y. B., **Shapovalov, V. B.**, Paschke A., Savchenko I.M. Ontology-based Learning Environment Model of Scientific Studies: 9th Illia O. Teplytskyi Workshop on Computer Simulation in Education (CoSinE 2021). CEUR, 22. P. 43–58.
21. Shapovalov, Y. B., **Shapovalov, V. B.**, Zharinova, A. G., Zharinov, S.S., Tsybenko, I. O., Krasovskiy, O.S. An academic events sub-system of the URIS and its ontology representation to improve scientific usability and motivation of scientists in terms of European integration: 3rd Edge Computing Workshop 2023, 23. 3. 130–140.

*Навчально-методичний посібник схвалений для використання в
навчальному процесі*

22. Шаповалов, Є. Б., Білик, Ж. І., **Шаповалов, В. Б.**, Антоєненко, П.Д. STEM-book: можливості та практичний досвід упровадження: Київ: Національний центр «Мала академія наук України», 2023. 134с.

ABSTRACT

Shapovalov, V. B. Ontological Model of a Virtual STEM Center. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the qualification level of PhD candidate in Specialty 122 - Computer Science. - Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2023. This dissertation research is dedicated to solving the relevant scientific and technical problem of consolidating educational STEM resources to ensure a transdisciplinary approach.

The object is the process of ontological representation of STEM-oriented content.

The subject - ontological methods of representation of informational-educational resources in the STEM format.

The purpose of the dissertation is to implement processes of collecting and processing information in computer systems that facilitate students' interaction with STEM content on the basis of ontological modeling. These processes should ensure the consolidation of information resources and their representation in a transdisciplinary manner to facilitate interaction between students and teachers in the educational process.

The first chapter discusses the important role of informatization in the educational process, particularly in the use of digital laboratories and virtual educational centers. This enables students to participate in various research projects. It is emphasized that educational programs are rapidly transforming, requiring constant updating of digital educational content.

It points out the necessity of including cognitive services in the educational process, which will assist in processing large volumes of information. It is determined that special attention is paid to the adaptability of learning, which includes an individual approach to each student. For this, the application of modern approaches capable of cognitive data processing and ensuring transdisciplinarity is

necessary. The importance of the ontological approach for structuring knowledge, ensuring adaptability, and transdisciplinarity of learning is indicated.

The diversity of virtual laboratories and their advantages are described, particularly in terms of safety, time and resource efficiency, as well as the possibilities of remote learning, which potentially could solve the aforementioned problems. Criteria for their evaluation are determined. An analysis of various existing ontological systems confirms the need to develop systems that support information processes and manage the educational process through the consolidation of information resources. An ontological model of consolidated interaction with the STEM environment is defined and justified.

In the second chapter, models for the ontological representation of content in education, particularly in the context of STEM disciplines and resource consolidation, are described.

The focus is on the concept of ontological representation of content in the format of consolidated diverse narratives, which facilitate analysis, processing, and use in educational processes. The worldview is defined as a set of perceptions and knowledge about the world and world-building, including the cognitive and creative capabilities of humans. The importance of structured interpretation of information obtained from authorized sources for forming a worldview is emphasized.

Ontology in education is considered as the formalization of descriptions of knowledge domains using conceptual schemas, which includes a hierarchical structure of concepts. The importance of ensuring a semantically coherent collection of documents and narratives that facilitate the organization and implementation of the educational process and transdisciplinary education for the integrated use of knowledge from different fields to explore the world is determined. Models of ontological engineering mechanisms for structuring and representing educational content are presented. Such models include representation of ontology, narratives, a predicate of a certain kind, taxonomy, and their variety, representation in a recursive

form, definition of models associated with sequences of symbols of finite length, and Bem trees as an effective way of representing educational content.

In the third chapter, the developed architecture of a transdisciplinary platform for a virtual STEM center with component-defined educational services is described. The description of the architecture included the following tasks:

Describe the model of interaction of the virtual STEM center and the taxonomic module.

Describe the user model.

Describe the model of system interaction.

Describe the representation of the interaction of software entities.

Develop a diagram of classes and relations of the T-STEM center.

Develop the architecture of the T-STEM center.

The development of a software system that collects and processes data for the purpose of consolidating information resources is justified. The development of a comprehensive software system for the transdisciplinary STEM center is highlighted. The system includes modules for consolidating ontological knowledge bases and network resources, creating methodological developments, and generating recommendations.

A functional-component model of the system is presented, including an information model and components for interaction with other systems and resources. The integration of the software system with popular content management systems such as Wordpress, and innovative information systems, is described. A detailed description of various system services is provided, including services for ensuring security, stable operation, information modeling, ontology generation, and interactive viewing. The use of KIT "Polyhedron" modules for creating and managing transdisciplinary educational materials and resources is considered. A detailed description of the system architecture is presented, including user roles such as administrators, authors (teachers), editors, and users, and their interactions within the system.

In the fourth and fifth chapters, the results of the development of the ontological model of the virtual STEM center and its use are highlighted. The creation of a unified STEM environment for the integration of various educational resources is considered. Details regarding the functioning of the unified STEM environment are provided, including the use of electronic manuals, libraries, repositories, virtual laboratories, and other resources. The application of the complex-integrated technological tool "Polyhedron" for structuring and managing educational materials is described. Information is provided on the use of ontological approaches and tools for creating and administering educational programs and resources. The integration of the system with existing educational resources, such as school websites and portals, is considered. Methods for creating and editing educational materials through an internet platform, including the use of a STEM content template, are described.

Keywords: computer systems, information technology, transdisciplinarity, ontological approaches, network-centric environment, resource integration, kit "polyhedron", educational programs, interoperability, virtual laboratories, data exchange, registers, system design.

List of the candidate's publications

Publications in scientific and specialized publications of Ukraine

1. **V.B. Shapovalov.** Modular architecture of the transdisciplinary virtual STEM-center. Telecommunications and information technologies. 2023.Vol. 81 No. 4. P. 137-146.
2. **Shapovalov, V.,** Stryzhak, O. Transdisciplinary integration of knowledge in the environment of a virtual stem center. Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries. 2023. № 4(26). P. 95–107.
3. Gorborukov, V.V., Stryzhak, O.E., Franchuk, O.V., **Shapovalov, V.B.** Ontological representation of the problem of ranking alternatives. Mathematical modeling in economics. 2018. No. 4. P. 49–69. (In Ukrainian)

4. Shapovalov, Y. B., **Shapovalov, V. B.**, Stryzhak, O. Y., Salyuk A.I. Use of ontological tools for systematization and analysis of information regarding waste utilization through methanogenesis. *Ecological Safety and Natural Resources Use*. 2018. Issue 27, No. 3. P. 68–79. (In Ukrainian)
5. Stryzhak, O.E., Prykhodnyuk V.V., Hayko S.I., **Shapovalov V.B.** Reflection network information in the form of interactive documents. Transdisciplinary approach. *Mathematical modeling in economics*. 2018. No. 3 (12). P. 87-100. (In Ukrainian)
6. Shapovalov, Y., **Shapovalov, V.**, Bilyk, Z., Shapovalova I. Structurization of educational expedition studies in the form of taxonomies. *Educational Dimension*. 2022. Vol. 59. P. 130–149.
7. Bilyk, Z. I., Shapovalov, Y. B., **Shapovalov, V. B.**, Atamas A.I., Using ontological resources of a unified network-centric educational information environment for conducting STEM/STEAM lessons. *Education and Development of Gifted Personality*. Issue 72. P. 30–36. (In Ukrainian)
8. Bilyk, Z.I., Shapovalov, Y.B., **Shapovalov, V.B.** Development of research competence in future teachers of the subject "Basics of Health" using STEAM technology. *Scientific notes of the Junior Academy of Sciences of Ukraine*. 2023. Release. 1(26). C. 18–26. (In Ukrainian)
9. **Shapovalov, V. B.** Using the Ontological Model of the STEM-Center in The Educational Process. *Scientific Notes of Junior Academy of Sciences of Ukraine*. 2021. Vol. 1, No. 1(20). P. 102–116.
10. Shapovalov, Y. B., **Shapovalov, V. B.**, Bilyk, Z. I., Shapovalova I. M. Taxonomization of the expedition research results of students in the context of scientific education. *Scientific Notes of Junior Academy of Sciences of Ukraine*. 2022. No. 3(25). P. 127–137.
11. Shapovalov, Y. B., **Shapovalov, V. B.**, Tarasenko, R. A., Z. I. Bilyk, I. M. Shapovalova, A. Paschke, F. Andruszkiewicz. Practical application of systemizing expedition research results in the form of taxonomy. *Educational Technology Quarterly*. 2022. No. 3. P. 216–231.
12. Shapovalov, Y. B., Bilyk, Z. I., Usenko, S. A., **Shapovalov V.B.**, Postova K.H., Zhadan S.O., Antonenko P.D. Harnessing personal smart tools for

enhanced STEM education: exploring IoT integration. *Educational Technology Quarterly*. 2023. Vol. 2023, No. 2. P. 210–232.

13. Bilyk, Z. I., Shapovalov, Y. B., **Shapovalov, V. B.**, Megalinska A.P., Zhadan S.O., F. Andruszkiewicz, Dołhańczuk-Śródka, A., Antonenko P.D. Comparison of Google Lens recognition performance with other plant recognition systems. *Educational Technology Quarterly*. 2022. Vol. 2022, No. 4. P. 328–346.

Articles in foreign scientific publications indexed in international scientometric databases (Scopus, Web of Science):

14. Stryzhak, O., Gorborukov, V., Dovgyi, S., Prykhodniuk, V., **Shapovalov V.**, Shapovalov Y. *Transdisciplinary Principles of Consolidation: Information and Communication Technologies and Sustainable Development*. 2023.
15. Shapovalov Y.B., Slipukhina I.A., **Shapovalov V.B.** Substantiation of the sustainable education terms as one of the modern views on STEM education taking into account the European experience. *Journal of Physics: Conference Series*. 2023. Vol. 2611, Issue 1, P 012027.
16. Shapovalov, Y. B., Tarasenko, R. A., Usenko, S. A., **Shapovalov V.B.**, Andruszkiewicz, F., Dołhańczuk-Śródka, A. Ontological information system for the selection of technologies for the treatment and disposal of organic waste: engineering and educational aspects. *Desalination and Water Treatment*. 2021. Vol. 236. P. 226–239.
17. Shapovalov, Y.B., Zakusilo, O.P., **Shapovalov, V.B.**, Burba, O.I., Pilat, O.L., Martyn, A.G. Approaches and Economic Benefits of Property Registers Digitalization: Evidence from Ukraine. In: Antoniou, G., et al. *Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications. ICTERI 2023. Communications in Computer and Information Science*, vol 1980. Springer, Cham.
18. **Shapovalov, V. B.**, Shapovalov, Y. B., Bilyk, Z. I., Atamas A.I., Tarasenko R.A., Tron V.V. Centralized Information Web-oriented Educational Environment of Ukraine. *Proceedings of the 6th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2018)*, Kryvyi Rih, Ukraine, December 21, 2018. 2019. P. 246–255.

19. Shapovalov, Y. B., **Shapovalov, V. B.**, Fabian, A., Volkova, N.P. Analysis of main trends of STEM education in Ukraine using stemua.science statistics: 7th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE2019), 20. P. 448–461.
20. Shapovalov, Y. B., **Shapovalov, V. B.** A Taxonomic Representation of Scientific Studies: CEUR Workshop Proceedings, Kherson, Ukraine, P. 353–360.
21. Tarasenko, R. A., Usenko, S. A., Shapovalov, Y. B., **Shapovalov, V. B.**, Paschke A., Savchenko I.M. Ontology-based Learning Environment Model of Scientific Studies: 9th Illia O. Teplytskyi Workshop on Computer Simulation in Education (CoSinE 2021). CEUR, 22. P. 43–58.
22. Shapovalov, Y. B., **Shapovalov, V. B.**, Zharinova, A. G., Zharinov, S.S., Tsybenko, I. O., Krasovskiy, O.S. An academic events sub-system of the URIS and its ontology representation to improve scientific usability and motivation of scientists in terms of European integration: 3rd Edge Computing Workshop 2023, 23. P. 130–140.

Educational and methodological manual approved for use in the educational process

23. Shapovalov, Y. B., Bilyk, Z. I., **Shapovalov, V. B.**, et al. STEM-book: Opportunities and Practical Experience of Implementation: Kyiv: National Center "Junior Academy of Sciences of Ukraine", 2023. 134p. (In Ukrainian)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	19
ВСТУП.....	20
РОЗДІЛ 1. ІСНУЮЧІ ПІДХОДИ ДЛЯ РОЗРОБКИ ОНТОЛОГІЧНОГО STEM-ЦЕНТУ	27
1.1. Основні проблеми генерації STEM-орієнтованого контенту	27
1.2. Основні переваги віртуальних ресурсів для реалізації STEM-освіти. 30	
1.3. Порівняльна характеристика існуючих систем, що можуть бути застосовані для реалізації STEM-освіти	33
1.4. Онтологічний підхід для забезпечення трансдисциплінарності та забезпечення когнітивності пізнання	38
1.5. Аналіз існуючих інформаційних систем генерації онтологій	41
1.6. Аналіз існуючих онтологічних систем, що мають практичне застосування	44
1.7. IT–платформа КІТ «Полієдр» як інструмент для побудови онтологічного STEM-центру.....	46
1.8. Оцінка потенціалу використання класичних віртуальних лабораторій та онтологічної реалізації	50
1.9. Висновки за розділом I.....	53
РОЗДІЛ 2. ОНТОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ КОНСОЛІДОВАНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ЗІ STEM-СЕРЕДОВИЩЕМ	54
2.1. Базові поняття	54
2.2. Таксономія – понятійна основа взаємодії з освітніми STEM- наративами	64
2.3. Формування консолідованої взаємодії учнів з STEM-середовищем на основі наративного дискурсу	67
2.4. Онтологічний формат взаємодії зі STEM-наративами	76
2.5. Вербальні умови консолідованої взаємодії	81
2.6. Категорії метазадач STEM-середовища	85
2.7. Висновки за розділом II	90
РОЗДІЛ 3. АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ ТРАНСДИСЦИПЛІНАРНОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ ВІРТУАЛЬНОГО STEM-ЦЕНТРУ	92

3.1. Інформаційна модель програмної системи трансдисциплінарної лабораторії STEM-центра.....	92
3.1.1. Інформаційна модель шаблонізації інформаційних ресурсів T–STEM-центру.....	93
3.1.2. Інформаційна модель підмножини модулів взаємодії інформаційних ресурсів з КІТ «Поліедр», що використовуються в систематизації даних у віртуальному STEM-центрі.....	96
3.2. Функціонально–компонентна модель програмної системи трансдисциплінарного представлення інформації	99
3.2.1. Модель поведінки системи	99
3.3. Висновки за розділом III.....	119
РОЗДІЛ 4. Мережецентричне трансдисциплінарне STEM-середовище	120
4.1. Онтологічна модель як основа мережецентричного STEM-середовища	120
4.2. Онтологічні підходи до побудови віртуальних лабораторій онтологічної моделі віртуального STEM-центру	123
4.3. Агенти мультиагентного середовища онтологічний STEM-центр ...	125
4.3.1. Шаблонізатор STEM-контенту <i>stemua.science</i>	125
4.3.2. Середовище <i>tanlab</i>	130
4.3.3. Інформаційні ресурси комунального закладу «Рішельєвський ліцей».....	133
4.3.4. Інформаційні ресурси комунального закладу «Фізико–математична гімназія № 17 Вінницької міської ради».....	134
4.4. Висновки за розділом IV.....	135
РОЗДІЛ 5. Використання онтологічного STEM-центру	136
5.1. Компоненти віртуального STEM-центру.....	136
5.1.1. Онтологічні навчальні програми.....	136
5.1.2. Система віртуальних музейних лабораторій та реєстрів	139
5.1.3. Використання віртуальної трансдисциплінарної лабораторії мінералів.....	146
5.1.4. Інструменти онтологічної моделі віртуального STEM-центру для проведення дослідницьких робіт	149

5.1.5. Онтологічна система структуризації дослідницьких результатів, набутих у дослідницькі та науковій роботі в рамках STEM-освіти	151
5.1.6. Віртуальний реєстр наукових видань.....	153
5.1.7. Онтологічні віртуальні лабораторії експедицій.....	154
5.2. Комплексні рішення онтологічного STEM-центру.....	156
5.2.1. Віртуальна лабораторія МАНЛаб	156
5.2.2. Онтологічний STEM-реєстр дослідницьких робіт	160
5.2.3. Когнітивна система добору дослідницьких робіт	161
5.3. Висновки за розділом V	163
ВИСНОВКИ	164
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	Error! Bookmark not defined.
Додаток А. Акти впровадження	185
Додаток Б. Інструкція для роботи з онтологічною системою «Добір STEM-проектів» англomовний варіант	199
Додаток В. Технологічна карта STEM заняття із використання складових онтологічної моделі віртуального STEM-центру	206

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

KIT	Когнітивна інформаційна технологія
STEM	Science Technology Engineering Mathematics
T-STEM	Трансдисциплінарний STEM
ПССД	Певна послідовність символів скінченої довжини
ЗПМ	Зростаючі пірамідальні мережі
ЛЛМ	Логіко лінгвістичні моделі
ГІС	Геоінформаційна Система
СППР	Система підтримки прийняття рішень
CMS	Content Management System
LMS	Learning Management System
LAMS	Learning Activity Management System
MVC	Model-View-Controller
OWL	Web Ontology Language
SCORM	Sharable Content Object Reference Model
AICC	Aviation Industry CBT Committee
OWL	Web Ontology Language
API	Application Programming Interface

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження.

На сьогодні актуальною є STEM-освіта, яка об'єднує природничі науки, техніку, інженерію та математику, та її значення в сучасному світі. Наявність віртуального STEM-центру забезпечує доступ до якісних освітніх ресурсів, сприяє розвитку критичного мислення, інноваційних навичок, та підготовці фахівців високого класу.

Такий центр стає незамінним у контексті неперервного оновлення навчальних програм, вимог до знань та навичок, особливо у галузі високих технологій. Він дає можливість школярам і студентам брати участь у віртуальних лабораторних роботах та дослідницьких проектах, що забезпечує глибше розуміння та практичне застосування теоретичних знань. Особливо це важливо у контексті обмеженого доступу до фізичних лабораторій або спеціалізованого обладнання.

Віртуальний STEM-центр забезпечує безпеку та економію ресурсів, оскільки учні мають можливість проводити експерименти в безпечному цифровому середовищі. Також важливою перевагою є мобільність доступу та гнучкість використання, адже студенти можуть займатися навчанням дистанційно, з будь-якої точки світу.

Розвиток віртуального STEM-центру сприяє підвищенню якості освіти, робить її більш доступною та ефективною, відповідаючи сучасним викликам і потребам. Вони відіграють ключову роль у підготовці нового покоління фахівців, здатних ефективно працювати в сучасному швидкозмінному світі.

Аналіз останніх результатів показав, що такого ресурсу немає. Отже, доцільним є обґрунтування принципів та моделей консолідації інформаційних ресурсів для забезпечення функціонування такого ресурсу. При проведенні дисертаційного дослідження автор спирався на фундаментальні роботи в області систематизації інформації та застосування онтологічних підходів в освітньому процесі викладних у дослідженнях Глушкова В. М., Дового С. О.,

Гладуна В. П., Палагіна О. В., Широкова В. А., Joseph K. J., Стрижака О. Є., Schlenoff C., Любіча О., Kalyanpur A., Holsapple C., Пасіхова Ю. Я., Надутенка М. В., Чернецького І. С., Шаповалова Є. Б., Приходнюка В., Коваленка О. А., Hazelkorn E., Бикова В. Ю., Величко В., Дем'яненко В. Б., Yermeyev I., Dychko A., Amoatey P., Vidal N., Flores X., Ramasami K., Sinha A., Rivera M. F., Kultsova M., Volckmann R., Nicolescu B., Кунанець Н. Е., Takashima A., Battaglia F., Gomez-Perez A., Aksu-Koç A., Elson D. K., Guajardo N. R., Пиагета J., Barendregt X., Nicolescu B., Powell W. W., Ingar R. W., Кривого С. Л., Honchar A. V., Verma S., Cocchiarella N. B., та ін."

Зв'язок з науковими програмами. Дисертацію виконано в межах наукової теми Національного центру "Мала академія наук України": «Науково-технологічні засади формування інформаційно-освітнього простору на основі використання комп'ютерних онтологічних описів мережних баз знань» (№ ДР 0112U007539), 2013-2015 рр.; «Науково-технологічні засади створення та використання онтологічних засобів формування мережецентричного середовища віртуальних навчально-дослідницьких лабораторій». (№ ДР 0117U004042), 2017-2019 рр.; «Розробка онтологічних засобів підтримки партнерської науково-освітньої діяльності учнів та педагогів як учасників навчального процесу» (0115U002523), 2020-2022 рр..

Мета та завдання. Мета дисертаційної роботи полягає у реалізації процесів збору та обробки інформації в комп'ютерних системах, що забезпечують взаємодію учнів зі STEM-контентом на засадах онтологічного моделювання. Такі процеси повинні забезпечувати консолідацію інформаційних ресурсів та їх представлення у трансдисциплінарному вигляді для забезпечення взаємодії учнів та вчителів у навчальному процесі.

Відповідно до мети роботи поставлені такі завдання дослідження:

– Аналіз цифрових середовищ формату STEM-освіти із використанням віртуальних лабораторій

– Розробка онтологічних моделей для STEM-освіти: Вивчення таксономічних характеристик STEM-нарративів та реалізація консолідованої взаємодії учнів зі STEM-контентом.

– Визначення формату нарративного дискурсу множини STEM-нарративів як технологічної основи реалізації консолідованої взаємодії учнів зі STEM-середовищем.

– Визначення інваріантних задач, які визначають умови консолідованого використання STEM-нарративів учнями у процесі розв’язання ними навчально-дослідницьких завдань у STEM-середовищі.

– Визначення функціональності T-STEM-центру та її реалізація: Визначення архітектури основних модулів, конфігурація базових сервісів щодо обробки освітніх STEM-нарративів та організація консолідованої взаємодії з ними учнів.

– Визначення ролі вчителів та учнів у STEM-середовищі на рівні функціональності та їх консолідованої взаємодії при організації навчально-дослідницької діяльності.

– Розробка та впровадження онтологічного STEM-центру з компонентною архітектурою сервісів підтримки навчально-пізнавальної діяльності учня.

Об’єктом дослідження є процес онтологічного представлення STEM-орієнтованого контенту.

Предмет дослідження – онтологічні методи представлення інформаційно-освітніх ресурсів формату STEM.

Методи дослідження. Проведені дослідження базуються на загальній теорії наукового пізнання та на засадах системності, множинності, рекурсивної редукції, гомотопічних типів, рефлексії STEM-нарративів. Для розв’язання поставлених задач було використано такі методи: для аналізу сучасних засобів представлення навчальних матеріалів в мережі – метод системологічної класифікації; для розробки методів розв’язання задач – теорія

складних систем, системний аналіз, теорія множин, теорія графів, лямбда-числення; для формалізації представлення знань – алгебро-логічний та аксіоматичний методи; для програмної реалізації інформаційної технології – шаблони проектування та об'єктно-орієнтований аналіз.

Наукова новизна та теоретичне значення одержаних результатів:

– На засадах застосування теорії трансдисциплінарності вперше був розроблений та застосований механізм системологізації STEM-нарративів.

– Удосконалено модель трансдисциплінарної агрегації для забезпечення консолідації STEM-нарративів як технологічної платформи формування STEM-середовищ.

– Удосконалено поняття трансдисциплінарного формату нарративного дискурсу, як операціональної платформи формування конфігурації STEM-середовища, сервіси якого забезпечують консолідовану взаємодію учнів зі STEM-нарративами, що регламентується онтолого-керованими навчальними програмами.

– Вперше створено онтологічну модель консолідованої взаємодії зі STEM-нарративами, яка на відміну від існуючих, реалізує процес формування єдиного системологічно-організованого STEM-середовища

– Вперше розроблено підхід збору та агрегації інформації пов'язаної зі STEM від фахівців у відповідній галузі, її подальшої систематизації та консолідації у онтологічній формі.

– Вперше, в структурі цифрового інформаційно-освітнього середовища, створено трансдисциплінарну онтологічну систему добору дослідницьких робіт як системної компоненти STEM-центру, яка є ключовим когнітивним інструментом для адаптивного, згідно знань, компетенцій та інтересів учнів, підбору навчально-дослідницьких завдань у форматі наукових проектів.

– Удосконалено когнітивні сервіси, які реалізують консолідацію навчально-дослідницької діяльності учнів зі STEM-нарративами на основі

діалогу, якій реалізується в форматі наративного дискурсу з валідованими психологічними опитувальниками, які спрямовані на виявлення інтересів учнів, що дозволяє ефективно адаптувати наукові дослідження до індивідуальних потреб та переваг студентів.

Практичне значення дисертаційного дослідження:

– Розроблено програмний засіб збору та агрегації інформації пов’язаної зі STEM від фахівців у відповідній галузі, її подальшої систематизації та консолідації у онтологічній формі.

– Розроблено засіб інформаційної взаємодії програмного засобу збору та агрегації інформації пов’язаної зі STEM та інтерпретатора онтологій для подальшої систематизації та консолідації у онтологічній формі

– Розроблено інтерактивний когнітивний опитувальник учнів з метою забезпечення добору STEM-проектів індивідуалізованих під інтереси учнів;

– Розроблено систему STEM-орієнтованих онтологічних застосунків здатних забезпечувати реалізацію освіти за STEM-підходом

Практичне значення одержаних результатів дослідження підтверджується актами впроваджень (Додаток А).

Особистий внесок здобувача полягає в наступному: Всі результати, які становлять основний зміст дисертації, автор отримав самостійно. Ряд робіт написано здобувачем самостійно [1, 2]. У публікації виражено ідеї автора дисертації щодо консолідації інформаційних ресурсів [3]. У наукових працях [4, 5] автору дисертації належить ключова ідея застосування онтологічного підходу для систематизації інформації у STEM-галузі – біотехнології та інженірингу. Автором дисертації запропоновано підхід до структуризації наукових робіт учнів та молоді як компоненту STEM-середовища та підходи до консолідації у роботах [6–12]. У роботі [7] автору належить ідея розробки інтерфейсів презентації результатів дослідників у формі онтологій. У роботі [13] автором запропоновано моделі використання онтологічних інструментів та використання принципів

трансдисциплінарності. Автором розроблено та обґрунтовано у публікації [14] архітектурні рішення T-STEM У публікаціях [15–18] автору дисертації належать ідеї щодо застосування STEM-інструментів для отримання даних та їх систематизації, а також використання онтологічних підходів. У роботі [19] автор запропонував підходи до опису моделей архітектур, інфраструктур, реєстрів. У праці [20] автору дисертації належить аналіз ефективності функціонування STEM-середовища та використання підходів семантики для оцінки ефективності його функціонування. У публікації [21] автором дисертації описано підходи щодо застосування онтологічних підходів при систематизації академічних заходів, що є складової наукової діяльності в рамках STEM.

Апробація результатів дисертації. Основні наукові положення та результати досліджень, викладені в дисертаційній роботі, доповідалися і обговорювалися на 6 науково-практичних конференціях, а саме на: 18 International Conferences on ICT in Education, Research and Industrial Applications (ICTERI 2023), 18-22 September 2023, Ivano-Frankivsk, Ukraine; the 6th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2018), held in Kryvyi Rih; the 7th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2019) Kryvyi Rih, Ukraine, December 20, 2019; 9th Illia O. Teplytskyi Workshop on Computer Simulation in Education (CoSinE 2021), held in Kherson, Ukraine, on the October 1, 2021; the 3rd Edge Computing Workshop. Zhytomyr, Ukraine, April 7, 2023.

Публікації. За темою дисертації з викладенням її основних результатів опубліковано 18 наукових праць, серед яких 4 – у наукових фахових виданнях України (в тому числі 1 – одноосібно), 1 – в науковому періодичному виданні іноземних держав, що входять до Європейського союзу, 1 наукова праця у періодичному виданні, що входить до наукометричної бази SCOPUS, 11 – в матеріалах і тезах міжнародних та всеукраїнських конференцій (в тому числі 2 – одноосібно), а також 1 авторське свідоцтво. Із праць, що опубліковано у

співавторстві, в дисертаційній роботі використано виключно ті результати, які одержано здобувачем особисто.

Обсяг і структура дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох та п'ятого розділів, висновків, списку використаних літературних джерел зі 151 найменувань та 3 додатків. Повний обсяг дисертації становить 212 сторінок машинописного тексту. Основний зміст викладений на 167 сторінках. Робота ілюстрована 72 рисунками та 1 таблицею.

РОЗДІЛ 1. ІСНУЮЧІ ПІДХОДИ ДЛЯ РОЗРОБКИ ОНТОЛОГІЧНОГО STEM-ЦЕНТУ

1.1. Основні проблеми генерації STEM-орієнтованого контенту

Сьогодні важливим є не просто накопичення знання, які нагромаджувалися завдяки розвитку основних галузей знань, але і їх класифікація та систематизація. Перед сучасною школою стоїть завдання формування в учнів стійкого інтересу і передусім, до природничо-математичних дисциплін, які є основою розвитку технологій; вміння опрацьовувати значну кількість STEM-наративів та використовувати її для створення нових ідей.

Цим завданням якнайкраще відповідає STEM-освіта, як перетин природничої, технічної творчості, інженерії та математики [17]. Освіта в галузі STEM є основою підготовки робітників в області високих технологій в найбільш економічно розвинутих країнах світу: в Австралії, Китаї, Великобританії, Ізраїлі, Кореї, США, Сінгапурі, Франції, Японії [22].

У новому законі про освіту задекларовано новий освітній напрямок «спеціалізована освіта наукового спрямування, де йдеться про поглиблену підготовку зі STEM-дисциплін (профільне навчання), передбачено освоєння наукової методології, залучення учнів до дослідницької, конструкторської діяльності і винахідництва, що дозволить збільшити відсоток тих, хто стане талановитим ученим, інженером, новатором [23]. Впровадження STEM-освіти вимагає від освітян активного введення у навчальний процес елементів освіти майбутнього, вироблення в учнів почуття відповідальності до результатів навчання, розуміння тренду «навчання впродовж життя», потреби і усвідомлення необхідності систематичного підвищення професійної компетентності тощо [24].

Таким чином, на сьогодні проблема реалізації STEM-підходів в освітньому процесі є актуальною, а відповідно проблема інформатизації галузі стоїть досить гостро.

Однією з формою організації послуг цифрової освіти є використання віртуальних цифрових лабораторій. Вони реалізуються на основі віртуальних STEM-освітніх центрів, які з точки зору методології розроблені із залученням певних онтологічних рішень та соціальних технологій. За допомогою таких Інтернет-ресурсів учні та студенти можуть брати участь у реальних та віртуальних освітніх дослідженнях, брати участь у міжнародних дослідницьких проектах, таких як ICE Cubes Service, EDU-ARCTIC, BIOTALENT та інших.

Однак, варто врахувати в 21 столітті, що освітні програми суттєво трансформуються кожні 4–6 років. У цей період накопичується велика кількість навчальної та методичної літератури, зміст якої необхідно враховувати під час використання та створення навчального цифрового контенту. Тому, в процесі створення та використання цифрових освітніх ресурсів виникає проблема з обробкою великих даних. Це вимагає включення в своє робоче середовище когнітивних послуг, таких як аналіз, структурування, вибір, синтез, прогнозування тощо, які мають характер когнітивних обчислень.

Потоки інформації та даних щорічно суттєво зростають в умовах науково-технічного прогресу. Завдяки динамічному розвитку веб-середовища, спостерігалось поліпшення інформаційних середовищ від закритих локальних до інформаційно-адаптивних [25]. Інтернет став середовищем розгортання інформаційних ресурсів освіти, зокрема STEM-напряму. Важливою складовою STEM-напряму є адаптивність навчання, що передбачає врахування впливу учня на оточуюче середовище, зокрема освітнє, та впливу середовища на особистісні характеристики учня [26, 27].

Для забезпечення адаптивності навчання необхідною є розробка відкритих освітніх середовищ, що передбачають як апаратно-програмну складову, так і методико-педагогічну й дидактичну.

Більше того, сучасні цифрові послуги в освіті повинні враховувати наступні дві категорії – здатність освітнього середовища надавати ефективні освітні послуги та цифрову освітню логістику, інтелектуальні інструменти які утворюють складний ланцюжок транзакцій для кожного учня на основі аналізу та використання можливостей. Самі можливості мають представляти весь спектр ресурсів, що забезпечують процес навчання. Жодна із сучасних систем, таких як LMS, CMS, не вирішує цих проблем.

У сучасному освітньому контексті ключовим є не лише кумулятивне накопичення знань, які були здобуті завдяки розвитку фундаментальних наукових галузей, але й їхня класифікація та систематизація. Актуальним завданням для сучасної освітньої системи є стимулювання у студентів стійкої зацікавленості, особливо до природничо–математичних дисциплін, які формують фундамент для розвитку технологій. Важливим є також розвиток навичок обробки великих обсягів інформації та її використання для генерації нових ідей.

Оптимальним вирішенням цих завдань є STEM-освіта, яка представляє собою перехрестя природничих наук, техніки, інженерії та математики. Освіта у сфері STEM служить основою для підготовки фахівців у галузі високих технологій у багатьох економічно розвинених країнах, таких як Австралія, Китай, Великобританія, Ізраїль, Корея, США, Сінгапур, Франція, Японія.

Новий закон про освіту в Україні вводить спеціалізовану освіту наукового спрямування, акцентуючи на поглибленій підготовці у сфері STEM-дисциплін. Це передбачає залучення студентів до наукових, конструкторських та винахідницьких діяльностей, сприяючи формуванню наступного покоління вчених, інженерів та новаторів. Впровадження STEM-освіти потребує активного інтегрування елементів сучасної освіти, розвитку у студентів відповідальності за результати навчання та усвідомлення необхідності неперервної професійної самоосвіти.

Сучасна проблематика реалізації STEM-підходів в освітньому процесі актуальна, а інформатизація освіти є однією з її ключових складових. Однією з форм організації цифрової освіти є застосування віртуальних цифрових лабораторій, реалізованих на базі віртуальних STEM-освітніх центрів, розроблених із використанням онтологічних рішень та соціальних технологій. Це дозволяє студентам брати участь у реальних і віртуальних освітніх проектах, включаючи міжнародні наукові дослідження.

Водночас, у XXI столітті освітні програми переживають значні трансформації кожні 4–6 років, що призводить до накопичення великої кількості навчального та методичного матеріалу, зміст якого має бути врахований при створенні цифрового навчального контенту. У процесі створення та використання цифрових освітніх ресурсів виникає виклик обробки великих обсягів даних, що вимагає інтеграції когнітивних послуг, таких як аналіз, структурування, вибір, синтез та прогнозування, які є частиною когнітивних обчислень.

1.2. Основні переваги віртуальних ресурсів для реалізації STEM-освіти

В умовах дистанційної роботи особливо актуальне використання віртуальних підходів, зокрема, використання віртуальних лабораторій в освітньому процесі. Окрім можливості дистанційного використання, віртуальні лабораторії мають ряд переваг, які будуть описані нижче.

Відсутність необхідності придбання дорогого устаткування і реактивів. Через недостатнє фінансування в багатьох лабораторіях встановлено застаріле обладнання, яке може спотворювати результати дослідів і слугувати потенційним джерелом небезпеки для учнів. Крім того, в таких областях, як, наприклад, хімія, крім обладнання потрібні також витратні матеріали (реактиви), вартість яких досить висока. Зрозуміло, комп'ютерне обладнання та програмне забезпечення також коштує недешево, проте

універсальність комп'ютерної техніки і її широка поширеність компенсують цей недолік.

Можливість моделювання процесів, що неможливо змодельовати із використанням фізичних моделей або процесів. Сучасні комп'ютерні технології дозволяють спостерігати процеси, які важко розрізнити в реальних умовах без застосування додаткової техніки, наприклад, через малі розміри спостережуваних часток. Можливість розуміння тонкощі процесів і спостереження можуть бути змодельовані в різні часові діапазони. Так, деякі віртуальні лабораторії забезпечують моделювання процесів, що тривають секунди, а інші – роки.

Безпека є важливою перевагою є використання віртуальних лабораторій у випадках, коли йде робота, наприклад, з високими напругами або хімічними речовинами. У зв'язку з тим, що управлінням віртуального процесу займається комп'ютер, з'являється можливість швидкого проведення серії дослідів з різними значеннями вхідних параметрів, що часто необхідні для визначення залежностей вихідних параметрів від вхідних.

Економія часу і ресурсів для введення результатів в електронний формат. Деякі роботи вимагають подальшої обробки достатньо великих масивів отриманих цифрових даних, які виконуються на комп'ютері після проведення серії експериментів. Слабким місцем у цій послідовності дій при використанні реальної лабораторії є введення отриманої інформації в комп'ютер. У віртуальній лабораторії цей крок відсутній, адже дані можуть заноситися в електронну таблицю результатів безпосередньо при виконанні дослідів експериментатором або автоматично. Таким чином, економиться час і значно зменшується відсоток помилок.

Врешті, окрема і важлива перевага полягає в *можливості використання віртуальної лабораторії в дистанційному навчанні*, коли в принципі відсутня можливість роботи в лабораторіях.

Проведемо порівняльний аналіз відповідно до основних критеріїв віртуальних лабораторій, що представлені на ринку віртуальних площадок:

1. Забезпечення трансдисциплінарності – віртуальна лабораторія, що охоплює багато дисциплін та демонструє взаємозв'язок між ними, є більш цінною для пізнання.

2. Насиченість контентом – кількість та якість інформаційних ресурсів, що представлені у віртуальному середовищі.

3. Наявність семантичних зв'язків – семантичний зв'язок дозволяє встановити контекстне співвідношення понять, викладених в одній роботі, з поняттями з іншої роботи.

4. Індексція контенту – для розширення уявлення про об'єкт, або явище дослідження, реалізований якісний механізм пошуку додаткової інформації з інших джерел. Усі матеріали, що містяться в середовищі віртуальної лабораторії мають бути проіндексовані.

5. Якість візуалізації – наочність та дохідливість медіа матеріалу, що супроводжує роботу.

6. Ергономічність інтерфейсу – наявність та зручне розташування інструментів функціоналу, що дозволяють користувачу контролювати процес виконання роботи у середовищі віртуальної лабораторії.

7. Якість адаптації до українського споживача – віртуальна лабораторія містить україномовний матеріал, а програмна оболонка має україномовний інтерфейс.

8. Відсутність реклами – зайві (небезпечні) матеріали, які розробники імпантують до віртуальної лабораторії, що відволікають та заважають виконанню роботи.

1.3. Порівняльна характеристика існуючих систем, що можуть бути застосовані для реалізації STEM-освіти

Віртуальні лабораторії STAR. STAR (Software Tools for Academics and Researchers) [28] – програма Масачусетського технологічного інституту (MIT) з розробки віртуальних лабораторій для досліджень і навчання. Діяльність програми полягає у розробці навчальних і дослідницьких програм із загальної біології, біохімії, генетики, гідрології, в області розподілених обчислень. Більшість додатків реалізовані java або html.

- StarBiochem – 3D-візуалізатор молекул білків. Має гнучкі та детальні налаштування.

- StarGenetics – дозволяє моделювати процеси схрещування, вивчати закономірності успадкування моногенних ознак (закони Менделя).

StarORF – дозволяє навчитися ідентифікувати так звані відкриті рамки зчитування (англ. ORF – Open Reading Frame) – одиниці в складі ланцюга ДНК або РНК, здатні кодувати білок.

- StarMolSim – серія інструментів, що моделює процеси молекулярної динаміки. Кожен з інструментів має широкий набір вхідних значень і, аналогічно, широкий набір вихідних значень для аналізу і дослідження.

StarBiogene – Набір інструментів з генетики.

- StarHydro – програмний інструмент для моделювання гідрологічних процесів.

- StarCluster – набір інструментів для створення, налаштування і управління кластерами віртуальних машин на веб-сервісі amazon's EC2 cloud.

Характеристики віртуальних лабораторій STAR представлена на Рис. 1.1.

Забезпечення трансдисциплінарності	Насиченість контентом	Наявність семантичних зв'язків	Індексація контенту	Якість візуалізації	Ергономічність інтерфейсу	Якість адаптації до українського споживача	Відсутність реклами
Віртуальні лабораторії з різних напрямків	Значний обсяг інформації	Лабораторії відокремлені	Відсутня	Авторський медіаматеріал	Кожна лабораторія має окремий інтерфейс	Не адаптовані	Відсутня

Рис. 1.1. Характеристики віртуальних лабораторій STAR

Віртуальні лабораторії VirtuLab. VirtuLab [29] – проект з розробки віртуальних лабораторних робіт з фізики, хімії, біології, екології для учнів. Віртуальні лабораторні роботи реалізовано за допомогою технології Flash. Вони відрізняються вузькою спеціалізацією, в більшості випадків лінійністю експерименту (вся послідовність дій і результати експерименту задані заздалегідь). Продукти VirtuLab мають пізнавальну цінність і вирішують завдання проведення лабораторних робіт за відсутності необхідного обладнання в навчальному закладі.

Характеристики віртуальних лабораторій VirtuLab представлена на Рис. 1.2.

Забезпечення трансдисциплінарності	Насиченість контентом	Наявність семантичних зв'язків	Індексація контенту	Якість візуалізації	Ергономічність інтерфейсу	Якість адаптації до українського споживача	Відсутність реклами
Лабораторні роботи з природничого циклу дисциплін	Незначний обсяг матеріалу	Лабораторії відокремлені	Відсутня	Не всі етапи лабораторних робіт візуалізовані	Лабораторна робота відображається у невеликому фреймі, працювати незручно	Не адаптовані	Наявні рекламні банери

Рис. 1.2 Характеристики віртуальних лабораторій VirtuLab

Віртуальні лабораторії Algodoo. Algodoo [30] – програму призначено для фізичних 2D симуляцій. Має дуже багатий інструментарій для створення різних об'єктів, механізмів і систем з метою моделювання їх фізичної

взаємодії і властивостей. Наприклад, можна створити модель працюючого годинника, або пневматичної гвинтівки.

Програма здатна симулювати не тільки механічні процеси, але й оптичні, а можливість програмування за допомогою скриптової мови Thyme дозволяє створювати об'єкти, ефекти й явища з оригінальними фізичними властивостями та різними функціями. Також є можливість завантажувати малюнки, які перетворюються на об'єкт симуляції, якому можна надати будь-які фізичні властивості.

Характеристики віртуальних лабораторій VirtuLab представлена на Рис. 1.3.

Забезпечення трансдисциплінарності	Насиченість контентом	Наявність семантичних зв'язків	Індексація контенту	Якість візуалізації	Ергономічність інтерфейсу	Якість адаптації до українського споживача	Відсутність реклами
Лабораторні роботи з фізики	Великий обсяг матеріалу	Лабораторні роботи відокремлені	Відсутня	Процеси супроводжують ся неперервною анімацією	Кожна лабораторна робота має окремий інтерфейс, що ускладнює роботу з декількома одночасно	Не адаптовані	Відсутня

Рис. 1.3 Характеристики віртуальних лабораторій Algado

Віртуальні лабораторії PhET. PhET [31, 32] – проект розроблений Університетом Колорадо, що включає безліч віртуальних лабораторій, які демонструють різні явища з фізики, біології, хімії, математики, наук про Землю.

Досліди мають високу пізнавальну цінність і при цьому є захоплюючими. Характеристики віртуальних лабораторій PhET представлена на Рис. 1.4.

Забезпечення трансдисциплінарності	Насиченість контентом	Наявність семантичних зв'язків	Індексація контенту	Якість візуалізації	Ергономічність інтерфейсу	Якість адаптації до українського споживача	Відсутність реклами
Лабораторні роботи з фізики, біології, хімії, математики	Великий обсяг інформації	Лабораторії відокремлені	Відсутня	Високоякісна візуалізація	Інтуїтивно зрозумілий web- інтерфейс	Не адаптовані	Відсутня

Рис. 1.4 Характеристики віртуальних лабораторій PhET

Віртуальні лабораторії Wolfram Demonstrations Project. Мета проекту Wolfram Demonstrations Project [33] – наочна демонстрація концепцій сучасної науки і техніки. Wolfram претендує на роль платформи, що дозволяє створити об'єднаний каталог онлайн-інтерактивних лабораторій. Це, на думку його розробників, дозволить користувачам уникнути проблем, пов'язаних із застосуванням різноманітних навчальних ресурсів і платформ розробки.

Для перегляду демонстрацій знадобиться завантажити і встановити спеціальний Wolfram CDF Player

На поточний момент Wolfram Demonstrations Project володіє значним каталогом – 10968 інтерактивних демонстрацій.

Каталог проекту складається з 11 основних розділів, які належать до різних галузей знань і людської діяльності. Тут є великі фізичні, хімічні та математичні розділи, а також присвячені техніці, інженерній справі, соціальним наукам.

Характеристики віртуальних лабораторій VirtuLab представлена на Рис. 1.5.

Забезпечення трансдисциплінарності	Насиченість контентом	Наявність семантичних зв'язків	Індексація контенту	Якість візуалізації	Ергономічність інтерфейсу	Якість адаптації до українського споживача	Відсутність реклами
Більше 10000 демонстрацій з різних дисциплін	Великий обсяг інформації	Лабораторії відокремлені	Пошук по ключовим словам	Високоякісна візуалізація	Інтуїтивно зрозумілий web-інтерфейс	Не адаптовані	Відсутня

Рис. 1.5 Характеристики віртуальних лабораторій Wolfram

Віртуальні лабораторії The ChemCollective. The ChemCollective [34] присвячені вивченню хімії. Відмінною особливістю лабораторії є те, що відсутні будь-які завдання, користувачеві надана свобода дій.

Інші продукти проекту являють собою лабораторні проекти, присвячені певним темам і стосуються таких розділів хімії як стехіометрія, термохімія, теорія кислот та основ, аналітична хімія та інші напрямки.

Характеристики віртуальних лабораторій The ChemCollective представлена на Рис. 1.6

Забезпечення трансдисциплінарності	Насиченість контентом	Наявність семантичних зв'язків	Індексація контенту	Якість візуалізації	Ергономічність інтерфейсу	Якість адаптації до українського споживача	Відсутність реклами
Лабораторні роботи з хімії	Великий обсяг інформації	Лабораторії відокремлені	Пошук по ключовим словам	Якісна візуалізація	Кожна лабораторна робота має окремий інтерфейс, що ускладнює роботу з декількома одночасно	Не адаптовані	Відсутня

Рис. 1.6. Характеристики віртуальних лабораторій The ChemCollective

Віртуальні лабораторії Teachmen. Віртуальна лабораторія Teachmen пропонує різноманітні програми та матеріали для вивчення фізики. Вона включає курси з молекулярної фізики, оптики, атомної та ядерної фізики, а також спеціалізовані теми як механічні та магнітні моменти атома, рентгенівське випромінювання, і принципи роботи лазера. Вона також надає можливість для комп'ютерних експериментів, самостійного

експериментування, а також містить лекції нобелівських лауреатів, які забезпечують глибоке розуміння предмету.

Характеристики віртуальних лабораторій Teachmen представлена на Рис. 1.7.

Забезпечення трансдисциплінарності	Насиченість контентом	Наявність семантичних зв'язків	Індексація контенту	Якість візуалізації	Ергономічність інтерфейсу	Якість адаптації до українського споживача	Відсутність реклами
Лабораторні роботи з фізики	Незначний обсяг інформації	Лабораторії відокремлені	Відсутня	Низькоякісна візуалізація	Незручний інтерфейс	Не адаптовані	Відсутня

Рис. 1.7 Характеристики віртуальних лабораторій Teachmen.ru

Таким чином, використання попередньо розроблених віртуальних лабораторій у навчальному процесі, не є доцільним, оскільки не характеризується рядом необхідних для впровадження в навчальний процес українських шкіл властивостей. Доцільним є розробка підходів, що базуються на сучасних інформаційних технологіях.

1.4. Онтологічний підхід для забезпечення трансдисциплінарності та забезпечення когнітивності пізнання

Використання інформаційно–комунікаційних технологій є умовою забезпечення новаторської альтернативи традиційним методам інформаційної підтримки STEM-досліджень учнів та створює можливості для доступу до інтерактивних занять і сумісної роботи в комп'ютерній мережі незалежно від місця їх розташування. У таких умовах, ключовими моментами є форма організації та доступу до інформаційних джерел формування знань, що розміщуються у відповідних середовищах та можуть бути доступними з будь–якого місця та в будь–який час.

Використання сучасного бачення теорії графів дозволяє представити термінополя у різних галузях та має перспективну до використання у економіці та підприємстві, менеджменті, маркетингу, інформатиці, природничих науках, розробці програмного забезпечення та інших напрямках. Високий попит на використання теорії графів зумовив розвиток візуалізації графів у вигляді комп'ютерних онтологій.

З метою підвищення ефективності навчання, забезпечення адаптивності та трансдисциплінарності потрібно використовувати у навчанні формалізовані інформаційні ресурси, що забезпечують високу ступінь структуризації. Онтологічний підхід до розробки інформаційних ресурсів забезпечує цілісний та системний підхід при вивченні різних інформаційних джерел та певної предметної галузі, забезпечує концептуалізацію та таксономізацію термінів у межах предметної області та наявність взаємозв'язків між термінами різних предметних областей для забезпечення трансдисциплінарності. Тобто, комп'ютерні онтології є одним із ефективних механізмів реалізації систем теоретичних знань, у вигляді множин термінів та їх зв'язків. Терміни в онтологічних ресурсах можуть бути пов'язані даними вершин (термінів), описами та формальними аксіомами.

Для побудови онтологій визначаються “понятійні одиниці” начальних ресурсів, що використовуються в навчальному процесі та в подальшому структуруються, зв'язуються та візуалізуються.

Онтологізовані таксономії створюють умови для ефективного використання усіх компонентів будь яких освітніх інформаційних ресурсів та систем [35–37]. Зазвичай, онтологічні рішення передбачають використання системних компонентів множин концептів формальної моделі предметного контенту та функціональної моделі для відображення взаємозв'язків мережних процесів та систем різних предметних галузей [38].

Сучасні методи візуалізації графів допомагають у виявленні ключових елементів в ієрархічних структурах і встановленні їхніх зв'язків у контексті, а

також у доступі до інформації, яка міститься у вузлах графів. Онтологічний підхід можна розглядати як особливу форму системного підходу, який застосовує онтологічну класифікаційну схему в засобах і методах штучного інтелекту.

Розширення використання інформаційних технологій у різних сферах людської діяльності, здатність програмного забезпечення класифікувати та систематизувати інформацію набуває все більшого значення. Тому, за останні роки було досягнуто значного прогресу у розробці ідей та інструментів для забезпечення систематизації знань, таких як онтології [39].

Міждисциплінарність повинна забезпечуватись інтегрованою взаємодією інформаційних сервісів та ресурсів шляхом коректної та достовірної взаємодії контекстів [38]. Усі веб–ресурси містять інформацію, якість та структурованість якої лімітує їх операціональність [38, 40].

У цьому дослідженні "онтологія" – це термін, який означає деяке програмне забезпечення або веб–систему, що складається з вершин з певними даними для забезпечення системи прийняття рішень та таксономізації інформаційних ресурсів. Усі вершини розташовані в певному ієрархічному порядку, часто згадуваному, як онтологічне дерево або онтологічний граф. Вершина, з якої починаються усі зв'язки та вершини називається батьківською. Інші вершини називаються дочірніми. Якщо в графі є лише один рівень ієрархічності, а додаткові гілки з дочірніми вершинами відсутні, то ця онтологія називається простою. Онтологія неодмінно втілює певний світогляд щодо певної сфери. Світогляд часто сприймається як сукупність понять сутності, атрибути або процеси їх визначень та їх взаємозв'язків, що називається концептуалізацією [39]. Крім того, усі онтології складаються з семантики термінології кожної із вершин [39]. Онтології є об'єктивними, характеризуються логічністю та неупередженістю при побудові та дослідженні.

Тобто, онтологія це система що передбачає включення множин термінів, даних та твердження про ці терміни (поняття; у вигляді метаданих) на основі яких будуються класи, що можуть бути використані для обробки даних, а також зв'язки й функції. Онтології містять концепти, їх властивості та відношення між ними, а також додаткові правила та сутності, які передбачені аксіомами.

Ефективність наукових досліджень істотно корелює з оптимізацією використання інформаційних ресурсів. Цього можна досягти шляхом імплементації формалізації знань, яка передбачає застосування онтологічних методів. Така формалізація сприяє агрегації однорідних, структурованих даних, відіграючи ключову роль у їхній ефективній обробці під час проведення дослідницької роботи. Застосування онтологічних моделей уможливорює інтегративне розуміння специфічних предметних областей, спрощує вивчення та інтеграцію різноманітних інформаційних ресурсів, і допомагає в ідентифікації та відновленні втрачених логічних зв'язків. Комп'ютерні онтології є інструментом для представлення результатів досліджень у форматі, що підходить для машинної обробки, сприяючи об'єктивному сприйняттю результатів усіма учасниками дослідницького процесу. Візуалізація за допомогою онтологій ефективно сприяє швидкому та систематичному засвоєнню необхідних для досліджень знань. Результатом подібного контент аналізу може бути таксономія, класифікатор відношень [41]. На сьогодні набувають поширеності системи, що засновані на консолідації в метапросторі параметрів моделі [42]. Подібні підходи можуть бути застосовані для прикладних задач, наприклад для представлення процесів супроводження спеціальних вантажів [43].

1.5. Аналіз існуючих інформаційних систем генерації онтологій

Представлення інформації та інформаційний менеджмент є важливою проблемою для сьогодення. Управління та накопичення інформації може

здійснюватися з використанням різних інструментів, однак, одним з найбільш функціональних є веб-орієнтовані інструменти для накопичення інформації.

Практика використання комп'ютерних технологій в освіті починається на початку 1960-х. Цей процес трансформувався від автоматизації етапів навчання до надання освітніх послуг на основі використання інформаційно-комунікаційних технологій. Зараз використовується понад 2000 різних системних рішень.

Впроваджено певні класи LMS (системи управління навчанням) та CMS (системи управління контентом), найпопулярніші з них: Moodle (LMS), ILIAS (LMS), ATutor (LMS), IBM LearningSpace (CMS), Apple Classroom (CMS), eLearning Server 3000 (LMS), LAMS (LMS), Google Classroom (CMS), Microsoft Teams (CMS), Claronline (LMS), SharePointLMS (LMS + CMS), Live @ EDU (LMS + CMS), eFront (LMS + CMS), Coursera (LMS + CMS), Canvas (LMS).

Побудова змісту навчальної інформації за допомогою цих платформ реалізується з використанням певних стандартів, а саме: AICC, SCORM, xAPI (TinCan API), cmi5. Врахування їх під час створення навчального змісту забезпечує певну гнучкість управління навчальним змістом завдяки його ієрархічній організації.

Онтологічні моделі, засновані на використанні інструментів OWL та Protégé, також, використовуються для гнучкості навчального змісту. Для підвищення рівня інтелектуалізації управління вмістом у цих рішеннях програмні компоненти нейромережових технологій можуть бути використані для вдосконалення процедур управління вмістом навчальних курсів. Це суттєво підвищує рівень управлінської та навчальної взаємодії та якості змісту. Ці підходи застосовуються у випадках, коли необхідно підтримати дослідницьку діяльність учнів та студентів.

У контексті розвитку систем створення онтологій, історично було запропоновано множину методологій. Проте, незважаючи на це, перманентно спостерігаються пробіли, котрі необхідно вирішувати для ефективного

застосування цих технологій у реальних операційних середовищах. Онтології виступають як важливий інструмент для підтримки різноманітних аспектів управління інформацією, охоплюючи процеси пошуку, зберігання та обміну інформацією в цифровому просторі. Вони спрямовані на забезпечення комплексного покриття знань відповідного домену, що сприяє розвитку універсального розуміння цього домену. Центральними елементами онтологій є спільні концептуалізації доменів, які включають представлення цих концептуалізацій, раніше використовуваних для полегшення обміну інформацією між людьми, але нині вони також застосовуються для спілкування між програмними агентами. Для спрощення розробки онтологій використовуються спеціалізовані програмні засоби, які дозволяють користувачам створювати ієрархії та формувати семантичні зв'язки, при цьому існує широкий спектр відкритих і комерційних інструментів, відомих як онтологічні редактори.

Існуючі системи інформаційно–комунікаційних технологій побудови та управління базами знань в е–мережі мають широку теоретичну й практичну платформу досліджень та використання. Сьогодні такі різноманітні середовища розвиваються: «Лінгвістичний корпус», Exalead, KAON2, Sesame, IBM SHER, JosekiJena, OracleSpatial Protégé 3.5, Apollo, SWOOP, OilEd, IsaViz, Polyhedron та інші.

IsaViz [44] – це візуальне середовище для перегляду та створення моделей RDF у вигляді графіків. Цей інструмент пропонує консорціум W3C. IsaViz імпортує RDF / XML та N–Triples, експортує RDF / XML, N–Triples, портативну мережеву графіку (PNG) та векторну графіку (SVG). Окрім того, на сьогодні використовуються різні пошукові системи, зокрема такі, як META, Google Desktop Search, Bing, що не забезпечують повномасштабного аналізу семантики інформаційних масивів, які досліджує експерт–аналітик [45].

SWOOP [46] базується на моделі Model–View–Controller (MVC [47]). SWOOP містить перевірку OWL (мова веб–онтології) та пропонує різні

подання синтаксису презентації OWL. Онтології можна порівнювати, редагувати та комбінувати. OWL був побудований з відкритою архітектурою. Керування здійснюється через систему на основі плагіна, яка динамічно завантажує нові візуалізатори та обробники. SWOOP використовує його методологію побудови онтології.

Protégé 3.5 [48] – це редактор онтологій, що забезпечує графічний інтерфейс користувача. Це забезпечує кращу гнучкість для метамоделювання, дозволяє побудувати онтології доменів; налаштувати форми введення даних для введення даних. Вбудовану архітектуру Protégé можна адаптувати для створення як простих, так і складних онтологічних додатків. Розробники можуть інтегрувати висновки Protégé із системами правил або іншими засобами вирішення проблем, щоб побудувати широкий спектр інтелектуальних систем.

Apollo [49] – це зручна програма для моделювання систем знань. База системи знань Apollo складається з ієрархічно організованих онтологій, які можна успадкувати від інших онтологій. Функція об'єктної моделі Apollo дозволяє надійно вводити текст, що дозволяє перевіряти значення під час редагування. Apollo надає підтримку метакласів, багатокористувацьких, розширюваних плагінів, онтологічного сховища та бібліотеки.

1.6. Аналіз існуючих онтологічних систем, що мають практичне застосування

Сьогодні онтології відіграють значну роль у вирішенні широкого спектру практичних завдань, серед яких особливої актуальності набуває проблематика ефективного управління відходами. У контексті екологічних та урбаністичних викликів це питання стає особливо релевантним. Існує широке різноманіття підходів до реалізації проектів у цій сфері [50–53]. Зокрема, використання онтологій, які інтегрують ієрархічні структури з багатокритеріальними методами аналізу, демонструє значний потенціал у контексті концептуального проектування очисних споруд. Такий підхід сприяє оптимізації

обчислювальних потужностей та підвищенню ефективності проектних рішень [54, 55].

Р. Калпана, В. Бхуванесварі та П. Мусі [56] успішно вирішили різні проблеми, пов'язані зі зберіганням, вилученням та візуалізацією даних системи поводження з відходами. Основною пропозицією систем є класифікація методів переробки відходів. Класи та відповідна ієрархія були представлені як тип відходів та методи переробки. Крім того, у подальшому онтології забезпечать інтеграцію з ГІС. Онтологія була створена інструментом Protégé та OWL [56].

А. Синха та П. Коудерк [8] запропонували типову класифікацію відходів на відповідно до вторинних матеріалів, з яких вони складаються. Їхня модель використовує концепцію N-арних відносин з деякими модифікаціями. Модель на основі онтології може бути використана для сортування предметів на заводах з переробки відходів. Запропонована система здійснює вибірккову переробку даних та має достатні знання для прийняття рішень щодо прийняття або відхилення об'єкта відходів. Для цього було використано інтелектуальну систему на основі RFID (ідентифікація радіочастот). RFID використовує електромагнітні поля для автоматичної ідентифікації та відстеження міток, прикріплених до об'єктів, для виявлення типу відходів. Програма використовує знання, засновані на онтології, для присвоєння категорії для відходів. Сортування за типам відходів відбувається у різні контейнери. Система онтології була створена OWL та інструментами Protégé [57].

Мартін К. ван Іттерсум, Френк Еверт [58] представили систему екологічного та сільськогосподарського моделювання (SEAMLESS) та SEAMLESS-IF, яка не використовує онтології. Основним компонентом інфраструктури програмного забезпечення SEAMLESS є SeamFrame. Він використовується для прогнозування інформації в системі SEAMLESS-IF. SEAMLESS містить інформацію про землеробську діяльність та їх взаємодію

з навколишнім середовищем, економічною діяльністю та розвитком сільських територій. [58]. Результати порівняння цих робіт також наведені в Таблиця 1.

Таблиця 1 Порівняння існуючих онтологічних рішень для керування довкіллям

Продукт	Вершини онтології	Інструмент	Зв'язок з ГІС	Автор
Створення системи управління відходами	Тип відходів	Protégé+OWL	Ні	Р. Калпана, В. Бхуванесварі та П. Мусі
Створення системи сортування відходів	Технологія	Protégé+OWL	Ні	А. Синха та П. Коудерк
Створення системи користування довкіллям	Технологія	SeamFrame	Ні	Мартін К. ван Іттерсум, Френк Еверт

Таким чином, раніше онтології застосовувались у різних сферах людської діяльності. В управлінні навколишнім середовищем цей звичний підхід застосовувався до конкретних галузей та урбоекології [59, 60]. Жодна із запропонованих раніше онтологічних систем не могла запропонувати універсального рішення в галузі охорони навколишнього середовища [56] [61].

1.7. ІТ–платформа КІТ «Поліедр» як інструмент для побудови онтологічного STEM-центру

Для таксономізації навчальних матеріалів запропоновано використовувати існуючі графгенератори та графвізуалізатори КІТ «Поліедр». Однією з практичних функцій запропонованої системи є задача вибору. Даний інструмент дозволяє використовувати семантичні характеристики онтологічних графів (в даному випадку, об'єктів вивчення) для підбору цільових складових системи, або ж для вивчення саме цих семантичних властивостей [62].

Технологічну платформу, яка забезпечує операціональність виконання вказаної задачі, найбільш ефективно реалізовувати за допомогою сервісів когнітивної КІТ «Поліедр». Вона дозволяє виділити семантичні характеристики кожної наукової праці, які можуть бути використані у якості критеріїв вибору наукових досліджень. Прикладом реалізованої попередньо системи вибору на базі КІТ «Поліедр» є використання інструменту вибору при аналізі лімнологічних систем [38, 63].

Методичне забезпечення навчально–пізнавального процесу, яке полягає у засвоєнні понятійної системи, аксіоматики, правил, синтаксичних та морфологічних основ цієї теорії. Множина термінополів визначає концептуально–понятійний базис наукових теорій за рахунок визначення певної впорядкованості концептів предметної дисципліни.

Завдяки активним станам множинного часткового впорядкування з гіпервідношенням [64, 65], КІТ «Поліедр» – це інноваційна ІТ–технологія онтологічного управління знаннями та інформаційними ресурсами незалежно від стандартів їх створення. КІТ «Поліедр» використовує функцію інструментів онтологічного інтерфейсу [66]. Онтологічний інтерфейс реалізований за допомогою процедури активації множинних зв'язків бінарної таксономії. Це інтелектуальний засіб взаємодії користувача з онтологічною інформаційною системою, що дозволяє візуалізувати результати інтеграції та агрегування розподілених інформаційних ресурсів у процесі організації спілкування користувачів у легкодоступній візуальній формі [26].

Інструменти мають онлайнві інформаційні ресурси та інтерактивні системи знань, які забезпечують адаптивність до тематичного профілю кожного предмета користувача в середовищі КІТ «Поліедр».

Ця система є мультиагентною. Зазвичай ресурси, на яких розміщена інформація, є вузько орієнтованими. Поєднання таких ресурсів, як агентів, в орієнтованих на онтологічну систему КІТ «Поліедр» дає можливість отримати міждисциплінарний та інтерактивний компонент у будь–яких навчальних та

наукових дослідженнях [67]. В середовищі КІТ «Поліедр» забезпечується побудова всіх ланцюгів процесу трансдисциплінарної інтегрованої взаємодії: семантичний аналіз змісту текстових документів; таксономізацію; висвітлення властивостей таксономічних понять; формування онтології проблеми вибору; трансдисциплінарна інтеграція контекстів на основі властивостей–критеріїв, що визначають онтологію вибору; включення документів, що знаходяться у глобальному середовищі за допомогою рекурсивних процедур систем та мовного корпусу [26]. Таким чином, онтологічний агент за змістом відображає понятійну систему певної дисциплінарної теорії. При цьому враховуються індивідуальні особливості кожного суб'єкта освітнього процесу [68].

КІТ «Поліедр» попередньо була інтегрована із ГІС [69]. Моделі інтерактивного документа та онтологічного ГІС–додатку забезпечують високий рівень репрезентативності інформації, наявної в текстових документах для використання структурованого подання тексту. Реалізація моделі трансдисциплінарного подання інформації, як інтерактивної характеристики документа, забезпечує можливість отримання оперативного доступу до великих масивів тематичної інформації, а в поєднанні з можливостями онтологічних ГІС–додатків – вирішує проблему трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації [66, 70].

Інноваційною складовою КІТ «Поліедр» є наявність спеціальних функцій. Наприклад, існує порівняння функцій з деякими стандартами, які називаються аудитом. Одним із прикладів застосування у галузі екології є використання екологічних стандартів для порівняння та визначення стану конкретних об'єктів. [71].

КІТ «Поліедр» забезпечує інноваційне технологічне рішення побудови корпоративних інформаційно–аналітичних систем від багатофакторного аналізу інформаційних ресурсів до онтологічної системи колективного прийняття рішень і управління знаннями. Одним з основних принципів КІТ «Поліедр» є так звана «Ситуаційна обізнаність», що забезпечує надання

користувачам необхідної інформації, що стосується напрямів їх діяльності і є достатньою для прийняття ефективного рішення.

Для досягнення цілей трансдисциплінарної взаємодії, комплекс інформаційних технологій КІТ «Поліедр» імплементує використання ключових категорій, таких як термінополе та таксономії, які відіграють фундаментальну роль у реалізації та підтримці, відповідно до зазначеного у джерелах [72]. Термінополе визначається як набір термінологічних визначень та їхніх назв, що формують окрему предметну область. З іншого боку, таксономії представляють собою набори термінополів, пов'язані концептуальними визначеннями та організовані у вигляді ієрархій. У рамках КІТ «Поліедр» таксономії використовуються для створення інтерактивних баз знань. Крім того, таксономії залучаються для деталізованого опису інформації та даних, у тому числі семантичних, забезпечуючи контекстуалізацію та однозначне сприйняття термінів. Однією з методик створення таксономій є автоматизована обробка текстів. Загальна процедура обробки текстів та формування термінополів на базі таксономій представлена на Рис. 1.8

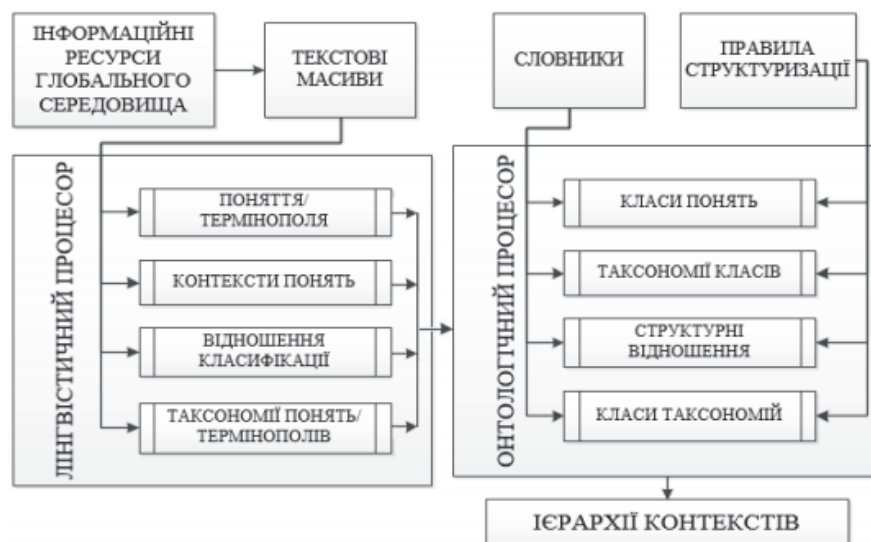


Рис. 1.8 Загальна схема обробки текстів та утворення термінополів на основі таксономій

1.8. Оцінка потенціалу використання класичних віртуальних лабораторій та онтологічної реалізації

Для виконання задачі багатокритеріального порівняльного аналізу описаних віртуальних лабораторій згідно з встановленими критеріями, буде задіяно інструментарій КІТ «Поліедр» та систему ТМІАС – Трансдисциплінарну мережеву інформаційно–аналітичну систему. Їх інтерактивні сервіси надають підтримку у процесі аналізу та візуалізації його результатів.

Кожен критерій оцінюватиметься за допомогою кількісної шкали, визначеної наступним чином:

Забезпечення трансдисциплінарності:

0–3 бали: віртуальні лабораторії обмежені однією дисципліною.

4–7 балів: лабораторії охоплюють кілька дисциплін, які не мають міждисциплінарного зв'язку.

8–10 балів: об'єкти вивчення представлені з точки зору різних дисциплін.

Насиченість контентом:

0–3 бали: до 10 лабораторних робіт.

4–7 балів: до 100 лабораторних робіт.

8–10 балів: понад 100 лабораторних робіт.

Наявність семантичних зв'язків:

0–3 бали: відсутність.

4–7 балів: семантика окремих слів (ключові слова, хештеги).

8–10 балів: контекстна семантика.

Індексація контенту:

0 балів: відсутність індексації.

10 балів: наявність індексації.

Якість візуалізації:

0 балів: відсутність мультимедійного матеріалу.

1–3 бали: мультимедійний матеріал низької якості.

3–6 бали: достатня кількість якісного мультимедійного матеріалу.

10 балів: мультимедійний матеріал високої якості.

Ергономічність інтерфейсу:

0–3 бали: інтерфейс вимагає спеціальних знань.

4–7 балів: інтерфейс викликає труднощі у користувача.

8–10 балів: інтуїтивно зрозумілий інтерфейс.

Якість адаптації до українського споживача:

0 балів – іншомовний інтерфейс.

10 балів – україномовний інтерфейс.

Відсутність реклами:

0 балів – наявність реклами.

10 балів – відсутність реклами.

Аналіз здійснювався шляхом внесення рівності критеріїв важливості та встановлено, що ІТ-платформа КІТ «Поліедр» відповідає більшості критеріїв краще, ніж інші віртуальні лабораторії. Інтерфейс визначення важливості критеріїв багатокритеріального аналізу віртуальних лабораторій представлено на Рис. 1.9. Результати багатокритеріального аналізу віртуальних лабораторій засобами ТМІАС представлено на Рис. 1.10.

Вибір	Ім'я	Ваг. Коеф.	Опт (max/min)	Способи задання вагових коефіцієнтів		
				Бальна шкала (10)	Лінгвістична шкала	Ранжування
<input checked="" type="checkbox"/>	Забезпечення трансдисциплінарності	0.125	max	5	Середня важливість	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Насиченість контентом	0.125	max	5	Середня важливість	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Наявність семантичних зв'язків	0.125	max	5	Середня важливість	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Індексація контенту	0.125	max	5	Середня важливість	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Якість візуалізації	0.125	max	5	Середня важливість	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Ергономічність інтерфейсу	0.125	max	5	Середня важливість	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Якість адаптації до українського споживача	0.125	max	5	Середня важливість	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Відсутність реклами	0.125	max	5	Середня важливість	1
8/8	Система переваг			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 1.9 Інтерфейс визначення важливості критеріїв багатокритеріального аналізу віртуальних лабораторій

#	Елементи	Значення	Критерії							
			Забезпечення трансдисциплінарності	Наявність контентом	Наявність семантичних зв'язків	Індексація контенту	Якість візуалізації	Ергономічність інтерфейсу	Якість адаптації до українського споживача	Відсутність реклами
1	КІТ "Поліедр"	0.9	9	8	10	10	8	7	10	10
2	Wolfram Demonstrations Project	0.594	10	10	0	5	8	7	0	10
3	PhET	0.552	10	10	0	0	10	10	0	10
4	The ChemCollective	0.516	4	8	0	5	8	5	0	10
5	STAR	0.438	4	8	0	0	7	5	0	10
6	Algado	0.415	3	6	0	0	9	4	0	10
7	Teachmen.ru	0.346	4	4	0	0	3	3	0	10
8	VirtuLab	0.302	7	4	0	0	5	4	0	0

Рис. 1.10 Результати багатокритеріального аналізу віртуальних лабораторій

Провівши аналіз світових віртуальних лабораторій встановлено наступні закономірності:

1. Пошук та індексація робіт у більшості віртуальних лабораторіях реалізовано на низькому рівні. Лабораторія, що нараховує значну кількість матеріалу та не має відповідно налаштованого пошукового інструменту не цінує час користувача, який нею користується.

2. Україномовний інтерфейс реалізований тільки у системі КІТ «Поліедр».

3. Якість контенту у деяких лабораторіях не відповідає тематиці навчальних програм, а в деяких випадках несе тільки розважальну складову. Тому, фільтрація контенту дуже важлива.

1.9. Висновки за розділом I

У першому розділі дисертації проведено порівняльний аналіз систем, на яких побудовано віртуальні лабораторії. Встановлено важлива роль інформатизації в освітньому процесі, зокрема через використання цифрових лабораторій і віртуальних освітніх центрів.

Виявлено необхідність постійного оновлення навчального цифрового контенту відповідно до швидких змін в освітніх програмах. Наголошується на важливості включення когнітивних послуг у освітній процес, що сприяє ефективній обробці великих обсягів інформації.

Встановлено, що забезпечення адаптивності навчання, яке враховує індивідуальний підхід до кожного учня. Визначено, що для досягнення цієї мети необхідне застосування сучасних підходів, здатних проводити когнітивну обробку даних та забезпечувати трансдисциплінарність. Онтологічний підхід виокремлюється як ключовий для структуризації знань, забезпечення адаптивності та трансдисциплінарності навчання.

Доведено необхідність розробки систем, які підтримують інформаційні процеси та керують освітнім процесом через консолідацію інформаційних ресурсів. Визначено та обґрунтовано онтологічну модель консолідованої взаємодії зі STEM-середовищем.

Результати досліджень першого розділу наведено в публікаціях [8, 15, 18]

РОЗДІЛ 2. ОНТОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ КОНСОЛІДОВАНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ЗІ STEM-СЕРЕДОВИЩЕМ

2.1. Базові поняття

Онтологічне представлення контенту розглядатимемо у форматі консолідованих різнотипних наративів, які в сукупності наділені ознаками аксіоматичної повноти, тематичної цілісності, часткової несуперечності та можуть складати консолідовану пасивну систему знань за тематикою дисциплін STEM. Це сприятиме їх семантичному аналізу переведення у онтологічний формат ефективного застосування при вирішенні навчально-дослідницьких завдань в STEM-середовищі [3, 73, 74].

В літературі STEM-освіта характеризується наступними поняттями, що її характеризують [75], а саме:

STEM-освіта (одна з форм наукової освіти) – цілеспрямоване формування у учнів ціннісної картини світу на засадах виявлення, дослідження та інтерпретації ними властивостей STEM-дисциплін, а саме – основи наук, технології, інженерія, математика. Загально в основі наук розглядаються – фізика, хімія; в основі технологій – проведення експериментів; в основі інженерії – конструювання пристроїв включаючи експериментальні; у тематичному профілі математика розглядається розширений курс.

Картина світу – сукупність заснованих на світовідчутті, світосприйманні і світогляді, цілісних і системологічно визначених уявлень, знань і думок людських спільнот і окремої людини (мислячого суб'єкта) про світ (Землі) і світобудову (Всесвіту), а також про пізнавальні і творчі можливості індивіду, сенс життя і місце людини в ньому [76].

Наратив інформаційних ресурсів – обґрунтована інтерпретація неупорядкованої сукупності цифрових описів образів картини світу з певних позицій у вигляді довільного лінійного викладу фактів, подій та відповідних даних, що отримані з авторизованих джерел.

Онтологія – форма всеосяжної і детальної формалізації описів деякої області знань, які відображають образи картини світу за допомогою концептуальної схеми. Зазвичай така схема складається з ієрархічної структури понять (таксономії), що містить всі релевантні класи об'єктів, їх зв'язки і правила, прийняті в цій галузі знань. Під концептуальною схемою мається на увазі набір понять (концептів) та інформація про поняття (властивості, відношення, обмеження, аксіоми і правила використання понять, що необхідні для опису процесів вирішення задач). Фактично онтологія являє собою концептуально-понятійний каркас усіх без виключення наукових теорій.

Науково-методичне забезпечення навчального процесу – семантично зв'язна сукупність документів та наративів, які відповідають нормалізованим вимогам організації, забезпечення та реалізації освітнього процесу. Є системним компонентом категорії «спроможність навчального закладу».

Дискурс – когнітивно-комунікативний акт, який одночасно реалізує бачення реального світу та його уявлення, й за певними умовами активізує зв'язність між контекстами одного чи більш наративів.

Наративний дискурс – міжконтекстна зв'язність концептів онтологій наративів, яка виявляється на основі відповідності їх семантичних полів.

Дискурсивна невизначеність (умовно для наукової освіти) – відсутність понятійної основи для інтерпретації повної картини світу

Таксономія інформаційно-освітніх ресурсів – ієрархічне відображення семантичних співвідношень класифікації, систематики й номенклатури складноорганізованих систем, які відображають образи картини світу, що представлені у вигляді наративів, у яких описуються сукупності фактів, подій та відповідних даних, які отримано з авторизованих джерел

Трансдисциплінарність – прояв рефлексивності міжконтекстної зв'язності об'єктів і процесів, які визначені чи активні у різних предметних областях на основі спільних властивостей, що мають функціональну інтерпретацію.

Трансдисциплінарна освіта – організація інтегрованого використання в освіті описів образів картини світу на принципах забезпечення операціональності досліджень учнями навколишнього світу через функціональну взаємодію тематично різноманітних систем знань. Це забезпечує формування умов щодо змістовного наповнення освіти, як процесу прогресивних змін властивостей і якостей особистості, необхідною умовою якого є особливим чином організована її навчальна діяльність.

Компетентність – розуміння та вміння учнями інтерпретувати властивості процесів, які вони вивчають, згідно операціональності ціннісної картини світу.

Консолідація інформації – таксономічне різноманіття інформаційних ресурсів, що утворюються концептами їх таксономій та мають стійкі міжконтексті зв'язки.

Якість освіти – сукупність властивостей освітнього процесу, реалізація яких створює умови виховання та формування знань й відповідних компетентностей у учнів та учнівської молоді, що забезпечують їх гармонійну самореалізацію згідно існуючих у суспільстві нормалізованих вимог та викликів, що проявляються, у процесі їх життєдіяльності.

В якості конструктиву трансдисциплінарного представлення освітніх ресурсів в STEM-освіті використовуватимемо механізми онтологічного інжинірингу [73, 77–80].

2.2 Онтологічне представлення контенту

Одним з основним освітніх ресурсів являються наративи (далі освітні наративи (ОсНр)), зміст яких розкриває тематики навчально-дослідницьких робіт у форматах наукових монографій, методичних рекомендацій, описів лабораторних робіт та експериментів тощо. Саме їх зміст визначає той контент, який учень повинен засвоїти, й саме для чого виконати певні дії.

Для імплементації змісту освітніх наративів в науково-освітню діяльність учня в віртуальному (цифровому) середовищі його слід представити у онтологічному форматі.

Згідно робіт [66, 73, 75, 81, 82] онтологія представима у наступному форматі:

$$O_t = \langle X, R, F, A, D, R_S \rangle \quad (2.1)$$

де X – множина концептів заданої предметної області (ПдО);

R – кінцева множина семантично значущих відношень між концептами;

F – кінцева множина функцій інтерпретації, заданих на відношеннях;

A – скінченна множина аксіом, які використовуються для запису завжди істинних висловлювань в термінах концептів;

D – множина додаткових визначень концептів;

R_S – множина обмежень, що визначають область дії понятійних структур сформованих із концептів на основі аксіом.

Визначення (2.1) дозволяє визначити операціональні правила використання освітніх наративів в навчальному процесі, як формат взаємодії учня з їх концептами. Більш того, представлення $OсНр$ в форматі онтології визначає залежність навчально-дослідницьких дій учня від аксіоматики наукових дисциплін, які він вивчає в STEM-середовищ. Наслідком цього є реалізація учнем в процесі виконання навчально-дослідницьких робіт функціональних інтерпретацій властивостей концептів STEM-дисциплін. При чому при їх виконання в його свідомості формується певний образ відповідних $OсНр$, які включають змістовні лінгвістичні конструкти: твердження, висловлювання, висновки, умовиводи тощо.

Фактично учень у своїй свідомості, в процесі виконання навчально-дослідницьких дій, формує цілі множини правил, які можуть бути представлені у форматі пропозиційних формул. Саме ці правила й є

інтерпретаціями тверджень, висловлювань, висновків, умовиводів, які він вивчає в освітніх наративах та формує у своєї свідомості.

Тобто кожна онтологія освітнього наративу може мати атрибути, які відображають аксіоматичні положення, що викладаються в ОсНр й також функціональні, які визначають операціональність навчально-дослідницьких дій учня в STEM-середовищі. Функціональні атрибути онтологій ОсНр можуть бути представлені у форматі тавтологій, які завжди істинні, та предикатах, які визначають взаємовідносини концептів змісту ОсНр за тематиками, що вивчаються й приймають значення «ІСТИННЕ» чи «ХИБНЕ», тобто є дихотомічними. Аксіоматичні атрибути завжди є тавтологіями [83, 84].

Вказані функціональні атрибути мають лексикографічний формат, тобто можуть бути певними реченнями, які складаються з концептів онтологій ОсНр. Ці речення включають певні послідовності символів (елементи кінцевого алфавіту), які мають скінчену довжину (ПССД). Такі ж атрибути-речення можуть визначати й концепти онтологій. Їх ми будемо називати контекстами концептів. Зрозуміло, що контент ОсНр складають такі атрибути-речення. При чому ці контексти можуть бути представлені у форматі пропозиційних змінних у предикатному виразі. Й вони також можуть приймати значення «ІСТИННЕ» чи «ХИБНЕ», що свідчить щодо їх дихотомічної природі.

Таким чином вираз (2.1) фактично в узагальненому форматі відображає структуру та смисл контекстів ОсНр. Властивості концептів та відношення між ними, які визначаються онтологічною системою (2.1) характеризують операціональність контекстів ОсНр [73, 85–89]. Зазначена операціональність визначає усі можливі навчально-дослідницькі дії учнів в STEM-середовищі [73, 90]. Цей операціональний простір учня носить замкнуто-відкритий характер. Замкнутість визначає, що усі концепти відповідних ОсНр вже зв'язані між собою. А його відкритість будується на засадах інкапсуляції додаткових концептів, які мають властивості вже визначених концептів, але

можуть мати й ще додаткові. Головне тут, що спільні властивості забезпечують зв'язність між вже визначеними в ОсНр концептами й концептами нового ОсНр. Більш того новий ОсНр, якщо він спроможен бути інкапсульованим до STEM-середовища, додає до нього новітні властивості концептів. Необхідною умовою цього є їх міжконтекстна зв'язність.

Це розширює спектр концептів операціональності учня, й задає вектор засвоювання ним, на основі навчально-дослідницьких дій, аксіоматичних, функціональних, концептуальних положень конкретного STEM-предмета. Але це засвоювання реалізується на засадах функціональної інтерпретації властивостей понять, що визначають зміст ОсНр [14].

Як визначено у розділі 2.1., онтологія відображає концептуальну схему теорії, при чому ця схема може бути представлена множиною станів взаємодії концептів цієї теорії, над якими як елементами цієї множини задається певне відношення множинної впорядкованості. Ця впорядкованість задає послідовність викладення в ОсНр контекстів, які описують властивості та функціональність концептів теорії, як складових понятійної системи. [84, 90].

Для забезпечення взаємодії учня з множиною ОсНр, важливу роль відіграє експліцитність концептуальних схем теорії що вивчається. При цьому онтологія цю концептуальну схему спроможна представити у форматі певного числення, аксіоматика якого задається формальними визначеннями. Тоді представлення теорії, яка відображається у онтологічному форматі онтологія, може бути реалізоване на засадах певної системологізації у форматі тверджень, висловлювань, логікових та функціональних виразів тощо, які включають до себе чи визначають як аргументи концепти ОсНр даної теорії. [74, 91].

Формат ОсНр згідно робіт [73, 92–94] можна представити у наступному вигляді:

$$O_{nr} = \langle X(K), p \rangle \quad (2.2)$$

де O_{nr} – $OсНр$ з множиною контекстних описів K (описи) концептів теорії X , P – відношення впорядкування контекстів, яке визначає умови існування концептів X в тексті та послідовність викладання їх контекстів K .

Тобто система O_{nr} є формальним представленням наративу, що визначається як впорядковане відображення контекстних описів фактів, процесів і їх властивостей певної теорії [73, 92–94].

Формат представлення $OсНр$ у вигляді формули (2.2.) можна вважати як онтологію, аксіоматика якої визначається одним відношенням впорядкування, для текстів відношенням строгого порядку. Це відношення інтерпретується функціональним правилом послідовного переходу від контексту одного концепту (формула (2.2) $X(K)$ до контекстного опису іншого концепту. Фактично O_{nr} , що представлено у форматі формули (2.2) являє собою пасивну систему знань за визначеною в $OсНр$ теорією. Під пасивною системою знань далі будьмо розуміти відсутність заданих над нею інтерактивних функцій взаємодії. Більш того формат системи виду (2.2) представлення $OсНр$ не включає до себе гіпервластивості консолідації із контекстами інших $OсНр$, які необхідні для реалізації взаємодії користувача з цими контекстами.

Певна непорожня множина таких наративів утворює пасивну трансдисциплінарну систему знань у вигляді сукупності різнотематичних текстів [38, 73, 97–102, 86–89, 91, 92, 95, 96]. Їх зв'язування між собою та утворювання на їх основі певних новітніх текстів, реалізується на засадах трансдисциплінарності. При розгляді систем виду (2.2) можемо встановлювати тільки міжконтекстні зв'язки строго впорядкування, тобто утворювати кінцеві строгі послідовності виду:

$$\langle X_i(K_j) | i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m} \rangle \quad (2.3)$$

Вираз (2.3) інтерпретує пасивну інтеграцію контекстів наративів виду (2.2) у форматі послідовного їх розміщення. Для його перетворення на інтерактивну форму виду (2.1) необхідно визначити умови трансдисциплінарної

операціональності [38, 73, 101, 102, 91, 92, 95–100]: оброблення, комунікація та вибір [38, 73, 89, 103, 104].

Тобто кожен ОсНр відображає за своїм змістом деяку множину тематичних знань, що представляється у форматі послідовності лінгвістичних виразів [91], а саме: висловлювання, судження, висновки та твердження про визначення предметно-тематичних фактів теорії ОсНр. Над описами фактів, як контекстів концептів теорії ОсНр, задається певна множина відношень, що в онтології O_{nr} ОсНр визначається її аксіомами. Це забезпечує подання певної предметно-тематичної інформації з теорії ОсНр.

Зміст ОсНр представляє понятійну систему теорії, що вивчається учнем [80, 84]. Навчально-дослідницькі завдання, які характеризують освітню специфіку ОсНр, орієнтовні на формування предметно-тематичної компетенції учня. Умови її формування визначаються функціональною інтерпретацією учнем усієї понятійної системи теорії що вивчається на основі змісту ОсНр, яка включає усю аксіоматику теорії ОсНр, її функції, синтаксичні та морфологічні основи теорії, які складають зміст ОсНр. Ці умови є основою реалізації операціонального простору навчально-дослідницької діяльності учнів, функції якого забезпечують консолідовану взаємодію з різними ОсНр, на засадах виявлення зв'язності їх контекстів концептів, що визначено у навчально-дослідницьких завданнях.

Спроможність вказаної консолідації залежить від повноти представлення в ОсНр понятійної системи теорії, що вивчається учнем. Це є певною умовою компетентної консолідованої взаємодії учня вже з системними складниками STEM-середовища, операціональність якого формується на засадах онтологій ОсНр. Сама понятійна система теорії ОсНр являє собою знаннево та функціональне ядро операціональності навчально-дослідницької діяльності учня. Здатність консолідовано використовувати знаннево-функціональне ядро, що формується у будь-якого учня, визначає рівні його компетентності та освіченості.

Тому значущість відображення структурних та функціональних властивостей наративу в STEM-середовищі для пізнавальної операціональності учнів дуже висока.

Однак інформаційні процеси, що сьогодні визначають та розвиваються у освітніх середовищах висувають до функціональних властивостей онтологічної моделі O_{nr} ОсНр виду (2.2) певні вимоги що в першу чергу включають наявність функцій забезпечити інтерактивну і консолідовану взаємодію з учнем. Це можливе забезпечити на засадах використання сучасних ІТ-технологій, інструментальні засоби яких реалізують трансформацію ОсНр в інтерактивний формат, інтероперабельність його змісту з іншими ОсНр, консолідацію з системами активних та пасивних тематичних знань, що відображають теорію, яку вивчає учень.

Умови консолідації змісту ОсНр, що представим у форматі (2.2) онтологічної моделі O_{nr} з контекстами інших ОсНр, які інкапсульовані у STEM-середовище, реалізуються на засадах використання когнітивних функцій пошуку, категоризації, класифікації, структуризації, визначення критеріїв оцінювання, вибору та оптимізації, виявлення характеристик їх предметно-тематичної еквівалентності за змістом із іншими системами знань STEM-середовища. Тому між учнем та STEM-середовищем повинна бути консолідована взаємодія, яка реалізується у форматі наративного дискурсу [73, 74, 77, 78, 85, 105–107].

ОсНр, що представлено у форматі (2.2) онтології O_{nr} , фактично спроможен представити учню аксіоматику понятійної системи теорії, що він вивчає, й зміст якої описується певною множиною предметно-тематичних ОсНр. O_{nr} включає до своєї структури усю множину термінології та понять/концептів та відповідно виразам (2.1) і (2.2) їх властивості та міжконтекстні взаємозв'язки. Вказану множину термінології та понять/концептів визначають як термінополе ОсНр [93]. Термінополе визначає понятійну платформу консолідованої взаємодії учнів з

інформаційним забезпеченням STEM-середовища, яке включає онтологічні моделі формату O_{pr} множин $OсНр$.

Взаємозв'язки контекстів понять/концептів, що викладаються в $OсНр$, згідно формату онтологічного представлення (2.1) і (2.2) визначаються аксіоматичною множиною їх властивостей. Вони самі та їх функціональна інтерпретація згідно (2.1) і (2.2) визначаються впорядкованими контекстами понять/коцептів, які складають предметно-тематичний зміст множини $OсНр$, [94]. Вказані множини є технологічною основою формування теорії, яка вивчається учнем у форматі концептуальної схеми, що утворює умови реалізації онтологічної системи O_{pr} множини $OсНр$, які описують положення цієї теорії [93, 94].

Значущим фактором реалізації консолідованої взаємодії з різними $OсНр$ на основі їх онтологій виду O_{pr} , є певне обмеження щодо формування тверджень та висловлювань з їх концептів, яке визначається їх дихотомічністю.

Це можна представити у вигляді характеристичного предикату виду:

$$(\Pr(X_1, \dots, X_n) = 1) \Rightarrow \exists X_m(K_1) \subseteq \bigcup_1^n \bigcup_1^m X_i(K_j) : \forall x(K) \in X \exists Y \subseteq X : K = Y_{rx} \quad (2.4)$$

де X_n – прості концепти з визначеними контекстами K відповідного наративу, P – відношення строгого порядку над класами концептів $X_i \mid i = \overline{1, n}$, що утворюють конкретний наративний документ O_{pr} виду (2.2).

При нульовому значенні характеристичного предикату виду (2.4) відповідна пара Y_{rx} із концептів наративного опису не утворюється. Тому для подальшого використання онтологічного підходу до формування консолідованої інформації в процесі мережевої взаємодії необхідно виділити базовий конструктив, на який аксіоматичні обмеження не розповсюджуються.

2.2. Таксономія – понятійна основа взаємодії з освітніми STEM-нарративами

В якості конструктиву забезпечення взаємодії учнів зі STEM-середовищем, в основі якого лежить консолідація семантики його знань та семантики STEM-нарративів, найбільш ефективно використовувати категорію таксономії [73], що має переваги застосування:

таксономії визначають концептуальну структуру онтології [73];

вузли таксономій містять контекстні описи їх смислів, що дозволяє їх вважати концептами;

таксономії утворюються класами концептів, що характеризуються їх певними властивостями згідно визначення онтології (2.1);

над таксономією можуть бути задані певні гіпервідношення, кожне з яких включає до себе бінарні відношення між певними контекстами і концептами онтологічної системи.

Виділимо таксономію з формули (2.1). Довільна таксономія є орієнтованим графом без циклів і, згідно [73, 104], утворюється концептами, які ієрархічно взаємозв'язаними між собою. Тобто її визначає упорядкована пара виду:

$$T = \langle X, R_t \rangle \quad (2.5)$$

де T – таксономія, X – множина концептів, R_t – множина бінарних відношень між концептами таксономії T .

Як бачимо формула (2.5) може бути отримана із формули (2.1) на при умові виділення тільки множин властивостей концептів, що складають аксіоматику та функціональність предметної області з інформаційними ресурсами якої реалізується мережева взаємодія.

Проте на таксономічному рівні інформаційні ресурси, й особливе нарративи, представими певним різноманіттям у форматі гіпермножини таксономій, кожна з яких при формуванні онтології нарративу характеризується своїми множинами аксіом, які можуть відрізнитися. Аксіоматика онтологій

визначається на основі інтерпретації смислів контекстів, які визначають концепти наративів для яких формуються спочатку таксономії, а далі – онтології.

Контексти вузлів таксономій являють собою елементи певних знань. При умові що ці контексти зв'язані між собою певними відношеннями, то ми маємо на основі їх концептів певний фрагмент картини світу. Множину таксономічного різноманіття визначає гіпервластивість рефлексії, яка реалізує процедуру перетворення усіх таксономій самих на себе. Таке рефлексивне перетворення таксономії самої на себе, згідно праць [73, 104], характеризується як вербальне. Це слідує з факту, що вузли довільної таксономії утворюють конкретні висловлювання, які мають значення істинності.

Згідно роботи [72, 74, 106] різноманіття таксономій може бути представлено у форматі наступного виразу:

$$\check{T}_{Rt} = \{T_{Rt} \mid R_t = \langle\langle X_n(K_t^n), Y_m(K_t^m) \rangle\rangle\} \quad (2.6)$$

Вираз (2.6) визначає наступне: множина різноманіття таксономій \check{T} , як гіпермножина, утворюється усіма таксономіями T , які можуть бути проінтерпретовані як концепти-згортки, що мають бінарні зв'язки між собою й утворюють вкладені кортежі. Кожен такий концепт-згортка характеризується множиною контекстів виду – K_t^n . Тепер ми можемо стверджувати, що консолідація STEM-наративів, множина таксономічного різноманіття яких визначається гіпервластивістю рефлексії, утворюється в форматі наративного дискурсу на засадах гіпервідношень, що встановлюються між концептами цих таксономій. Тобто консолідація STEM-наративів являє собою вербально активну функцію. Ця функція є інтерпретацією гіпервідношення, яке задана над усіма контекстами вербально-активною функцією, яка реалізує інтерпретацію множини бінарних відношень

між усіма контекстами $OсНр$, які представляють смисли концептів, що утворюють зміст теорії що вивчається в STEM-середовищі.

Умови таксономічних перетворень STEM-наративів можна представити у форматі характеристичного предикату, описаного в публікаціях [73]:

$$\text{Pr}(x_1, \dots, x_n) = 0 \Rightarrow \exists T \subseteq \check{T} : \forall x \in X \exists Y \subseteq X : T = YGrx \quad (2.7)$$

де x_n – прості концепти таксономій T й відповідного різноманіття \check{T} , G – гіпервластивість класу концептів, що утворюють конкретну таксономію, у даному випадку – Y .

Згідно [73] вербально-активна рефлексія є передумовою існування вербально-активної рекурсії. Позначимо вербально-активну рефлексію через F_f .

$$(F_f : X \rightarrow X \rightarrow Y) \quad (2.8)$$

Для розкриття перетворення (2.8) скористаємося формулою, що визначена в роботах [72, 74, 106], й яка вираз (2.8) перетворює у рекурсивний формат виду:

$$F_f(X) = \begin{cases} F_f(X, \check{T}) \rightarrow \check{T} \\ T \\ XGx \end{cases} \quad (2.9)$$

Правила (2.5) – (2.9) описують процес консолідації усіх концептів певної множини $OсНр$, яка може бути представлена у вигляді множини різноманіття таксономій їх концептів із різних теорій, що вивчають учні. Більше того, фактично консолідація являє собою певну базу знань, яка об'єднує факти із різних теорій, а, отже, – різні мережеві $OсНр$.

Таким чином, ми консолідували всі концепти певної множини інформаційних ресурсів, яка може бути представлена у вигляді різноманіття \check{T} таксономій T концептів із різних предметних областей.

Розглядаючи категорію консолідації взаємодії, яку ми визначили у підрозділі 2.1, як таксономічне різноманіття інформаційних ресурсів, що

утворюються концептами їх таксономій та мають стійкі міжконтекстні зв'язки, визначим що її характеризують умови активного прояву вербально-активних рефлексії і рекурсії, які задані над таксономіями STEM-нарративів, що задіяні в навчальній взаємодії. Згідно [73], трансформація нарративів з використанням вербально-активних функцій рефлексії і рекурсії, перетворює їх у трансдисциплінарний формат. Тобто трансдисциплінарність є гіпервластивістю консолідованої взаємодії учнів зі STEM-нарративами. Її активація реалізується форматі когнітивно-комунікативного акту між відповідними STEM-нарративами та учнями.

2.3. Формування консолідованої взаємодії учнів з STEM-середовищем на основі нарративного дискурсу

Міжконтекстна зв'язність STEM-нарративів може бути визначена через поняття дискурсу. Дискурс реалізується на засадах вербально-активної рефлексії, яке забезпечує формування множини таксономічного різноманіття [86]. Технологічні умови його активації визначаються на засадах формування когнітивно-комунікативного формату взаємодії учня з ОсНр, на засадах якого активуються міжконтекстні зв'язки консолідованого використання вибраних STEM-нарративів та інтерпретацію концептів, які визначають їх семантичне поле [14, 73, 86, 88, 89].

Консолідація взаємодії учня зі STEM-середовищем можлива, якщо концепти STEM-нарративів системологічно визначені. Іншими словами, таксономічне різноманіття \tilde{T} , будується на основі повної класифікації концептів STEM-нарративів, забезпечує реалізацію гіперфункції семантичного аналізу, систематизації тощо. Згідно [80] можемо довільну таксономію виду (2.2) чи таксономічне різноманіття (2.3) довести до формату онтології виду (2.1). Це дозволяє нам визначити для консолідованої множини STEM-нарративів формат нарративного дискурсу [14, 73, 86, 88, 89]. Довільний STEM-нарратив, як пасивна система знань, змістовно складається з концептів різного

типу [108, 109]. При чому ці концепти мають певні функціональні властивості й утворюють досить складну структуру взаємозалежних відношень. Системи знань такого класу носять двоїстий характер – концепти, що її складають, мають певні логічні взаємозв'язки з одного боку, а деяка їх частина складає складні концепти і лінгвістичні конструкти (також концепти) з іншого боку, тобто маємо наявність лінгвістичної атрибутики [109]. Функціональність таких концептів відображається у вигляді символічно-числових формул і може бути представлена певними послідовностями обчислювальних операцій [84, 108]. Лінгвістичні структури цих концептів представляються у вигляді послідовності певних слів у вигляді речень, тверджень, висловлювань тощо [109].

Проте слід зазначити, що все, що стосується концептів, може бути представлене через поняття терму [109]. З цього слідує, що кожна ПССД, включаючи числа, а також їх представлення у вигляді формул, може бути розглянута як певне правило і представлена у вигляді терму. З цих формул-правил можна в подальшому утворювати певні лінгвістичні структури формального виду, які відображаються згідно визначеного для них синтаксису.

Далі розглядатимемо такі кінцеві послідовності символів, які мають множинний характер, тобто можуть об'єднуватися за певними ознаками у множини. Зокрема, ці множини можуть бути представлені у вигляді ієрархічно зв'язаних між собою класів. Кожен такий клас включає послідовності, які мають як мінімум одну спільну властивість [84, 108]. Такі класи ПССД з властивостями утворюють певну топологію, й тому вони можуть бути представлені у вигляді дерев [84, 103, 109]. Одним із видів таких дерев є зростаючі пірамідальні мережі (ЗПМ) [103, 104]. Їх привабливістю є спроможність автоматичного розбиття ПССД на відповідні класи на основі заданих властивостей.

Умова, що ПССД розбиваються на класи за певними властивостями, визначає їх як інтенціональні [108], тобто такі, що мають ознаки-сенси, які далі визначатимемо як контексти ПССД. Тоді ПССД, що мають визначений непорожній набір контекстів, визначатимемо як концепти й позначатимемо їх через змінні X, Y, Z , а класи, які вони утворюють великими літерами X, Y, Z тощо. Наявність у ПССД-концептів певних контекстів будемо представляти згідно нотації λ -числення (лямбда-числення), а саме – $X[]$ [84]. Скобка $[]$ має назву «дірки контексту». Зрозуміло, що наявність дірки визначає, що концепти не мають зв'язності. Як тільки ми визначаємо терм, який може заповнити дірку, ми отримуємо зв'язні терми ПССД. Тоді усі класи, що утворюються ПССД-концептами, є екстенціональними. Властивості ПССД-концептів визначатимемо літерою r , а множинність властивостей через R .

Ієрархічні структури, що утворюються із ПССД у вигляді ЗПМ, являють собою помічені дерева. Їх мітками є ПССД-концепти, що є іменами класів, й ПССД-концепти, які не є екстенціональними, тобто мають тільки одне смислове значення. ПССД-концепти, які мають тільки одне значення, не можуть бути редуковані, тобто розбиті на більш прості концепти. Такі ПССД-концепти далі визначатимемо як термінальні [103, 104].

Усі ПССД-концепти утворюють певну множину імен Σ , які є мітками усіх вузлів ЗПМ. За таких умов ЗПМ унівалентна множині дерев Беба [84, 108, 109]. топологію взаємодії множин ПССД-концептів можна представити як множину Σ -помічених дерев, що утворюються вузлами ЗПМ з множин концептів певних STEM-нарративів .

$$\Sigma = \{X_i \mid i \in \langle 1, \dots, n \rangle, a_j \mid j \in \langle 1, \dots, m \rangle\} \quad (2.10)$$

де X_i – клас концептів, a_j – термінальний вузол (не екстенціональний ПССД-концепт).

ЗПМ може бути побудована на засадах визначення множини властивостей $\{R_l \mid l \in \langle 1, \dots, k \rangle\}$, що реалізують розбиття усіх ПССД-концептів на класи та

визначають відношення між концептами STEM-нарративу. Згідно праць [38, 103, 104] кожна ЗПМ є таксономією.

Виходячи з умови, що довільна за типом ПССД є термом, можна стверджувати, що всі імена ПССД-концептів можуть утворювати множину λ -термів, яка може бути представлена в нотації лямбда-числення. Це дає можливість розглядати усі ПССД-концепти та їх значення номінально. Ця умова виконується на основі того, що усі ПССД-концепти, що представлені у виразі (2.10), не зв'язані між собою відношенням строгого впорядкування. Більше того, коли переходимо до ЗПМ, в ній завжди можна виділити множини ПССД-концептів, які також не зв'язані відношенням строгого впорядкування.

Зазначимо також ще одну конструктивну властивість ЗПМ. Вузли, які мають між собою ієрархічну зв'язність, можуть утворювати висловлювання, істинність яких представима. Таким чином, на основі побудови ЗПМ з ПССД-концептів формується певна система знань в термінах λ -термів. Її інформаційну базу складають певні лінгвістичні структури, що формуються із ПССД-концептів, які є термами. Необхідні для обчислювань значення цих термів визначаються в процесі приписування їм відповідних контекстів. Цей процес носить інтерактивний характер. Згідно [84] кожен терм, що представляє певний ПССД-концепт, може бути представлений у вигляді дерева Бема виду (2.10). Тоді можна стверджувати наступне: існує певна метапроцедура, яка всю сукупність лінгвістичних конструктів може перетворити на ЗПМ, що є композицією дерев Бема, яка, в свою чергу, є також композицією множини λ -термів, що утворена ПССД-концептами тієї ж ЗПМ. Тому кожна інтерактивна база знань, що утворюється на основі перетворення STEM-нарративів в онтологічний формат може бути проінтерпретована певною послідовністю λ -термів може бути представлена у вигляді певної інтерактивної бази знань (ІБЗ).

Зрозуміло, що й функціональні концепти, й лінгвістичні структури, що складають інтерактивну систему знань STEM-середовища, які

представляється у вигляді множини λ -термів, зв'язані між собою певними відношеннями. Це також характеризує та визначає їх логіко-функціональну зв'язність між собою. Тому найбільш ефективно для подальшого розгляду довільної ІБЗ, як системної компоненти STEM-середовища, представляти її в агрегованому виді, що реалізується у вигляді класу логіко-лінгвістичних моделей (ЛЛМ). Такий клас моделей реалізується на засадах предикативного представлення інформаційних структур довільного типу [110, 111]. Це дозволяє розглядати їх сукупно у довільній послідовності без визначення відношень строго та не строго порядку. Також всі об'єкти ЛЛМ мають безтиповий характер. Вказана безтиповість забезпечує визначення процедур, які спроможні сумісно обробляти складну структуру даних, що складають інформаційні бази інтерактивних систем знань. Тоді сукупність таких даних визначатимемо як окремий клас безтипових даних, що дозволяє інтерпретувати їх як номінальні [84, 103]. Предикативність лінгвістичних конструктів ІБЗ, як композиції дерев Бема, визначає характер формування висловлювань з вузлів цих дерев.

Проте процес формування ЛЛМ реалізується на основі визначення над певними множинами λ -термів відношення порядку, що призводить до втрати номінальності їх термів. Це надає обчисленню контекстних значень термів смисловий характер й, тим самим, реалізує інтерактивний акт взаємодії з інформаційною базою.

Таксономії згідно [73, 89] мають корисну властивість: вони є поміченими деревами, в якості міток в яких виступають імена концептів. Вважатимемо, що усі концепти утворюють певну множину імен Σ , які є мітками усіх вузлів таксономії T й таксономічного різноманіття \check{T} . За таких умов довільна таксономія виду T чи таксономічне різноманіття \check{T} унівалентні множині дерев Бема [84, 89]. Тобто топологію взаємодії множин концептів таксономій, можна представити як множину Σ -помічених дерев, що утворюються її вузлами.

Як вже йшлося вище, після визначення класів властивостей R_1, R_2, \dots, R_m , що реалізують розбиття усіх концептів із множин X_1, X_2, \dots, X_n виразу (2.7) на ієрархічні класи, та відношень між концептами, отримаємо відповідну таксономію у вигляді композиції дерев Бема. Дерево Бема може бути представлено через характеристичний предикат (2.4) у вигляді семантичної згортки::

$$\Sigma = XGx_i \quad (2.11)$$

При чому циклічне індуктивне використання характеристичного предикату (2.4) представляє ієрархічно зростаючу композицію дерев Бема в наступному форматі:

$$\Sigma = \check{T}GXGx_i \quad (2.12)$$

Слід зазначити, що однією зі складових, що визначають гіпервідношення G , є відношення часткового порядку.

Вирази (2.7) – (2.9) та (2.12) відображають узагальнену метапроцедуру реалізації консолідованої взаємодії зі STEM-наративами на основі рекурсії (2.9).

Формалізуємо інтерпретацію поняття концепт. Згідно [84, 89] кожен концепт довільної таксономії визначається як терм. Це утворює умови щодо представлення процесу формування таксономій STEM-наративів з використанням множин λ -термів, що визначаються [84]. Послідовність множин λ -термів інтерпретує смислове значення їх контекстів. Це дозволяє визначити умови консолідованої взаємодії зі STEM-наративами.

Це означає, що множину класів термів-концептів і простих концептів можна перетворити на формат λ -термів. В свою чергу, множину λ -термів також можна перетворити на формат таксономічного різноманіття \check{T} , а далі – на формат дерев Бема Σ , й навпаки, представити у форматі виду (2.13).

$$\{X_i | i \in \overline{1, n}\rangle, a_j | j \in \overline{1, m}\rangle\} \rightarrow \lambda \rightarrow \check{T} \rightarrow \Sigma = \{X_i | i \in \overline{1, n}\rangle, a_j | j \in \overline{1, m}\rangle\} \quad (2.13)$$

В процесі перетворення згідно виразу (2.13) необхідно кожен концепт означити певним контекстом $[\cdot]$. Якщо первинна таксономія T визначається тільки іменами концептів, то в процесі її перетворення на дерева Бема реалізується формування таксономічного різноманіття \check{T} з контекстним визначенням кожного концепту:

$$\{X_i [\] \mid i \in \langle \overrightarrow{1, n} \rangle\} \rightarrow \{X_i [A_j], X_n [A_v, A_p] \mid i \in \langle \overrightarrow{1, n} \rangle \mid j \in \langle \overrightarrow{1, m} \rangle \mid v \in \langle \overrightarrow{1, k} \rangle \mid p \in \langle \overrightarrow{1, l} \rangle\} \rightarrow \check{T} \quad (2.14)$$

A_j, A_v, A_p – лінгвістичні константні значення контекстних смислів концептів STEM-нарративів.

Отже, можемо розглядати довільну таксономію з вузлами-концептами, які мають контекстні значення. На її основі можна побудувати відповідне дерево Бема. Перетворення таксономічного різноманіття \check{T} чи його довільної складової T на формат дерева Бема реалізується наступним чином:

визначається довільний концепт, що має визначений контекст типу $x[a]$, де a – константа, яка являє собою певне ПССД (літера, число, лексема, певна фраза, речення та частково упорядкована множина речень тощо);

всі ПССД далі визначаються як терми;

з усієї множини (ПССД) термів виділяється одна послідовність символів, яка складає певне слово, що є концептом \check{T} , який неможливо редукувати. Такий терм визначається як найменший у \check{T} (первинний) й позначається символом \perp ;

визначаються інші терми, які входять до вибраної множини (ПССД) термів, що визначають усі контексти \check{T} ;

над множиною вибраних (ПССД) термів визначається відношення часткового порядку – \tilde{P} ;

всі вибрані (ПССД) терми визначаються як відповідні λ -терми;

на основі визначення над множиною вибраних λ -термів відношення часткового порядку \tilde{P} формується дерево Бема в форматі виду (2.15) [88, 106]:

$$\Sigma = \{\perp\} \cup \{\lambda x_1, \lambda x_2, \dots, \lambda x_n, \lambda a_1, \lambda a_2, \dots, \lambda a_m\} \quad (2.15)$$

\perp – найменший елемент із усіх значень контекстів концептів/вузлів таксономії.

Введення найменшого значення контексту і визначення самих контекстів визначає відношення часткового порядку над множиною λ -термів, й, тим самим, створює умови формування таксономічного різноманіття \tilde{T} , як технологічної основи консолідованої взаємодії. Тоді можна зробити наступний висновок: умовою реалізації консолідованої взаємодії учня зі STEM-нарративом є утворення таксономій, які мають непорожню множину зв'язаних між собою контекстів виду (2.14), на основі яких терми-концепти, що визначаються цими контекстами, утворюють непорожню множину істинних висловлювань.

Всі конструкти онтології, що утворюється на основі таксономічного різноманіття \tilde{T} , а саме: висловлювання, ланцюги вузлів \tilde{T} , логічні формули, є певними термами. Лінгвістичні конструкти з термів мають безтипове представлення й можуть також мати пропозиційний характер, що визначає номінальність їх концептів, які інтерпретуються формулами в нотації алгебри висловлювань. Більше того, пропозиційні змінні у форматі лямбда-числення, що визначають семантику кожного концепту отологічної моделі O_{ng} O_{cHr} , мають властивість дихотомічності. Тобто, кожне висловлювання, яке формується на основі концептів \tilde{T} характеризується одним з двох значень, тобто відповідає на довільні питання у форматі «ТАК» чи «НІ».

Для виразів (2.10) – (2.15) це означає, що вони значимі у випадку «ТАК», й можуть не враховуватися у випадку «НІ». Тобто за умови, що контексти \tilde{T} утворюють істинне висловлювання (2.13) – (2.15), формується онтологічна система у форматі представлення знань. Якщо виникає випадок «НІ», а це

значить, що істинні висловлювання не сформувалися, онтологія чи її фрагмент з вказаних \check{T} не реалізується. Тобто виникає питання які терми-концепти, що утворюють цю онтологію, є розв'язними, а які нерозв'язними.

Розв'язність термів-концептів визначається існуванням певної достовірності, що на питання чи належить концепт певному класу чи групі класів, завжди отримаємо відповідь «ТАК». Зрозуміло, що при включенні до \check{T} новітніх концептів, отримуватимемо відповіді не лише «ТАК», але й «НІ». Це визначає виникнення розв'язної умови консолідації інформаційних ресурсів, що використовуються. Фактично, згідно виразів (2.11) – (2.15), з термів можна сформувати новітні висловлювання, які, за умови їх істинності, визначають, що інформаційні ресурси, які змістовно містять ці терми-концепти, мають консолідовану взаємодію між контекстами. Це значно спрощує формування онтологічної системи, як формату представлення знань. Її основу можуть складати концепти, терми яких є розв'язними, а пропозиціональні вирази представляють істинні висловлювання в нотації відповідної алгебри, також висловлювання щодо їх належності до визначених класів об'єднаних таксономічних різноманіть є істинними.

Таким чином сформована на засадах використання таксономічного різноманіття \check{T} онтологія, спроможна забезпечити системологічне відображення всіх наративів, що складають інформаційну базу взаємодії учня в STEM-середовищі. Її системологічність наслідуються із системологічності первинних таксономій T , які індуктивно формують \check{T} . Це забезпечує повну й коректну інтерпретацію властивостей усіх термів-концептів, що її складають, і, як наслідок, реалізує вирішення задач класифікації концептів, що визначають новітні вузли \check{T} , діагностування станів усіх концептів на засадах формування логічних формул в нотації алгебри висловлювань. Також системологічність та дихотомічність пропозиційних виразів з концептів \check{T}

створюють умови формування новоутворених вузлів як \check{T} , так й відповідної тематичної онтології O_t (індекс t визначає тематичну спрямованість).

2.4. Онтологічний формат взаємодії зі STEM-нарративами

На основі універсальності певних властивостей онтологічних систем [73, 80, 85, 92, 96, 104] можна зробити наступний висновок: семантичні конструкції, які представлено у форматі онтологічної моделі виду (2.1) та (2.2) $O_{nr} \text{ } O_{sNr}$, можуть бути інтерпретовані у форматі певної множини висловлювань, тверджень, висновків і умовиводів тощо, які згідно аксіоматики $O_{nr} \text{ } O_{sNr}$, мають значення істинності. Більш того, їх завжди можна тривіально представити у форматі зв'язаних певним відношенням двох концептів. Це реалізується на засадах рекурсивності, що визначається аксіомами онтологічної системи $O_{nr} \text{ } O_{sNr}$, при чому ця рекурсивність активує редукцію відносно кожного складного концепту цієї онтології. Тобто довільну лінгвістичну конструкцію, що описує концепти $O_{nr} \text{ } O_{sNr}$ можна представити у форматі композицій тривіальних висловлювань.

Гіпервластивість рефлексивності [84, 90], яка спроможна реалізувати відображення онтології виду (2.1) і (2.2) $O_{nr} \text{ } O_{sNr}$ самої на себе, забезпечує формулювання контекстів її концептів у форматі лінгвістичних конструкцій, які завжди істинні, й можуть бути представлені у різних форматах їх формалізації. Тут мається на увазі що при вирішенні конкретного навчально-дослідницького завдання в STEM-середовищі, реалізуються когнітивні операції типу: семантичний аналіз вихідних концептів, визначення аксіом і правил-теорем, які можуть бути застосовані до них, відображення кожного проміжного стану процесу розв'язування навчально-дослідницького завдання тощо. Кожен крок її розв'язування представим у форматі змістовних лінгвістичних конструктів: твердження, висловлювання, висновки, умовиводи тощо, над концептами яких згідно (2.1) визначено конкретні інтерпретуючи

функції-дії, термінополе яких складає семантику теорії, яку вивчає учень в STEM-середовищі [80, 84].

Лінгвістичні конструкції, терміни та концептографічна структура яких відображають множину станів розв'язування навчально-дослідницьких завдань в STEM-середовищі, задачі, можуть бути представлені природно-мовною термінологією, у форматі предикатних формул та рівнянь різних числень тощо. Множина онтологічних систем виду O_{pr} $O_{сНр}$, концептографічна структура якої спроможна формувати когнітивно-комунікаційні сценарії взаємодії учнів зі STEM-середовищем, забезпечує підтримку процесу розв'язання навчально-дослідницьких завдань на засадах виявлення та визначення взаємозв'язності лінгвістичних конструкцій, які можуть бути представлені у форматі висловлювань, тверджень, умовиводів тощо. Це визначає множину конкретних станів взаємодії учня з множиною $O_{сНр}$, що інкапсульовані у STEM-середовище.

Визначимо поняття взаємодії між компонентами онтологічної системи чи онтологічних систем. Під взаємодією розумітимемо будь-яке непорожнє твердження, яке пов'язує конкретною дією контексти конкретних концептів, які можуть належати як однієї так й непустої множині онтологій. Під дією розумітимемо будь-яке перетворення, пов'язане з концептами онтологій/онтологій, які забезпечують консолідовану взаємодію учнів зі STEM-наративами. Прикладом може бути встановлення істинності висловлювання, побудованого з концептів однієї чи декількох онтологій виду (2.1) та (2.2), визначення типу відношень між ними, доказ істинності твердження та умовиводу які на основі них сформульовані.

Розглянемо більш детально процес взаємодії. Категорія взаємодія включає певну множину послідовних дій, що для STEM-середовища, передбачає використання у формуванні навчально-дослідницького стану, як мінімум двох концептів онтології, де над кожним з них визначено інтерпретуючу функцію.

Прикладом впливів концептів один на одного можуть бути предикати, препозиційні вирази, тривіальні твердження тощо.

Повернемося до розгляду таксономічного різноманіття таксономій \check{T} наративних документів виду (2.2).

Згідно виразів (2.10) – (2.15) та (2.17), (2.18), концепти з \check{T} утворюють помічені вершини дерев Бема Σ . Ці дерева мають властивість рефлексивності, тобто справедливим є вираз:

$$\varphi(\Sigma) \rightarrow \Sigma \quad (2.16)$$

де φ – рефлексивне відображення Σ самого на себе, де всі терми мають визначення тобто, послідовність множин λ -термів може мати функціональне вираження при чому контексти для всіх термів-концептів, що визначають вузли дерев Σ визначені. У цьому випадку, множина λ -термів включає певні функціональні вирази, які реалізують встановлення міжконтекстної зв'язності наративних документів виду (2.2).

Вираз (2.16) є розв'язним, тобто характеристичний предикат виду (2.7) визначає наявність істинних тверджень і висловлювань на основі лінгвістичних композицій із термів-концептів, що визначають вузли як множини \check{T} , так і множини Σ . Тоді дерево взаємозв'язності, яке відображає міжконтекстну зв'язність та будується на основі відношень між концептами ЗПМ, являє собою композицію дерев Бема виду (2.10) – (2.15), й може бути перетворено на пропозиційний вираз, елементарні вирази якого, в рамках умов конкретної задачі, приймають значення «істинна» або «заперечення». Обчислення цих значень реалізується на основі визначення ступеню належності атрибутів нових концептів ознаковим описам, що складають контексти концептів наративного документу.

Вирази (2.11) – (2.16) визначають також системологічну стійкість новітніх концептів \check{T} , яка виражається в утворенні на їх основі істинних висловлювань. Тобто терми, які визначаються концептами, що утворили ці висловлювання, є

розв'язними. Це визначається на основі процедури розбивки множини λ -термів, яка складається із характерних за властивостями значеннями контекстів концептів \tilde{T} в конкретному стані. Ці процедури також враховують розподіл концептів по різних класах, за рахунок чого підвищуються їх класифікаційні ознаки в Σ , та, як наслідок, системологічна точність [73, 89]. Іншим наслідком є формування з використанням новітніх термів-концептів, які включаються до дерев Бема Σ виду (2.10) – (2.15), більш ефективних пропозиційних виразів, які унівалентні дереву взаємозв'язності, та, як наслідок, визначають більш стійкі системологічні правила. Ця умова може бути представлена у вигляді рефлексивного відображення (2.16) у наступному форматі:

$$\varphi(\Sigma) \rightarrow \text{BT}(M) = \{\perp\} \cup \{\lambda_{x_1}, \lambda_{x_2}, \dots, \lambda_{x_n}, \lambda_{a_1}, \lambda_{a_2}, \dots, \lambda_{a_m}\} \quad (2.17)$$

де $\text{BT}(M)$, згідно [84] помічене дерево, M – терм, який має розв'язність, тобто усі твердження і висловлювання, що формуються з його ПССД-концептів істинні. Терми $\lambda_{x_n}, \lambda_{a_m}$ є складними й визначають ці висловлювання на контекстах концептів X чи констант a .

Таким чином, консолідацію взаємодії учня з множиною STEM-нарративів можна представити у вигляді рефлексивного перетворення усіх термів-концептів, контексти яких визначають змістовність мережевих нарративних документів. Це перетворення реалізує представлення множини усього таксономічного різноманіття \tilde{T} у форматі інтерактивної системи знань та реалізується на засадах формування композицій дерев Бема Σ (2.10) – (2.15) в процесі оброблення нарративних текстів. Ці дерева визначаються високою стійкістю системологічних ознак концептів \tilde{T} та їх відношень. Це забезпечується наступною процедурною інтерпретацією властивостей самих \tilde{T} , як певних об'єктів складної ієрархічної структури. Її складають наступні етапи:

Визначення виразів у форматі пропозиційних формул за правилами нотації алгебри висловлювань, які визначають класи концептів із таксономічного різноманіття \check{T} на основі дихотомії тверджень, що утворюються на основі міжконтекстної зв'язності.

Об'єктна класифікація усіх концептів, що складають структуру таксономії \check{T} , і як наслідок, визначення виразів у форматі пропозиційних формул, які динамічно виявляють їх належність до відповідних класів концептів із таксономічного різноманіття \check{T} .

Визначення міжконтекстної зв'язності при обчисленні ознакових характеристик концептів із таксономічного різноманіття \check{T} , яке може складатися з декількох класів, визначення рівнів нечіткості їх істинності та відповідних критеріїв, на основі яких визначається ранги об'єктивності атрибутів концептів та їх дихотомічних властивостей і відношень.

Усі вказані процедурні дії забезпечують формування таксономічного різноманіття \check{T} , що інтерпретується композиціями дерев Бема Σ виду (2.10 – (2.15), яка визначає функціональну структуру онтологічної системи виду (2.1) і (2.2) щодо перетворення $OсНр$ в формат інтерактивної бази знань. На основі цих дерев в STEM-середовищі, в яку інкапсульовано онтологічні моделі множини $OсНр$, реалізуються когнітивні функції щодо проведення лінгво-семантичного та концептографічного аналізу $OсНр$. У процесі виконання аналізу реалізується формування лінгвістичних конструктів, визначення та формування множини міжконтекстних відношень для усіх концептів множини $OсНр$, що визначають семантичні ознаки концептів, які забезпечують формування \check{T} та побудову Σ , включаючи й навчальну вибірку.

Таксономічне різноманіття наративних описів \check{T} , та, як наслідок, дерев Бема Σ виду (2.10 – (2.15), характеризує гіпервластивість індуктивності, яке формується як наслідок застосування рекурсивної редукції. Подальше формування множини \check{T} реалізується на основі інкапсуляції новітніх

онтологічних моделей $O_{nr} O_{сНр}$. Інкапсуляція реалізується на основі представлення між контекстної зв'язності концептів онтологій виду (2.1) і (2.2) у форматі пропозиційних виразів формату (2.10) – (2.17). Ці вирази є формальною інтерпретацією лінгвістичних конструктивів, які функціональною композицією концептів, їх властивостей та інтерпретуючих функцій як термів, в нотації ламбда-числення.

При формуванні дерев Бема Σ виду (2.10) – (2.15) за умов, що контексти їх вузлів визначають тільки істинні значення, реалізується рекурсія виду (2.9), яка є розв'язною для структур виду (2.10) – (2.17).

Виявлення міжконтекстних відношень у процесі інкапсуляції новітніх концептів і подальшого індуктивного зростання композиції дерев Бема Σ виду (2.10) – (2.15), реалізує виявлення нових висловлювань як систем знань. Гіпервідношення між контекстами STEM-нарративів включають до себе логічну операцію «кон'юнкції». Міжконтекстні відношення виявляються за рахунок логічної операції «кон'юнкція», а зростання ЗПМ реалізується застосуванням логічних операцій «диз'юнкція», «заперечення» і «слідування», як прямого так й зворотного.

Якщо застосувати правило теореми Геделя про неповноту [84], то можна визначити, що скільки термів-концептів не інкапсулювати у \check{T} і, відповідно, розширити композицію дерев Бема Σ виду (2.10) – (2.15), й скільки б їх контекстів у \check{T} не зв'язувалося між собою, вони та відповідна онтологічна інтерактивна система знань ніколи не будуть повними. В результаті можуть бути сформована множина невизначених вузлів.

2.5. Вербальні умови консолідованої взаємодії

Висловлювання та твердження, які утворюються на основі термів-концептів таксономічного різноманіття STEM-нарративів, що використовуються в процесі консолідованої взаємодії з ними, мають вербально орієнтовний характер [\[110, 111\]](#)–[106](#),–[\[107, 110, 111\]](#), . Правила-

формули (2.1) – (2.17), визначені та побудовані у попередніх підрозділах, дозволяють модифікувати правила, які були визначені у праці та сформулювати їх у форматі наступних.

Твердження 1. Функція рефлексії R_f є вербально-активною у STEM-середовищі тоді й тільки тоді, коли для STEM-нарративу існує таксономічне різноманіття \check{T} , яке можна розширити до онтологічної системи виду (2.1).

Конструктивність твердження 1 дозволяє представити формат нарративу виду (2.2) O_{nd} у наступному вигляді:

$$O_{nd} = \langle X(K), R_f \rangle \quad (2.18)$$

де R_f – рефлексивна функція, яка реалізує перетворення виду (2.17) й вираз нарративу (2.2) перетворює на вираз (2.18).

Згідно виразів (2.1) – (2.17) з довільного таксономічного різноманіття \check{T} можна виділити терми-концепти, що утворюють істинні висловлювання, які є вербальними.

Твердження 2. Довільний STEM-нарратив може бути представлений у вигляді таксономії T , при умові що над його концептами задана рефлексивна рекурсія.

Перетворення нарративу виразу (2.2) на формат онтологічної системи формату (2.1) реалізується на основі виділення бінарних пар із термів-концептів, що визначає довільну таксономію. Таксономія згідно (2.4) і (2.5) є структурним відображенням довільної онтологічної системи.

Твердження 3. Довільну онтологічну систему, як множинне ієрархічне впорядкування концептів певної множини STEM-нарративів, можна представити у вигляді дерева Бема – D_b .

Згідно виразів (2.10) – (2.15) довільна множина термів-концептів може бути представлена у форматі зв'язаних між собою істинних висловлювань. Тобто завжди існує набір термів-концептів, які утворюють розв'язний терм

[84]. Тоді такий набір термів може бути представлений у форматі (2.10), тобто мати вигляд дерева Бема.

Твердження 4. Дерево Бема D_b виду (2.10) завжди є унівалентним онтологією з таксономічною основою T :

$$D_b \cong T \quad (2.19)$$

Згідно визначення унівалентності [108], рівність висловлювань є тотожною їх логічній еквівалентності, тобто до уваги беруться тільки істинності значення висловлювань, але не їх зміст. В даному випадку всі висловлювання, що сформовані з термів-концептів довільної T , також істинні як і у випадку, якщо вони сформовані із термів-концептів дерева Бема. Це твердження є функціонально екстенсіональним, тобто стверджується, що функції, значення яких рівні для всіх рівних значень їх аргументів, рівні між собою. Ця властивість функцій має важливе значення при формуванні дерева взаємозв'язності.

Твердження 5. З множини концептів STEM-нарративів завжди можна сформувати множину таксономічних різноманіть \check{T} та множину послідовності дерев Бема D_b , які унівалентні між собою.

$$\check{T} \cong \bigcup_{i=1}^n D_{bi} \quad (2.20)$$

Це твердження узагальнює твердження 4. Згідно вирізів (2.10) – (2.19) всі терми-концепти можуть бути вузлами як \check{T} , так і D_b .

Твердження 6. Семантична зв'язність концептів STEM-нарративу та їх контекстів $X(K)$, яка може бути представлена у вигляді дерев виду (2.10) – (2.15) й (2.20), є необхідною умовою формування таксономічного різноманіття \check{T} , яке спроможне відображати онтології усієї множини зазначених STEM-нарративів.

Це узагальнює усі твердження 1-5.

Твердження 7. Якщо підмножина концептів $X \subset T$ є консолідованою з іншими концептами STEM-нарративів, то ця таксономія T може поповнюватися новітніми деревами Бема виду (2.10) – (2.15), які мають додаткові концепти $x_k \mid k > n$.

Згідно [84] дерева Бема є індуктивними. Тобто вони можуть породжувати новітні терми вузли, які є їх композиціями. В даному випадку композиціями є терми, які мають контекстну зв'язність. Якщо розглянути вираз (2.17), побачимо, що він має набір помічених дерев $BT(M)$, де M – складний терм, який є правою частиною виразу (2.15) і має розв'язність, тобто всі твердження і висловлювання, що формуються з його ПССД-концептів є істинними. Терми $\lambda x_n, \lambda a_m$ є складними і визначають ці висловлювання на контекстах концептів x чи констант a .

Твердження 8. Таксономія довільного STEM-нарративу унівалентна усьому простору дерев Бема, які можна утворити зі його концептів.

$$T \cong D_b \quad (2.21)$$

Це твердження виводиться з поєднання визначень унівалентності [108] і дерева Бема [84], тверджень 1-7 та визначень (2.6) – (2.20).

Таким чином, онтологічні системи STEM-нарративів, що описують тематики предметних дисциплін, що вивчаються, формують множинну системоутворюючу функціонально-вербальну платформу нарративного дискурсу.

За рахунок властивості унівалентності таксономій і дерев Бема реалізуються виявлення класів концептів для множини таксономій STEM-нарративів гіпервластивість, що над ними задається забезпечує формування трансдисциплінарного формату нарративного дискурсу між STEM-нарративами. Формально нарративний дискурс трансдисциплінарного формату, при умові визначення множини концептів X , що визначають зміст цих нарративів можна представити, згідно робіт [74, 81], у форматі наступного агрегату:

$$\Theta(X) = (\tilde{T} \times R_f \times \bigcup_1^n X_n (\bigcup_1^m X_m) \times Q_c(L) \times F_f(X) \mid \bigcup_1^n X_n (\bigcup_1^m X_m) \subset X) \quad (2.22)$$

де $Q_c(L)$ – функція встановлення міжконтекстних відношень [73, 85].

$$Q_c(I) = \bigcup_{L,T} (Q_s(Q_1(C), \tilde{T})) \quad (2.23)$$

де C – множина STEM-наративів, які визначають змістовність STEM-середовища, що використовуються у процесі розв’язання навчально-дослідницьких завдань.

x – лексична одиниця виду ПССД, з якою здійснюється зв’язування;

L_x – текстове представлення контексту лексичної одиниці x .

l – певна лексема виду ПССД $l = x_i \neq x$.

Множина індексів $\{I\}$, яка формується на основі застосування до множини C функції індексації Q_1 , формує індексну зону \tilde{I} усіх наративів мережевих документів ND

$$\tilde{I} = \{\{I\} \times \tilde{T}\} \quad (2.24)$$

На основі виразу (2.23) і (2.24) функцію контекстної зв’язності можна представити у вигляді:

$$Q_c(L) = \tilde{I} \times C \times \tilde{T} \times \mathfrak{R}3 \quad (2.25)$$

Таким чином, функція контекстної зв’язності створює умови щодо представлення множини STEM-наративів у форматі наративного дискурсу на основі семантико-лексичного та концептографічного їх оброблення. При цьому таксономічне різноманіття та трансдисциплінарний формат наративного дискурсу повністю визначають категорію консолідованої взаємодії учнів зі STEM-наративами.

2.6. Категорії метазадач STEM-середовища

Операціональність STEM-середовища визначається певними метазадачами, процедури розв’язання яких досить повно реалізують його науково-освітні спроможності. Це можливе за рахунок наявності когнітивних

функцій, які забезпечують представлення навчально-дослідницького завдання у форматі онтології виду (2.1) і (2.2). Тобто в процесі інкапсуляції O_{nr} в формат O_{nr} потрібно визначити та вирішити певні задачі, результати розв'язання яких впливають на формування операціонального ядра STEM-центру. Саме трансформація O_{nr} в формат STEM-нарративів забезпечує подальше представлення усіх навчально-дослідницьких завдань в трансдисциплінарному форматі [14].

При цьому повинне забезпечуватися міжконтекстна зв'язність концептів O_{nr} , що визначає початкові умови визначення навчально-дослідницьких завдань, які виявляються при аналізі проблемних ситуацій дослідження процесів певної теорії в STEM-середовищі. Також на їх основі формується простір множинних переходів різними онтологіями, що інкапсульовані в STEM-середовище. Сдбаме процедури їх розв'язання забезпечують доказовість отриманого учнем результату при вирішенні навчально-дослідницьких завдань. Фактично вони повинні отримати в результаті їх розв'язку істинне твердження щодо певних станів теорії, яку вони вивчають.

Консолідація O_{nr} в процесі взаємодії учня зі STEM-середовищем реалізується, як було визначено в пп. 2.1., на засадах формування таксономічного різноманіття O_{nr} , що утворюються їх концептами таксономій та мають стійкі міжконтексті зв'язки.

Для її реалізації визначимо множину метазадач, процедури розв'язності яких, як вже було визначено, забезпечують встановлення міжконтекстних відношень між концептами O_{nr} . Для цього визначимо правило множина інтерпретуючих функцій онтології O_{nr} та її концепти можуть бути представлені в термінах певної теорії. При цьому [38]:

– будь-яка теорія має правила, які синтезують нові твердження, і ці правила застосовні для будь-якої теорії;

– будь-яка теорія має правила, які представляють твердження у вигляді формулювання завдання, що потрібно розв'язати, і ці правила застосовні для будь-якої теорії;

– при вирішенні будь-якого навчально-дослідницького завдання на основі положень певної теорії, яка описує властивості її концептів, кожен етап завжди визначається вибором необхідних їх властивостей, для яких треба вибрати функції, що їх інтерпретують.

Категорія навчально-дослідницьке завдання (задача) (TP) може бути визначено у форматі кортежу:

$$TP = \langle Ot, \Theta(X), Du(X), Aim? \rangle \quad (2.26)$$

де: Ot – онтологія виду (2.1);

$\Theta(X)$ – наративний дискурс виду (2.22);

$Du(X)$ – дискурсивна невизначеність, X – множина концептів, для яких невизначено міжконтекстна зв'язність виду (2.18) чи (2.25)

$Aim = F \times R$ – упорядкована множина цілей рішення задачі, $Aim?$ – що ціль актуальна;

F – множина інтерпретуючих функцій, заданих на множині концептів онтології Ot ,

R – множина відношень між концептами онтології Ot .

Процес вирішення навчально-дослідницького завдання (НДЗ), при його визначені у форматі (2.26), може являти наступним чином:

визначається предметна область НДЗ та теорія, в термінах якої вона буде розв'язуватися;

формується онтологія заданої предметної області;

визначається множина концептів онтології, які мають міжконтекстні відношення;

за можливістю, визначається множина концептів які не мають міжконтекстних відношень, але в їх термінах формулюють цілі завдання, (при неможливості їх визначити завдання вважається неразрешимим);

застосовується множина правил (2.23) – (2.25), на їх основі визначаються істинні твердження з концептів визначеної онтології, та формується їх послідовність, яка представляє стани розв’язання НДЗ;

послідовно застосовуються правила (2.7) – (2.15), що забезпечує поетапне включення концептів x множини X до множини концептів X , які є аргументом нарративного дискурсу виду (2.22), міжконтекстні відношення між якими породжуються функцією (2.23);

над множиною концептів X , яка доповнена концептами x множини X , застосовуються правила (2.7) – (2.9), що дозволяє рекурсивне повторити попередні етапи;

коли множина X вироджується до пустої, завдання вважається розв’язаним.

Фактично вказаний метаалгоритм визначає певну послідовність станів взаємодії учня з ОсНр в STEM-середовищі. При його реалізації формується послідовність впорядкованих елементарних тверджень, кожне з яких успадковує всі властивості і відношення концептів, що складають попередні твердження в термінах теорії ОсНр.

При цьому над категорією тверджень і множиною цілей можуть бути задані відображення виду (2.10) – (2.18). Тоді множина станів процесу розв’язання НДЗ, виходячи з виразів (2.10) – (2.26), згідно введеної нами формалізації можуть бути представлені в наступному вигляді:

$$M = \{ \langle Ot, (\Sigma = \check{T}GXGx_i), (\varphi(\Sigma) \rightarrow \Sigma), \Theta(X), Aim! \rangle \} \quad (2.28)$$

M – являє собою множину послідовних етапів розв’язання НДЗ;

$Aim!$ – визначає, що цілі досягнути й НДЗ розв’язана.

При цьому слід враховувати, що кожен опис станів розв’язання НДЗ можна представити у вигляді елементарних тверджень, що містять концепти ОсНр. Введемо визначення простого твердження як висловлювання, що визначає дію між двома простими концептами, яке при заданих бінарних відношеннях між

ними може бути тавтологією. Тоді множину станів розв'язання НДЗ – M , вираз (2.28) можна розглядати як послідовність впорядкованих тавтологій, які визначаються множиною різноманіття таксономій \tilde{T} , як функціональних компонентів операційного STEM-середовища. Тобто процес вирішення конкретних НДЗ може бути представлений певною множиною дискурсивного наративу $\Theta(X)$ та множиною дискурсивних невизначеностей $Du(X)$, кожна з яких визначається таксономією концептів тавтологій, як простих тверджень типу {дія \Rightarrow результат}. Й це визначає послідовний процес перетворення дискурсивних невизначеностей у формат наративного дискурсу. Стан взаємодії концептів STEM-середовища, кожен етап якого відображається у вигляді тавтології, будемо визначати як результат вирішення НДЗ щодо визначення кінцевого результату – мети – *Aim!*, на основі формулювання тверджень та висловлювань вже з застосування концептів множини X .

Визначимо категорії задач які згідно праці [38], що безпосередньо пов'язані з формуванням тверджень, які представляють проміжні і кінцеве рішення. До них віднесемо наступні категорії, які будемо називати метазадачами:

задача аналізу \rightarrow виділення проблеми (P) \rightarrow цілі (*Aim*) \rightarrow функції (F) \rightarrow структури ($\Theta(X)$ – стан); таку задачу часто називають прямою;

задача формування структури ($\Theta(X)$) \rightarrow функції (F) \rightarrow цілі (*Aim*) \rightarrow проблеми (P); таку задачу називають зворотною задачею;

задача синтезу – формулювання нового концепту онтології та/або твердження в порядку розгляду від проблеми до структури; формуються у вигляді правил виводу;

задача вибору – формування непорожньої множини концептів онтології задачі на основі спеціально відібраної множини властивостей, що використовуються як певні критерії для формулювання істинних тверджень про стан її вирішення.

Зазначені категорії задач присутні практично на кожному етапі процесу розв'язання будь-якої НДЗ. Тим самим вони впливають на формування

процесів їх розв'язання. Особливу роль відіграє задача вибору, кожен етап вирішення якої забезпечує коректне формулювання тверджень як послідовності описів станів вирішення НДЗ на основі критеріальної гармонізації властивостей її концептів.

Саме задача раціонального вибору та відповідна онтологічна система визначають інваріантність використання категорій зазначених вище метазадач. Практично на кожному етапі пошуку розв'язання проблемної ситуації P виконується аналіз її опису, при якому визначаються цілі пошуку розв'язання Aim , визначаються властивості R і F функції обробки вихідної інформації, описуються можливі структурні стани формату наративного дискурсу $\Theta(X)$, які можуть коректно відображати етапи розв'язання [14].

На підставі зазначених дій формулюються НДЗ формату TP , вирішення яких забезпечує розв'язання власне проблеми. Таксономія предметної області задачі фактично визначає множину концептів - термінів, з яких формулюються істинні твердження, що описують послідовності описів станів взаємодії інформаційних систем. Також таксономія онтології визначає множинні бінарні відношення упорядкованості, що задаються над множинами концептів онтології. Тоді класи, що утворюють онтологію на основі відношень між концептами, або за функціональною ознакою, можуть бути певними видами таксономій.

Тобто справедливо наступне твердження: будь-яка НДЗ може бути представлена у вигляді лінійної композиції метазадач яка інтерпретує певний план її розв'язання.

2.7. Висновки за розділом II

Конструктивно консолідована взаємодія учнів зі STEM-нарративами реалізується на основі їх первинної таксономізації, основу якої складає таксономічне різноманіття. Рефлексивне перетворення таксономічного

різноманіття \check{T} реалізує виявлення всіх лексичних компонентів STEM-нарративів, між якими існують стійкі відношення та на основі яких між ними утворюються істинні висловлювання, що фіксують консолідовану взаємодію. Існування функції рефлексії визначає вербальні умови таксономізації STEM-нарративів, що дозволило вперше розробити онтологічну модель консолідованої взаємодії зі STEM-середовищем та системами знань, що її утворюють.

Це дозволило визначити технологічну основу консолідованої взаємодії учнів зі STEM-середовищем, семантична повнота якого визначається форматом нарративного дискурсу. Системоутворюючою основою цієї повноти є дерева Бема, які забезпечують семантичну інтеграцію контекстів STEM-нарративів. На їх основі формується таксономічне різноманіття всього STEM-середовищем з наступним представленням його у вигляді операціонально-розвинутої онтологічної системи.

На основі нарративного дискурсу визначено категорію метазадач, які інваріантні до процесу розв'язання довільної НДЗ. Процес розв'язання вперше визначено на основі дискурсивної невизначеності. Результати досліджень даного розділу наведено в таких публікаціях [2, 3, 13, 113]

РОЗДІЛ 3. АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ ТРАНСДИСЦИПЛІНАРНОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ ВІРТУАЛЬНОГО STEM-ЦЕНТРУ

Програмна система трансдисциплінарного STEM-центру є сукупністю модулів, призначеною для консолідації онтологічних та мережових баз знань, створення методичних розробок, та генерації рекомендацій на базі користувацьких уподобань. Система виконує ранжування та фільтрацію інформації за заданими користувачем правилами, її представлення у вигляді онтологічної структури [114, 115], а в подальшому – трансдисциплінарне представлення.

Сервіси трансдисциплінарного STEM-центру реалізують структурування, класифікацію, семантичний аналіз інформаційних ресурсів, які відображають множину предметних областей, які вивчає учень.

З точки зору програмної інженерії STEM-центр розглядається у вигляді набору описів, представлених у формі математичних моделей, формалізмів і технік моделювання [116, 117].

Структура математичних моделей програмних сутностей такого роду включає в себе наступні моделі [116, 117]:

- 1) інформаційна модель;
- 2) функціонально–компонентна модель.

3.1. Інформаційна модель програмної системи трансдисциплінарної лабораторії STEM-центра

Узагальнена інформаційна модель системи передбачає забезпечення інтероперабельності між системою управління контентом Wordpress, яка зараз широко використовується займаючи 40% від усіх інтернет–ресурсів та 64% серед систем управління контентом та інноваційним представленням інформації в системі КІТ «Поліедр».

Враховуючи, що запропоновані рішення (що можуть бути представлені скінченною сукупністю програмних модулів P_R) інтегруються в систему КІТ

«Поліедр» запропоновано, то для опису трансдисциплінарної лабораторії STEM-центру застосуємо узагальнену інформаційну модель використану попередньо (3.1):

$$P_R = \sum_{i=1}^n P_{R_i} \cup P_T \quad (3.1)$$

Таким чином, відбувається реалізація інтерпретації інтеграції функцій всіх програмних модулів системи. Для досягнення загальної мети – створення трансдисциплінарної лабораторії STEM-центру – було забезпечено об'єднання множин функцій кожного з програмних модулів в єдину функціональну систему. ІТ платформа КІТ «Поліедр» що базується на ІТ технології ТОДОС в свою чергу є багатофункціональною системою з сукупністю функцій описаною попередньо.

3.1.1. Інформаційна модель шаблонізації інформаційних ресурсів Т–STEM-центру

Інформаційна модель використовується для представлення і опису потоків інформації, структур даних а також програмних сервісів в середовищі Т–STEM.

Узагальнена інформаційна модель Т–STEM S_R має вигляд (3.2). Вона представляється деякою скінченною сукупністю програмних сервісів S_{R_i} , що консолідуються в середовищі Т–STEM на основі множини сервісів КІТ «Поліедр» (3.2):

$$S_R = \sum_{i=1}^n S_{R_i} \quad (3.2)$$

У загальному сукупність модулів віртуального STEM-центру має вигляд рівняння (3.3).

$$S_R = \{S_{CI}, S_{DI}, S_{SC}, S_{UC}, S_{TT}\} \quad (3.3)$$

S_{CI} – сервіс, що відповідає за створення інформації, яку використовує віртуальний STEM-центр. Множина функцій даного модуля має вигляд рівняння (3.4).

$$S_{CI} = \{F_1^{SCI}, F_2^{SCI}, F_3^{SCI}, F_4^{SCI}, F_5^{SCI}, F_6^{SCI}, F_7^{SCI}\} \quad (3.4)$$

До його функцій відносяться:

1. F_1^{SCI} – збереження інформації отриманої від користувачів системи у сховище інформації.
2. F_2^{SCI} – фільтрація інформації отриманої від користувачів.
3. F_3^{SCI} – структурування інформації отриманої від користувача.
4. F_4^{SCI} – генерація полів вводу відповідно визначених шаблоном правил.
5. F_5^{SCI} – генерація категорій контенту.
6. F_6^{SCI} – збереження форматування інформації.
7. F_7^{SCI} – використання формул при створенні контенту.

S_{DI} – сервіс, що відповідає за коректне відображення інформації. Цей сервіс виконує наступні функції відображений у рівнянні (3.5).

$$S_{DI} = \{F_1^{SDI}, F_2^{SDI}, F_3^{SDI}\} \quad (3.5)$$

1. F_1^{SDI} – формування запиту до інформаційного ресурсу.
2. F_2^{SDI} – формування візуального відображення з використанням отриманих даних.
3. F_3^{SDI} – забезпечення інтерактивного перегляду інформації.

S_{SC} – сервіс, що відповідає за безпеку та стабільну роботу віртуального STEM-центру. Множина функцій даного модуля має вигляд (3.6).

$$S_{SC} = \{F_1^{SSC}, F_2^{SSC}, F_3^{SSC}\} \quad (3.6)$$

До його функцій відносяться:

1. F_1^{Ssc} – блокування несанкціонованого доступу до віртуального STEM-центру;
2. F_2^{Ssc} – захист від мережесих атак;
3. F_3^{Ssc} – фільтрація небезпечних включень у сховище інформації та спотворення файлів інформаційної системи.

S_{MTC} – сервіс, що відповідає за модель інформаційного представлення критеріїв у задачі ранжування. Множина функцій даного модуля має вигляд (3.7).

$$S_{UC} = \{F_1^{SUC}, F_2^{SUC}, F_3^{SUC}, F_4^{SUC}\} \quad (3.7)$$

До його функцій відносяться:

1. F_1^{SUC} – створення та редагування користувачів віртуального STEM-центру;
2. F_2^{SUC} – створення ролей для користувачів;
3. F_3^{SUC} – надання повноважень користувачам відповідно до їх ролей
4. F_4^{SUC} – збереження інформації про користувачів;

S_{TT} – сервіс, що відповідає за обмін даними з компонентами інформаційної технології КІТ «Поліедр» (3.8).

$$S_{TT} = \{F_1^{STT}, F_2^{STT}, F_3^{STT}, F_4^{STT}\} \quad (3.8)$$

1. F_1^{STT} – генерації інформаційних об'єктів та їх властивостей для подальшої обробки;
2. F_2^{STT} – конвертація отриманих інформаційних об'єктів у структурований вигляд;
3. F_3^{STT} – використання структурованих даних для генерації онтологічних ієрархізованих графів;
4. F_4^{STT} – отримання обробленої інформації системою КІТ «Поліедр».

3.1.2. Інформаційна модель підмножини модулів взаємодії інформаційних ресурсів з КІТ «Поліедр», що використовуються в систематизації даних у віртуальному STEM-центрі

Більшість модулів КІТ «Поліедр» використовується у віртуальному STEM-центрі. У складі КІТ «Поліедр» присутній багатофункціональний редактор з можливістю збереження інформації в різних форматах, а також розширюваний набір конверторів для перетворення таксономій в формати даних, які не підтримуються редактором. Крім того, КІТ «Поліедр» обладнаний розширеною програмною підсистемою для відображення онтологій, на основі якої можна створювати модулі для трансдисциплінарного представлення і формування лабораторій віртуального STEM-центру.

Наступні модулі можна розглядати інтегрованими до КІТ «Поліедр»:

- Сервіс відображенні інформації у вигляді онтографу;
- Використання альтернативи для фільтрування семантичних характеристик;
- Сервіс обробки інформації за алгоритмом ранжування.

В загальному підмножину P_T^R модулів КІТ «Поліедр», що використовуються в процесі формування STEM-центру, можна представити структурою (3.9).

$$P_T^R = \{P_{ГД}, P_{ТБ}, P_{ТК}, P_{СХ}, P_{РТ}, P_{ТДП}, P_{ДК}\} \quad (3.9)$$

Деякі модулі КІТ «Поліедр» створені для виконання тільки одної певної функції, зокрема:

- 1) $P_{ГД}$ – сервіс, призначений для відображення онтології у вигляді онтологічного каталогу методик;
- 2) $P_{ТБ}$ – сервіс представлення списку об'єктів онтології у вигляді таблиці;
- 3) $P_{ТК}$ – сервіс відображення онтології у вигляді онтографу;
- 4) $P_{СХ}$ – сервіс відображення онтології у вигляді модифікованого ранжування (Добір робіт учнів).

$$S_{CX} = \langle S_1^{CX}, S_2^{CX}, S_3^{CX}, S_4^{CX}, S_5^{CX} \rangle \quad (3.10)$$

Функції модуля:

- S_1^{CX} – зберігання онтологій, відкритих для публічного доступу;
- S_2^{CX} – зберігання особистих онтологій користувача;
- S_3^{CX} – контроль доступу до онтологій;
- S_4^{CX} – забезпечення програмного інтерфейсу зчитування і запису онтологій;
- S_5^{CX} – зберігання метаданих онтологій.

5) P_{PT} – сервіс генерації онтології з неструктурованих масивів даних отриманих з мережі. Функції модуля:

$$S_{CX} = \langle S_1^{PT}, S_2^{PT}, S_3^{PT}, S_4^{PT}, S_5^{PT}, S_6^{PT} \rangle \quad (3.11)$$

- S_1^{PT} – зчитування і запис онтологій в форматі XML;
- S_2^{PT} – додавання і видалення об'єктів;
- S_3^{PT} – додавання і видалення зв'язків між об'єктами;
- S_4^{PT} – редагування атрибутів об'єктів;
- S_5^{PT} – автоматичне розміщення об'єктів в робочій області;
- S_6^{PT} – фільтрація множини об'єктів, що відображаються.

б) P_{TDP} – сервіс імплементації трансдисциплінарності неструктурованих даних із різних інформаційно–телекомунікаційних систем в онтологічному середовищі:

$$S_{CX} = \langle S_1^{TDP}, S_2^{TDP}, S_3^{TDP} \rangle \quad (3.12)$$

Функції модуля:

- $S_1^{\text{ТДП}}$ – зчитування даних із інформаційно–телекомунікаційних систем освітнього призначення;
- $S_2^{\text{ТДП}}$ – формування трансдисциплінарних зв’язків між вершинами структурованих даних, отриманих даних з різних ІТС;
- $S_3^{\text{ТДП}}$ – використання модулів КІТ “Поліедр» для забезпечення функцій інформаційного менеджменту щодо ресурсів STEM-центру.

7) $P_{\text{ДК}}$ – блок допоміжних конвертерів, що містить програмний інтерфейс для створення підпрограм–конвертерів, а також базовий набір таких підпрограм. Множина функцій даного модуля має вигляд (3.13), де $S_1^{\text{ДК}}$ – забезпечення програмного інтерфейсу для підпрограм–конвертерів; $S_{x_i y_i}^{\text{ДК}}$ – підпрограма–конвертер з формату x_i в формат y_i ; $n_{\text{ДК}}$ – загальна кількість наявних підпрограм–конвертерів.

$$S_{\text{ДК}} = \langle S_1^{\text{ДК}} \{ S_{x_i y_i}^{\text{ДК}} \mid i \in [1; n_{\text{ДК}}] \} \rangle \quad (3.13)$$

- У наявності основні конвертери для перетворення даних, зокрема з CSV у формат XML, з JSON у XML, з XML у CSV та з HTML у текстовий файл. Крім того, існують спеціалізовані конвертери, які забезпечують інтеграцію з важливими програмами, включаючи конвертер з HTML, створеного Microsoft Office, у текстовий формат, а також конвертер з XML у CSV формат, який може бути зчитаний в MySQL.

3.2. Функціонально–компонентна модель програмної системи трансдисциплінарного представлення інформації

Функціонально–компонентна модель використовується для представлення взаємодій, відношень і залежностей програмних модулів, а також для детального опису компонентів системи. Узагальнено дану модель для програмного комплексу трансдисциплінарного представлення STEM-центра можна представити структурою (3.14).

$$S_R = \langle M_D, M_S, M_P, M_C, P_0(M_D, M_S) \rangle \quad (3.14)$$

Елементи, що входять в дану модель:

1. M_D – модель, що задає поведінку системи;
2. M_S – модель, що задає структуру системи;
3. M_P – модель, що задає структуру програмних сутностей;
4. M_C – модель (схема) компонентів програмної системи;
5. $P_0(M_D, M_S)$ – предикат цілісності системи.

3.2.1. Модель поведінки системи

Модель поведінки системи має структуру (3.15).

$$M_D = \langle d_{use}, d_{act}, d_{seq} \rangle \quad (3.15)$$

Вона включає в себе:

- 1) d_{use} – множину UML–діаграм варіантів використання системи трансдисциплінарного представлення інформації.
- 2) d_{act} – множину UML–діаграм активності системи трансдисциплінарного представлення інформації.
- 3) d_{seq} – множину UML–діаграм взаємодії системи трансдисциплінарного представлення інформації.

UML–діаграма варіантів використання [118–120] програмної системи трансдисциплінарного представлення інформації представлена на Рис. 3.1.

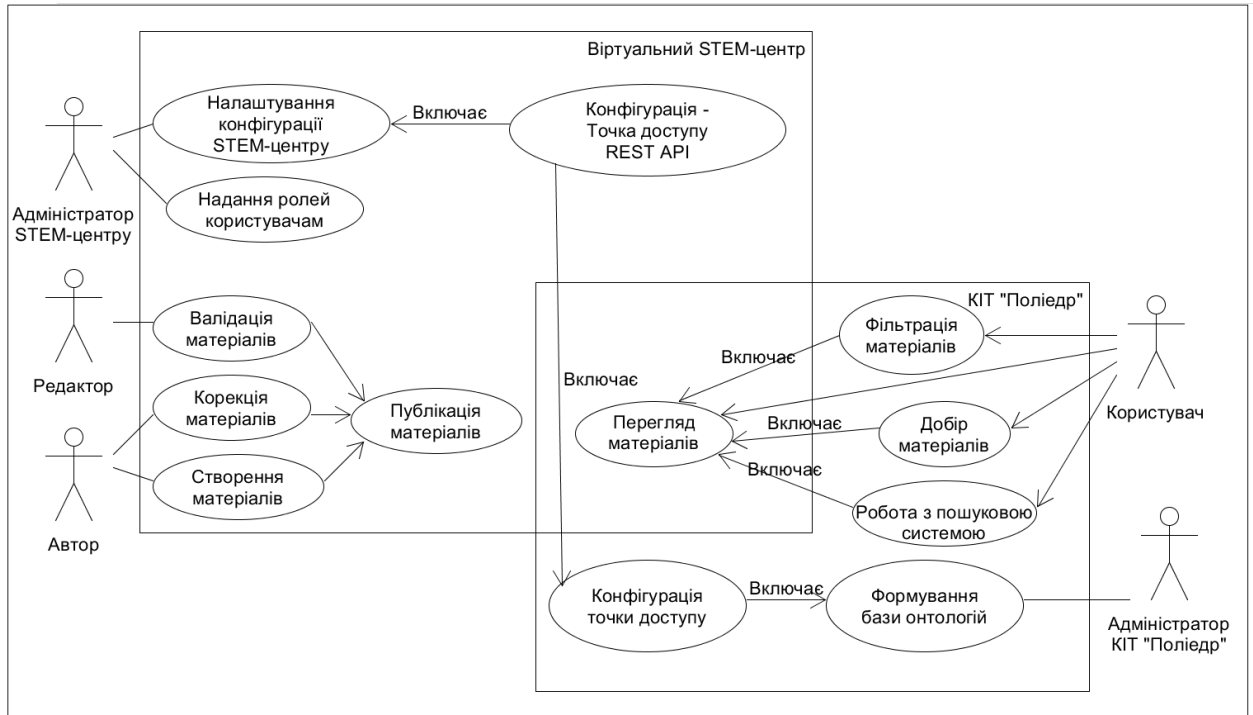


Рис. 3.1. Способи використання системи

Діаграма показує основні дії, що можуть здійснюватися в рамках системи, і користувачів, які можуть їх здійснювати.

Архітектура системи передбачає наявність таких ролей: адміністратор STEM-центру, редактор, автор, користувач, адміністратор КІТ «Поліедр». Архітектурою передбачено взаємодію цих ролей з метою створення для них єдиного поля наповнення та редагування трансдисциплінарного STEM-центру. Доцільним є розглянути можливості кожного із користувачів та змоделювати поведінку їх у системі.

Адміністратор STEM-центру визначає основні налаштування системи та забезпечує надання доступу користувачам, визначаючи їхні додаткові можливості. Налаштування системи у тому числі включають модернізацію ресурсів та забезпечення структурування даних в системі. На базі STEM-центру передбачено наявність клієнт серверної архітектури REST API, забезпечує функціонування якого адміністратор STEM-центру.

Основний матеріал готується розрізненими авторами, які мають доступ до системи STEM-центру із використанням власних автоматизованих робочих місць (кабінетів), в яких передбачений відповідний функціонал, імітуючий традиційний звичний для авторів функціонал текстових редакторів. Передбачається, що роль авторів будуть виконувати викладачі шкіл та вищих навчальних закладів, а також методисти. Автор має функціонал для створення та редагування матеріалів.

З метою забезпечення на сайті контенту високої якості, передбачено роль редактора публікацій. Редактор перевіряє якість та стилістику написання, повноту речень та граматику текстів завантажених до STEM-центру. Відповідно, роль адміністратора передбачає функціонал валідації та публікації матеріалів, попередньо направлених авторами до публікації.

Після внесення даних у систему вони структуруються відповідно до стандарту передбаченого протоколом обміну API та передаються до STEM-центру на базі КІТ «Поліедр», де передбачено автоматизовану генерацію структурованих масивів даних у вигляді онтологічних графів, що здатні забезпечувати трансдисциплінарність навчальних матеріалів. Адміністратор КІТ «Поліедр» забезпечує отримання даних за визначеним стандартом та автоматизовану генерацію онтологій.

Після проходження всього циклу, користувачі STEM-центру можуть використовувати контент STEM-центру. Користувачі мають функціонал роботи з пошуковою системою, використання функцій добору та фільтрації матеріалів та подальшого перегляду трансдисциплінарної інформації. Описаний процес складає повний цикл створення та використання інформації на базі трансдисциплінарного STEM-центру

Для відображення моделей поведінки для різних користувачів, що виконують різні функціональні завдання в системі, процеси описані із використанням UML-діаграм активності взаємодії агенту мультиагентної системи віртуального STEM-центру та подальшого автоматизованого

перетворення у структурований інформаційний ресурс віртуального STEM-центру (Рис. 3.2), процесу видачі результатів запиту користувачів віртуального STEM-центру (Рис. 3.2), процесу роботи із ресурсом віртуального STEM-центру (Рис. 3.4).

Як видно із Рис. 3.2, для забезпечення взаємодії агенту мультиагентної системи віртуального STEM-центру із самим STEM-центром, передбачено процес на стороні програмного забезпечення агенту `stemua.science`, що складається з ініціалізації веб-ресурсу, запиту до бази даних, в залежності від виду запиту (що визначає користувач) до бази даних, процес може проходити за двома віховими потоками – формування сторінки та подальший процес завершення роботи або створення нового ресурсу (крок запит до бази даних); або ініціюється процес взаємодії між агентом `stemua.science` та віртуальним.

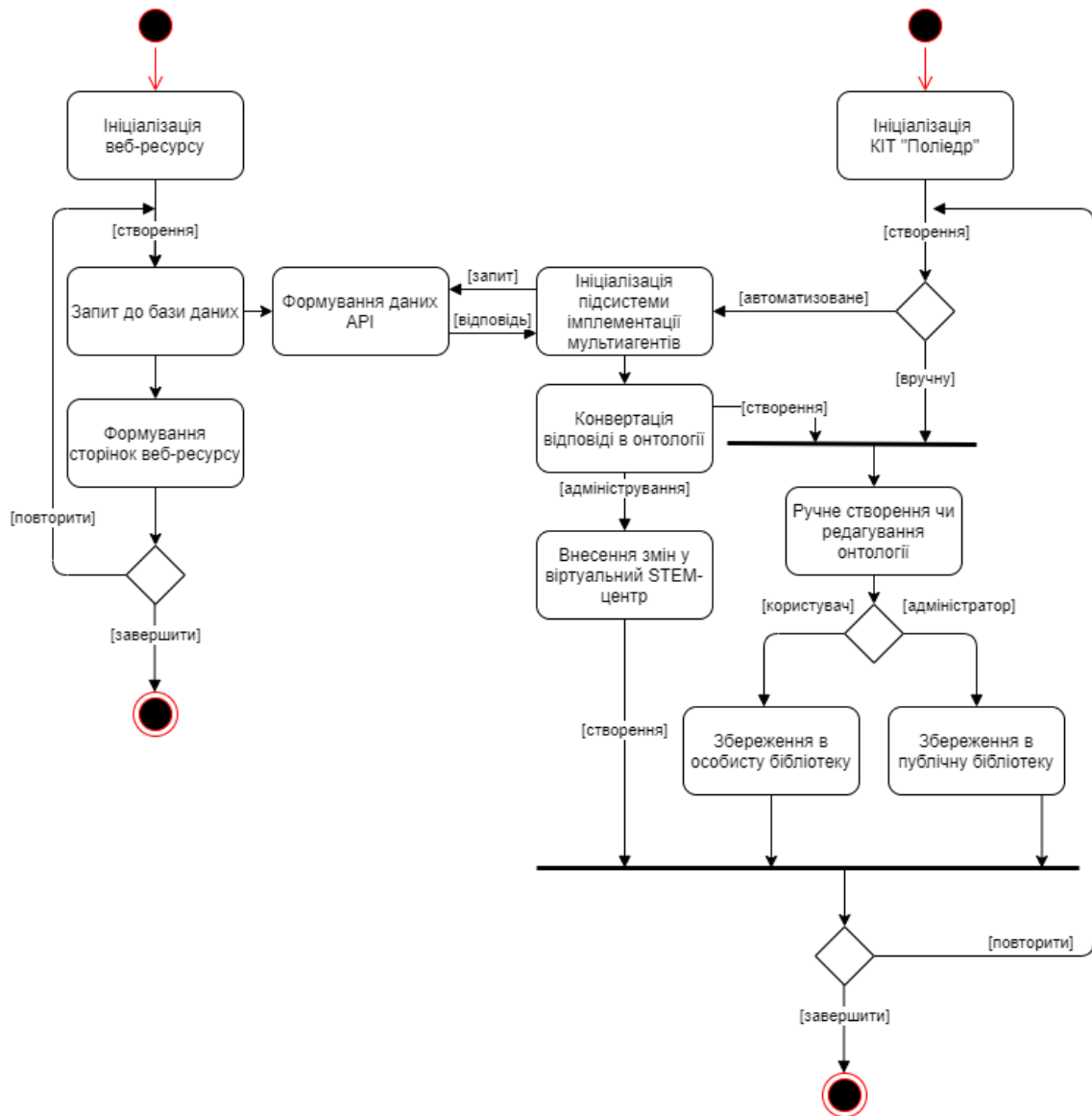


Рис. 3.2. UML–діаграма активності взаємодії агента мультиагентної системи віртуальний STEM-центр та подальшого автоматизованого перетворення у структурований інформаційний ресурс віртуального STEM-центру

У віртуальному STEM-центрі для спрощення, систематизації та структуризації даних STEM-центру, застосовано алгоритмічний механізм процесу видачі результатів запиту користувачів віртуального STEM-центру (Рис. 3.3), що передбачає етап ініціалізації веб-ресурсу та подальшу віхову варіативність, що передбачає виконання за вибором користувача віртуального STEM-центру відображення всіх матеріалів за списком, фільтрацію за

предметами або фільтрацію за типами матеріалів; на основі запиту користувача генерується список об'єктів віртуального STEM-центру, що відповідає запиту користувача. Після чого процес можливо повторити або завершити.

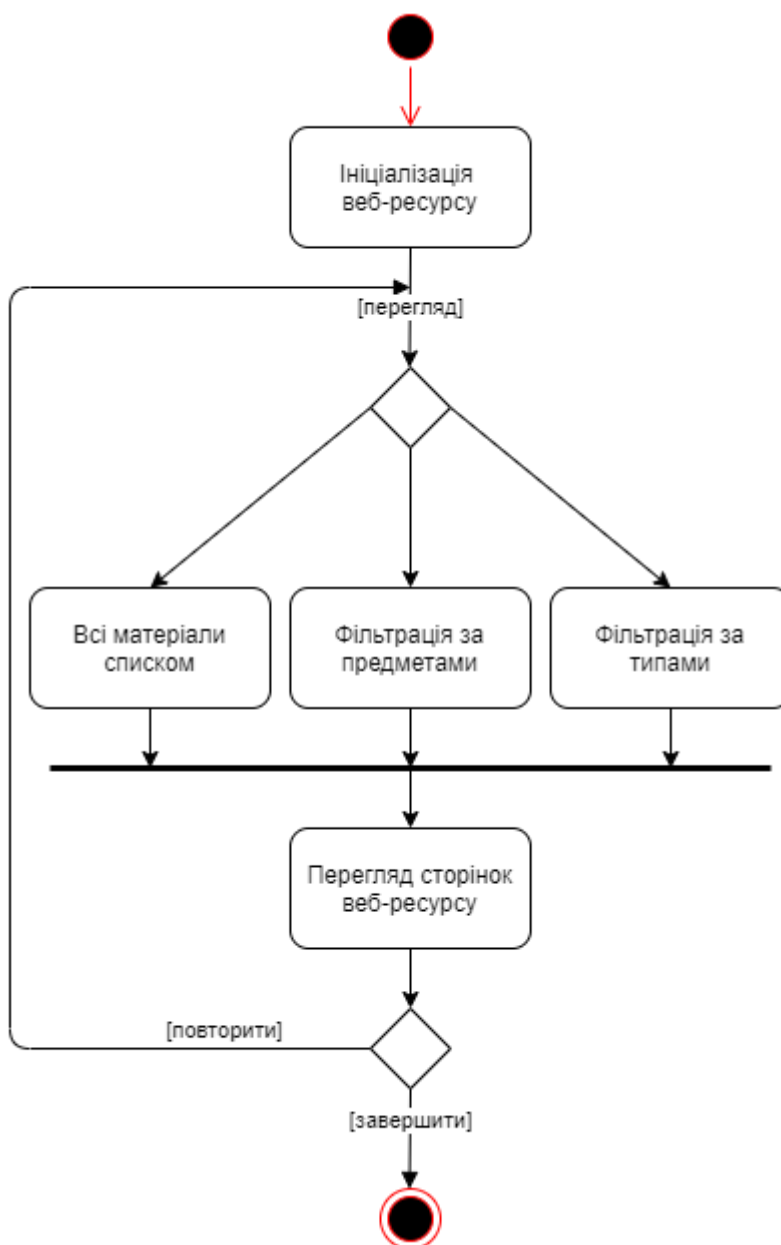


Рис. 3.3. UML-діаграма активності процесу видачі результатів запиту користувачів віртуального STEM-центру

Процес роботи в запропонованій системі ініціюється з активації комплексу інформаційних технологій (КІТ) «Поліедр», де користувачі здійснюють огляд наявних онтологій, створених заздалегідь. Автоматизована обробка даних реалізується за допомогою інтегрованих модулів КІТ «Поліедр», які включають “Конспект”, “Конфор”, “Едітор”, “Альтернатива”, “Пошукова машина”, “Лінгвістичний корпус” та “Крипто”.

Дані у вершинах таксономічних графів оброблюються в модулі «Альтернатива», який дозволяє обробляти великі масиви даних та добирати вершини у яких вкладено відповідні семантичні дані та проранжувати онтологічні вершини за інтегральними характеристиками відповідно до запиту користувача.

STEM-орієнтовані системи, так як вони є трансдисциплінарними та містять упорядковані розрізнені STEM-наративи, що можуть бути оброблені (профільтровані) відповідно до запиту користувача щодо добору інформації за запитуваними авторами, атрибутами, предметами та типами або провести ранжування відповідно запиту користувача.

Після обробки модулем «Альтернатива», формуються множини об’єктів та користувачу надано можливість перегляду у трансдисциплінарному представленні. Такі оброблені дані підлягають контекстній зв’язці інформаційних ресурсів та можуть бути представлені у об’єктному відображенні, табличному відображенні, графовому відображенні, у вигляді онтологічної призми або у онтології у вигляді веб-ресурсів. Користувач віртуального STEM-центру може завершити роботу з системою або пройти алгоритмічній дій починаючи з віхи вибору варіантів формування множин об’єктів заново. UML-діаграма активності процесу видачі результатів запиту користувачів віртуального STEM-центру представлена на Рис. 3.4.

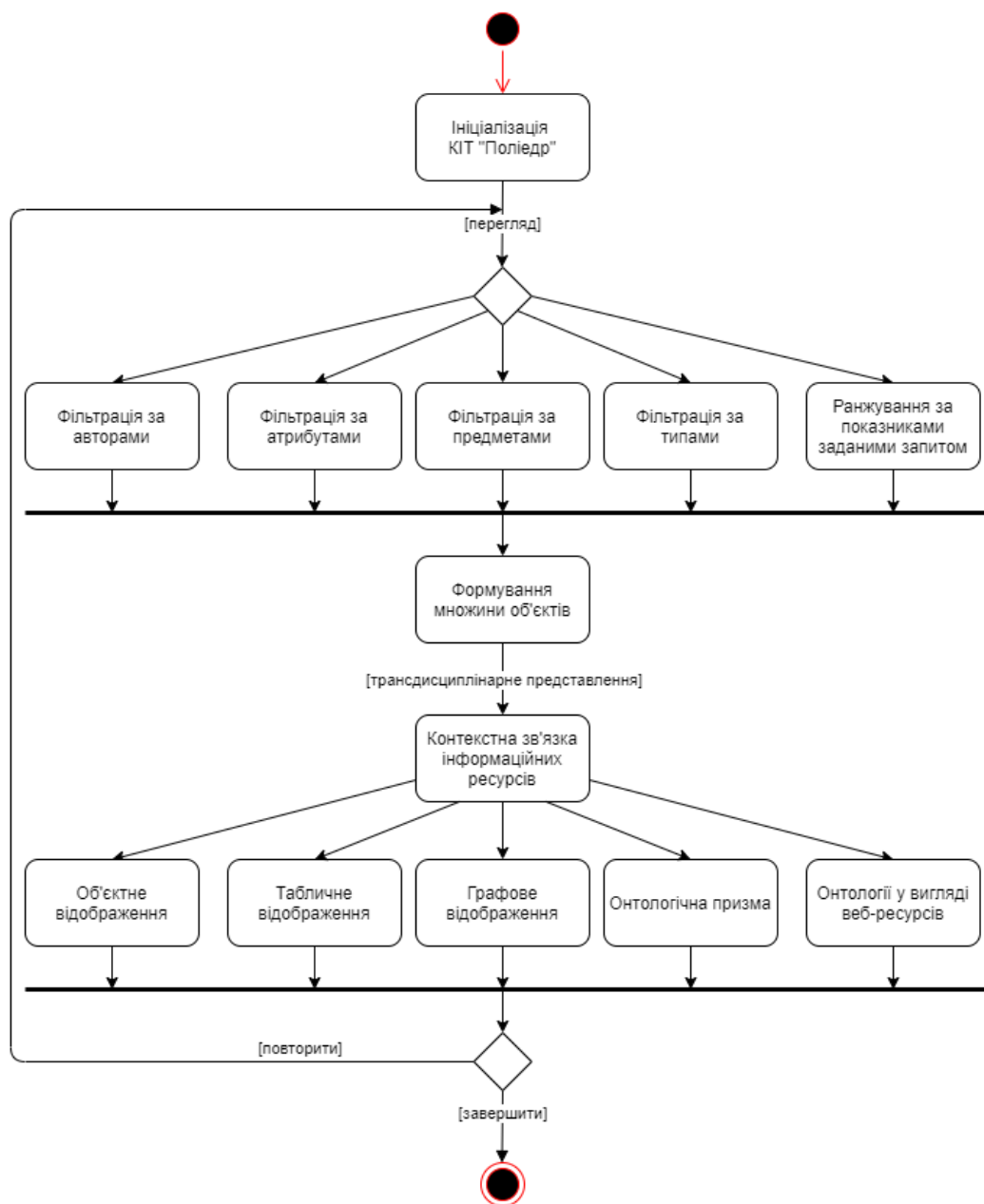


Рис. 3.4. UML–діаграма активності процесу видачі результатів запиту користувачів віртуального STEM-центру

Як видно із Рис. 3.5, є декілька шляхів наповнення та використання T–STEM центру у онтологічному вигляді. Експерт використовуючи програмний модуль «Конспект» може формувати базову інформацію для наповнення T–STEM центру. За допомогою рекурсивного редуктора така базова інформація

оброблюється та формуються STEM-нарлативи методик та дослідницьких робіт. Методики та дослідницькі роботи сформовані зчитуються за запитами із використання API Поліедер та API Альтернатива, які у свою чергу формують масив даних для модуля аналізу онтологічних конфігурацій. Модуль аналізу онтологічних конфігурацій генерує контент який може бути відображений та оброблений у онтологічному АРМ та подальшу обробку у модулі тестування. Користувач модуля тестування може використовувати данні матеріалу для їх добору відповідно критеріїв запиту.

Окрім того, до модуля аналізу онтологічних конфігурацій інформація може потрапляти від редактора через онтологічні конфігурації. Інформація оброблена модулем аналізу онтологічних конфігурацій може бути використана для перегляду у переглядачі та зокрема у формі онтологічної призми. Онтологічні дані через переглядач можуть бути оброблені у програмному Альтернатива, до якого інформація може також потрапляти на пряму через API Альтернатива.

Іншим шляхом наповнення є використання адміністративної панелі шаблонізатора STEMUA та подальшого використання REST API. Онтологічні сутності T-STEM центру генеруються за допомогою аналізу природомовних текстів модулем «Конспект», оброблені дані модулем «Індексатор» та за допомогою REST API методом перетворенням даних з бази даних MySQL у XML формат онтологій.

Окрім того, онтологічний T-STEM центр може використовувати дані зовнішніх джерел. Для цього матеріал зовнішніх ресурсів індексується індексатором та із використанням API Індексатор формується масив даних щодо методик та дослідницьких робіт.

Формування масивів даних базуються на попередніх дослідженнях та передбачають додаткову автоматизацію ряду процесів та забезпечення спрощення введення даних та формування таксономічних масивів з даними у вершинах. Для обробки вхідних даних та створення релевантної видачі

інформації використовуються програмні модулі КІТ «Поліедер». Для цього розроблено архітектурне рішення, що полягає у використанні даних агентів мультиагентної системи. Розглянемо архітектурне рішення на практичному прикладі використання зовнішнього агента stemua.science та інших зовнішніх агентів як джерел онтологічних даних.

Формування відображення для кінцевого користувача створюється за допомогою API Поліедер або у разі необхідності ранжування API Альтернатива. API Поліедер передає дані на модуль аналізу онтологічних конфігурацій, який на основі аналізу отриманих даних завантажує «Переглядач» онтологій або Онтологічний АРМ.

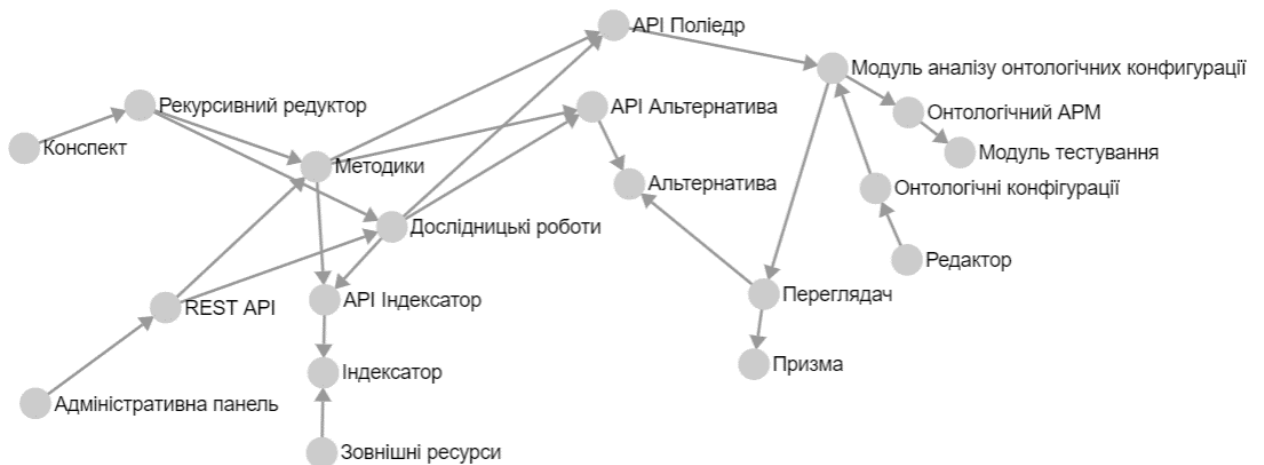


Рис. 3.5. Загальне представлення взаємодії програмних сутностей T–STEM центру у онтологічному вигляді

Автор публікації створює контент та вводить його в систему, де редактором публікацій відбувається автоматична генерація, форматування та обробку контенту. У разі якщо система успішно обробила введені дані, відбувається генерація звіту про відповідність контенту та повідомлення про це автора. У відповідь автор формує запит–підтвердження на публікацію контенту. Редактор публікацій, передає оброблені дані до бази даних, де відбувається процес ініціалізації обміну із використанням протоколів обміну даними. Процес обміну включає в себе збереження та структурування та

отримання відповіді про успішне проходження процесу. База даних формує запит на обмін даними із мультиагентної системи у контролер ініціалізації точки інтероперабельності ресурсів. Між базою даних та контролером ініціалізації точки інтероперабельності ресурсів проходить трансфер даних.

Із використанням даних отриманих із бази даних агенту *stemua.science*, контролер ініціалізації точки інтероперабельності ресурсів забезпечує генерацію масиву даних у стандарті визначеному протоколом де власне проходить передача даних, що передбачає формування запиту із контролеру створення онтологічних баз та відповіді від агента. Після чого відбувається формування обмінного XML-файлу та трансферу даних у мультиагентну систему КІТ «Поліедер».

XML-файл автоматизовано передається у кабінет адміністратора КІТ «Поліедер», де адміністратор може здійснювати ряд дій, зокрема, приймає рішення про збереження. Далі, архітектурою системи передбачено процес, що був запропоновано попередньо та який полягає у записі в онтологічну базу даних. Із онтологічної бази стає можливим обробка даних інструментами КІТ «Поліедер», зокрема отримання запиту від користувача на проведення інтероперабельної взаємодії та калькуляції із використанням семантичних та інтегральних характеристик. При цьому обробка проходить у модулі «Альтернатива».

Відповідно до запропонованої архітектури користувач має можливість до використання ресурсу, що знаходиться у базі даних власне агенту, у використанні таксономізованого ресурсу, розміщеного в КІТ «Поліедер» або використовувати дані оброблені модулем альтернатива. Діаграма взаємодії агента *stemua.science* та КІТ «Поліедер» представлено на Рис. 3.6.

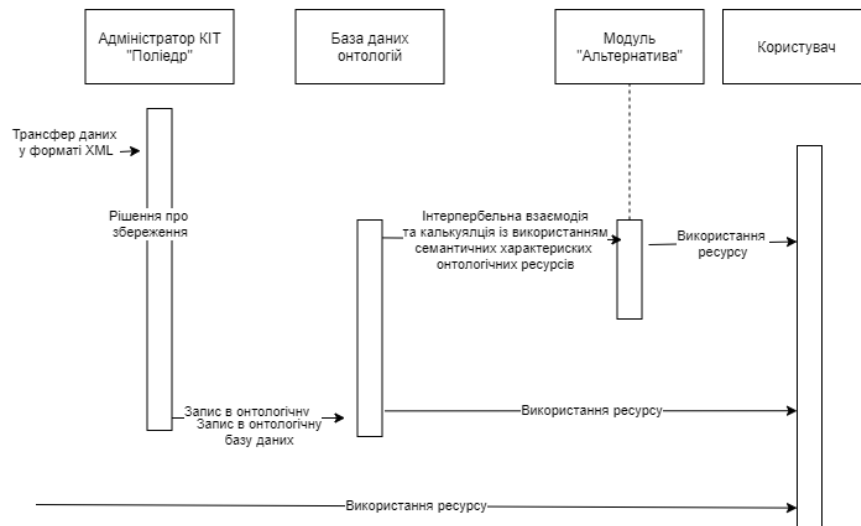
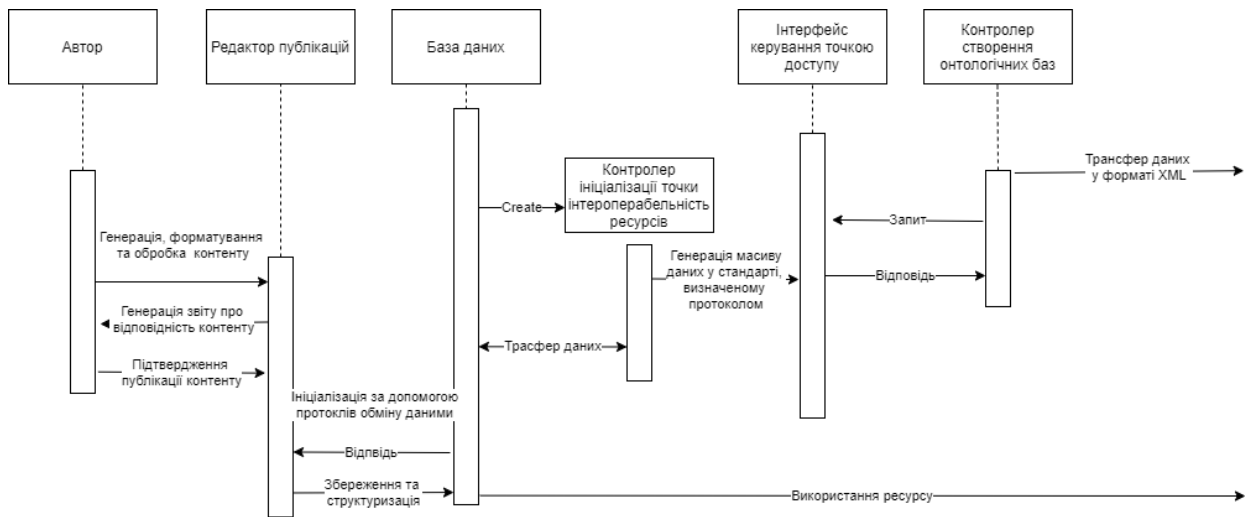


Рис. 3.6. Діаграма взаємодії агента stemua.science та КІТ «Полієдр»

Для забезпечення цілісного функціонування системи, архітектурно передбачено використання класів, що можна поділити на класи–контролери (controller), класи даних (model), і класи обробки (service).

Контролер STEM-центр забезпечує використання агентів мультиагентного середовища шляхом формування запитів–відповідей із розрізаних веб–середовищ (наприклад, тих, що використовують wordpress).

Для генерації структурованої інформації розроблено моделі онтографу (ontograph), точки (node), властивості (property), альтернативи (alternative),

критерію (criterium), задачі завдання (dessiontask), що були розроблені попередньо.

Клас `Ontograph` відповідає за відображення онтологічного графу, що складається з набору вершин графу та дозволяє отримати доступ до батьківських та дочірніх вершин та елементів обраної вершини. `Ontograph` надає можливість швидкого доступу до кожного вузла за його назвою або унікальним ідентифікатором. Використовує `xml/json` для завантаження та збереження онтологічної таксономії.

Клас `Node` використовується для генерації інформації про саму точку та вкладних даних в неї. Цей клас забезпечує коректне збереження та використання інформації про назву, властивості, пов'язані вузли та вершини.

Клас `Property` використовується для збереження та відображення властивостей кожної вершини. Також містить інструменти управління властивостями вершини, зокрема, визначення класу властивості, додавання, редагування та видалення.

`DecisionTask` містить інформацію про модель ранжування, альтернативи та критерії, а також дозволяє використовувати вершини для задач ранжування. Дозволяє формувати вагові коефіцієнти.

Клас `NodeAlternative` використовується для вирішення задач альтернативи альтернатив. Він є похідним від класу `Node` та сумісний із `Ontograph`. Містить алгоритми обробки властивостей та атрибутів.

Клас `Criterion` використовується для вирішення задач оптимізації та використовує інформацію про властивості точки та формує з них критерії, включаючи назву, діапазон можливих значень, вектор оптимізації.

Сервіси є важливим компонентом системи, що використовують моделі для формування структурованих масивів даних із неструктурованих, зокрема, агентів мультиагентного STEM-центру. До таких сервісів відносяться аналізатор онтології, аналізатор таксономії (`OntologyAnalyser`), аналізатор

таксономій (TaxonomicAnalyzer) та інтерпретатор властивостей (PropertyInterpreter).

Генерацію онтологій відповідно до моделей здійснює *OntologyAnalyzer*. Даний клас дозволяє використовувати онтологічні вершини та таксономічну структуру для формування задачі ранжування альтернатив на основі онтологічної моделі. *OntologyAnalyzer* аналізує онтологію та виділяє із неї інформацію та формує STEM-наративи, що в подальшому підлягають обробці. Працює у комплексі та включає в себе класи *TaxonomicAnalyzer* та *PropertyInterpreter*.

Клас *TaxonomicAnalyzer* аналізує таксономію та забезпечує відділення вершин, що містять відповідні дані, та можуть бути використані як альтернативи, від тих, які не містять відповідні дані та не можуть бути використані як альтернативи. Забезпечує маркування таких вершин та передачу формування завдання для фільтрації вершин та альтернатив.

Клас *PropertyInterpreter* забезпечує формування масиву вкладних даних усіх вершин, які можуть бути використані для обробки альтернатив. Також, забезпечує визначення спільних властивостей об'єктів–альтернатив, які формують масиви критеріїв для ранжування та фільтрування.

Оскільки дані у віртуальному STEM-центрі формуються значні масиви різномірних STEM-наративів, для зручності у користуванні важливим є обробка із використанням інструменту альтернатива. Тому, використовуються додаткові класи ранжування, такі як, розв'язання сформованої задачі ранжування альтернатив (*MCDMWorker*), клас алгоритму розв'язання задачі ранжування альтернатив (*MCDMAlgorithm*), клас методу зважених сум критеріїв (*AlgorithmWSM*), клас використання методу ідеальної точки (*AlgorithmMIP*), клас використання методу багатоатрибутивного оцінювання (*AlgorithmMAVT*).

Клас `MCDMWorker` створює задачу ранжування альтернатив для розв'язку на основі її моделі, що становлять математичне ядро системи. Тобто, цей клас агрегує отримані результати та формують кінцевий результат.

Абстрактний клас `MCDMAlgorithm` забезпечує підготовку даних, які потрібні для інших класів. Використовує методи обрахунку критеріальних значень шляхом інтерпретації критеріїв, забезпечує генерацію єдиної бази зведенням даних конкретних вершин (критеріальних значень) до спільної числової шкали. Також використовує алгоритми використання вагових коефіцієнтів для кожного критерію.

Після формувань даних та критеріїв необхідних для обробки, використовуються спеціалізовані класи для обрахунків різними методами. Так, існують класи для розв'язання задачі ранжування альтернатив за допомогою методу зважених сум критеріїв (`WSM`; `AlgorithmWSM`), за допомогою методу ідеальної точки (`MIP`; `AlgorithmMIP`), за допомогою методу багатоатрибутного оцінювання (`MAVT`; `AlgorithmMAVT`).

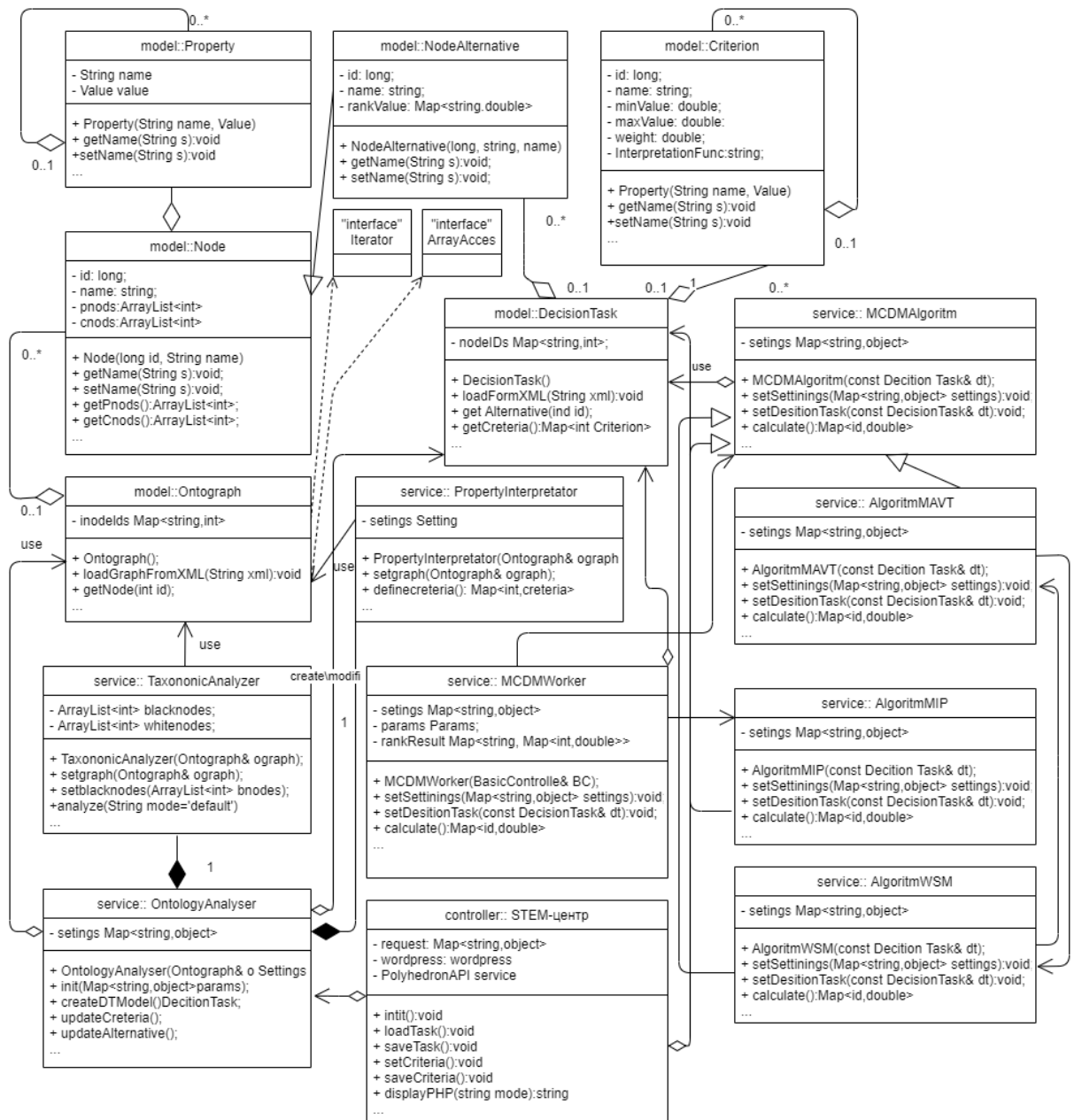


Рис. 3.7. Діаграма класів Т-STEM центру

Основними сутностями системи є Автор (author), редактор (editor), адміністратор (Administrator), користувач (User) та матеріал (Material). Кожна із цих сутностей містить дані, що необхідні для проходження процесів описаних у діаграмах поведінки системи. Система містить відомості про унікальний ідентифікатор адміністратора (AdminID), його ім'я (Name) та дозволи (Privileges) що стосуються сутності адміністратор; ідентифікатор

(AutorID), ім'я (Name), дозволи (Prerogatives) та матеріали (Materials), що стосуються автора; ідентифікатор (EditorID), ім'я (Name), дозволи (Prerogatives) та матеріали, що були провалідовані редактором (ValidatedMaterials) щодо редактора; ідентифікатор (MaterialID), масив властивостей (Properties), посилання (URL), текст (TextData), анотація (Abstract), параметри опублікування (Published) та час опублікування (TimeStamp) щодо матеріалів. Діаграма відносин між сутностями T-STEM центру представлена на Рис. 3.8.

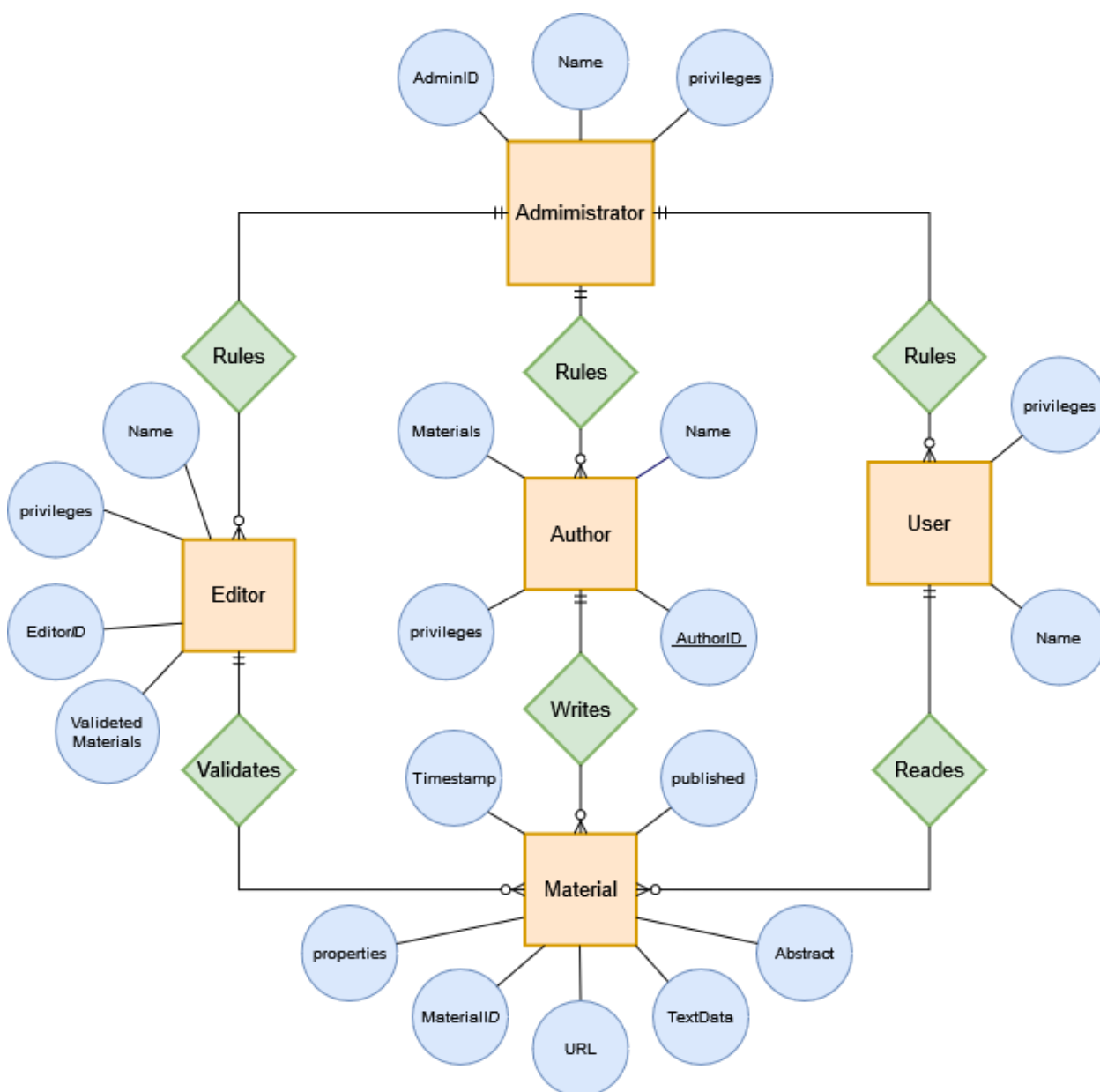


Рис. 3.8. Діаграма відносин між сутностями T-STEM центру

Архітектура T-STEM центру складається із існуючих модулів КІТ «Поліедер», інтеграційних складових, що представляють собою прикладний програмний інтерфейс REST, інтерфейси комунікації з користувачем та спеціально розроблені модулі структуризації. Система здатна опрацьовувати як структуровані (наприклад у форматах JSON, XML, OWL, CSV), так і неструктуровані набори даних (наприклад у форматах PDF, TXT, DOC, HTML). Структуровані попередньо набори даних можуть бути використані напрямку для обробки у редакторі таксономій та бути переглянутими у компоненті «Переглядач таксономій» модулю «Інтерфейсу редагування та відображення структурованої інформації». Оброблена у цьому модулі структурована інформація потрапляє до компоненту «Контролер КІТ «Поліедер» модулю «Центральний сервер КІТ «Поліедер» та зберігається у компоненті «Бібліотека онтологій». Неструктуровані набори даних підлягають структуризації перед збереженням у компонентах модулю «Центральний сервер КІТ Поліедер». Структуризація може здійснюватися у модулях «Середовище stemua.science», «Модуль рекурсивний редуктор» та «Індексатор» (щодо індексації матеріалів по відношенню до структурованих таксономій). З метою структуризації можливо використати користувацький інтерфейс «Редактор матеріалів stemua.science», у якій користувачі заповнюють форму структуризації навчальних матеріалів. Ці матеріали зберігаються у компоненті «База даних stemua.science» та використовуючи компоненти «Підсистема обміну REST API» передаються до компоненту «Бібліотека онтологій» модулю «Центральний сервер КІТ «Поліедер». Неструктурований природомовних текст може бути автоматизовано опрацьований у модулі «Рекурсивний редуктор», що за допомогою компоненту «База правил редукції» забезпечує структурування та подальше збереження у компоненті «Бібліотека онтологій» модулю «Центральний сервер КІТ Поліедер». Індексатор забезпечує взаємозв'язки існуючих

структурованих онтологічних матеріалів із іншими неструктурованими, зокрема у формі пошукової призми. Для цього, дані проіндексовані у компоненті «Індексатор» можуть передаватись до компоненту «Контролер підсистеми структуризації» модулю «Рекурсивного редуктору» із використанням модулю «Підсистема обміну REST API» або одразу із компоненту «Індексатор» застосовуватись до структурованих даних, збережених у компоненті «Бібліотека онтологій» модулю «Центральний сервер КІТ «Поліедер».

Усі структуровані матеріали T-STEM центру візуалізуються та опрацьовуються у модулях «Допоміжний центр» та «Інтерфейси представлення «КІТ Поліедер»». Так онтології T-STEM опрацьовуються у компонентах «Підсистема Аудит», «Підсистема Альтернатива» та «Аналітична система». Користувачі T-STEM центру можуть взаємодіяти із структурованими матеріалами із використанням компонентів «Таксономічне представлення», «Об'єктне представлення» та «Трансдисциплінарний куб». Архітектура T-STEM центру представлена на Рис. 3.9.

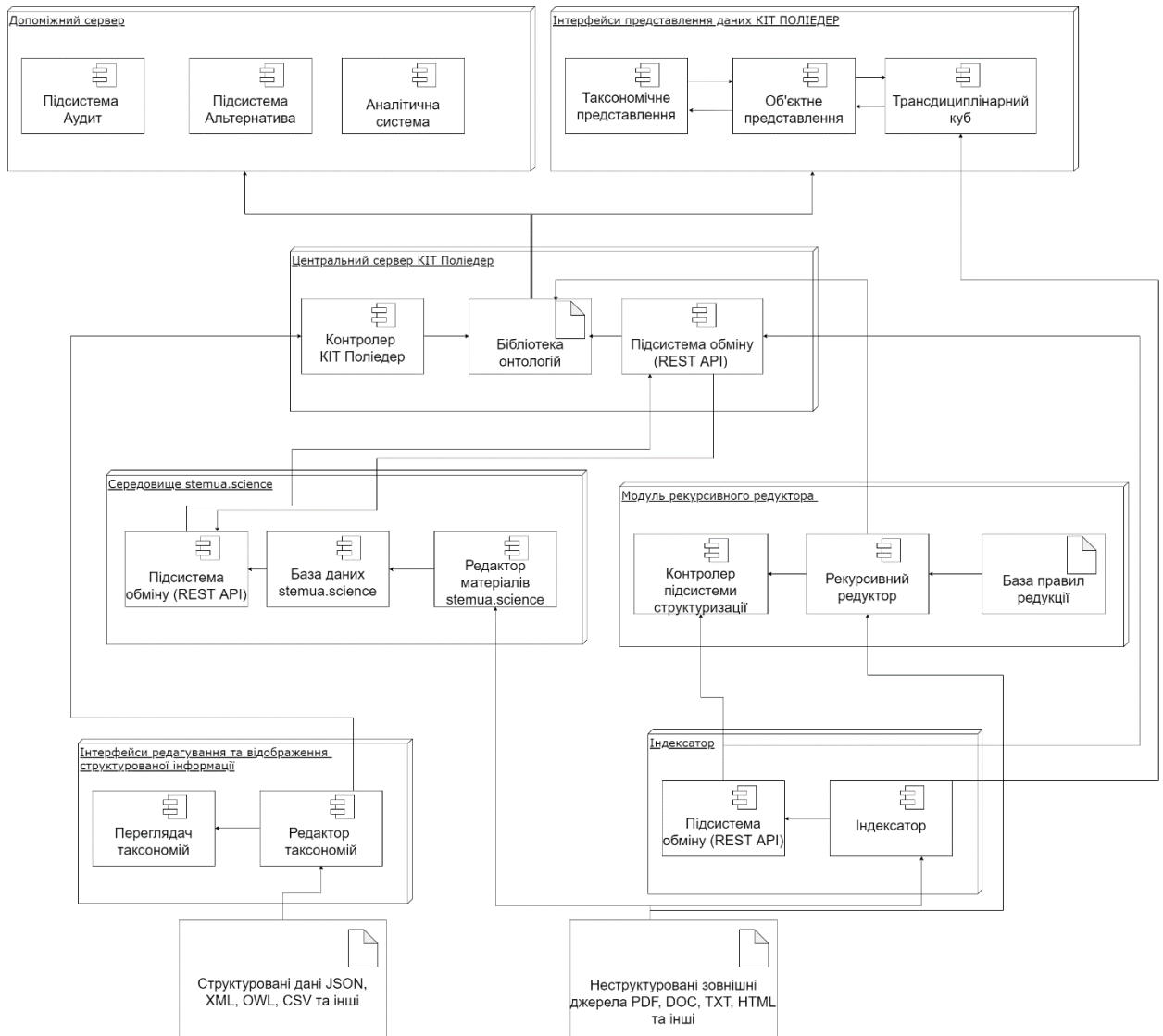


Рис. 3.9. Архітектура T-STEM центру

Файлова система складається із файлів КІТ «Поліедер», шаблонізатора STEMUA та системи ранжування. КІТ «Поліедер» містить файли асинхронічного інтерфейсу та допоміжних підпрограм, що стосуються серверної структури та редактору й переглядачу таксономій, що забезпечують роботу веб-інтерфейсу. Файлова система STEMUA містить кореневий каталог та обробник шаблонів. Система ранжування містить виконувані файли, сервіси, контролери, інтерпретатор, інтерфейси системи із таблицями стилів та js скриптами й шаблонами. Файлова структура T-STEM центру Рис. 3.10.

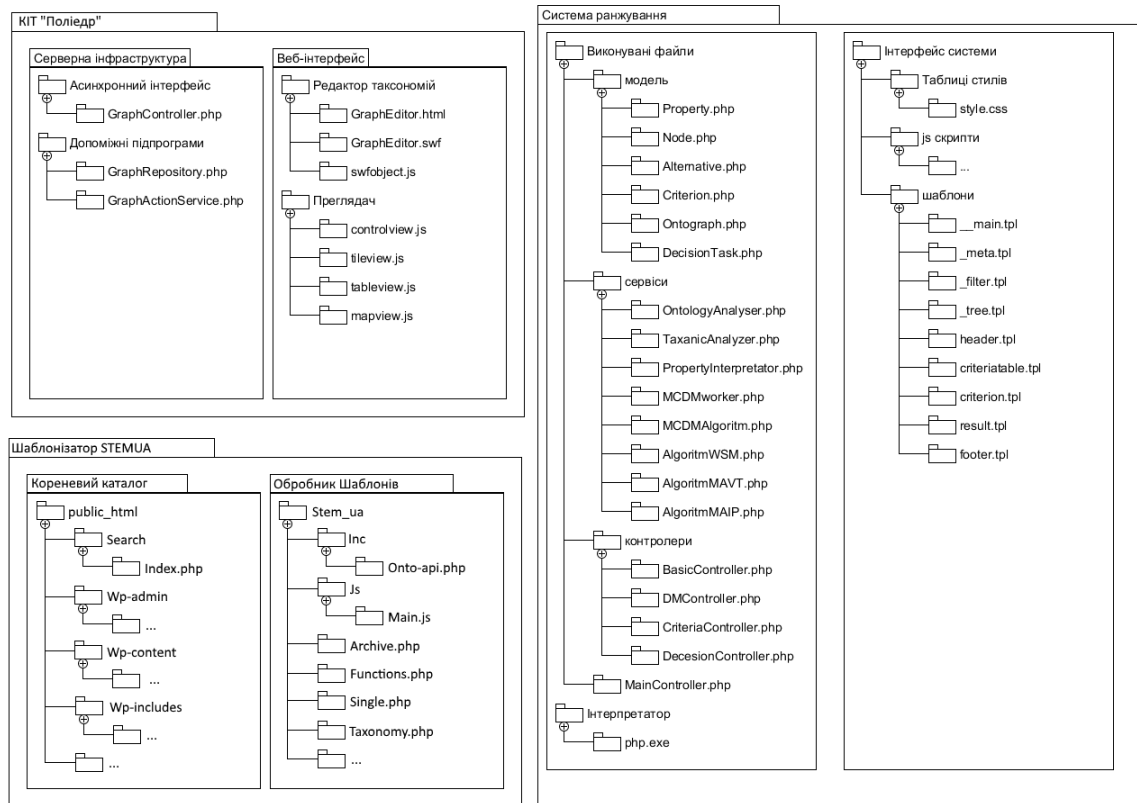


Рис. 3.10. Файлова структура Т–STEM центру

3.3. Висновки за розділом III

Розроблено архітектурну модель трансдисциплінарної платформи віртуального STEM-центру. Описано моделі взаємодії Т-STEM-центру з КІТ «Полієдр». Розроблено моделі поведінки користувачів системи та модель взаємодії програмних сутностей. Описано діаграму класів та відносин Т-STEM центру та його загальну архітектуру.

Виявлено, що архітектурну модель Т–STEM-центру оптимально втілити за допомогою модулів КІТ «Полієдр». Визначено класи та компоненти, які відповідають за обробку та передачу даних з шаблонізатора до онтологічної бази КІТ «Полієдр».

Розроблені рішення та алгоритми дозволяють системі ефективно обробляти та аналізувати різні типи даних, що робить її потужним інструментом у галузі обробки інформації та ресурсного управління.

Результати досліджень, наведені в третьому розділі, опубліковано в роботах [2, 11, 12, 17]

РОЗДІЛ 4. мережецентричне трансдисциплінарне STEM-середовище

4.1. Онтологічна модель як основа мережецентричного STEM-середовища

STEM-освіта, є сферою освіти, що зосереджується на інтеграції дисциплін. Її основна мета — підготовка студентів до розуміння і вирішення складних проблем, які вимагають глибоких знань у різних галузях. Трансдисциплінарний характер STEM-освіти полягає в її здатності перетинати традиційні дисциплінарні межі, щоб вирішувати комплексні проблеми, які не можуть бути вирішені з використанням однієї області знань.

В контексті мережецентричного STEM-середовища, трансдисциплінарність є ключовою характеристикою, оскільки вона дозволяє інтегрувати знання і підходи з різних наукових галузей для створення нових ідей і рішень. Наприклад, використання математичного моделювання для розуміння біологічних процесів або застосування інженерних методів у сфері медичних технологій. Такий підхід сприяє розвитку інноваційного мислення та вміння студентів застосовувати знання в реальних ситуаціях.

Розглядаючи STEM-освіту у рамках трансдисциплінарного підходу, важливо розуміти, що вона не лише включає традиційні дисциплінарні знання, а й спонукає до критичного мислення, розвитку комунікаційних навичок, творчості, і здатності працювати в команді — навичок, які є невід’ємними для ефективного навчання.

Онтологічна модель віртуального STEM-центру слугує як технологічна основа для створення науково–освітнього середовища. Ця модель використовує онтологічний підхід, який дозволяє систематизувати і структурувати різноманітні знання і дослідження у сфері STEM, забезпечуючи цілісний і інтегрований підхід до освітнього процесу.

В основі сучасного науково–освітнього середовища лежить трансдисциплінарна інтеграція усіх навчально–освітніх ресурсів особливо освітніх наративів. Цей процес суттєво впливає на STEM-освіту.

Інтеграція навчальних ресурсів – важлива складова STEM-підходу. Інтеграцію навчальних ресурсів можливо реалізувати використовуючи єдине STEM-середовище. Необхідність розробки такого середовища вже вказувалась попередньо [121]. Незважаючи на те, що актуальність створення такого середовища досить висока, дефініція «мережецентричне навчальне інформаційне середовище» ще не була сформовано.

Таким чином, доцільно обґрунтувати визначення цього поняття. Єдине STEM-середовище – це інтернет–орієнтоване навчальне середовище, яке об'єднує розосереджені освітні ресурси шляхом використання їх як агентів мультиагентної системи, що забезпечує трансдисциплінарність при вивченні матеріалу та базується на використанні навчальних програм. Будь–яка навчальна програма має ієрархічну структуру, тому доцільно відображати такі програми у вигляді онтологічних графів [122].

Функціонування такого середовища повинно включати в себе використання електронних посібників, бібліотек та репозиторії, цифрових методик та віртуальних лабораторій, медіа (фотографій, відео, а також доповненої та віртуальної реальності), ранжувальних інформаційних ресурсів для обробки даних в галузі освіти та забезпечення конкурентості між учнями дозволяє забезпечити включення усіх стейкхолдерів навчального процесу до екосистеми єдиного STEM-середовища, зокрема учнів, викладачів, родичів, методистів та керівників закладів.

Залучення таких ресурсів забезпечує розвиток дослідницьких навичок, креативності та критичного мислення, оскільки процес забезпечує включення учнів до вивчення об'єктів шляхом досліджень термінополів та пошуку взаємозв'язків між сутностями. Тобто, єдине STEM-середовище базується на

використання знаньсво–орієнтованих технологій, що забезпечує адаптивність освітніх сервісів та відкритість ресурсів [123].

Інтероперабельність та інтегративність у єдиного STEM-середовища забезпечується використанням онтологічних агентів. Задача такого агента є відображення взаємозв'язків концептів навчального матеріалу та впорядкування термінологічного поля [37]. Властивості онтологічних агентів визначають функціональні характеристики адаптивних сервісів для кожного учня при аналізі, структуризації, синтезу та добору ними інформаційних джерел відповідно до навчальних завдань.

Учасники навчального процесу як основу навчального процесу використовують онтологізовану навчальну програму. Забезпечення умов ефективного використання інформаційних ресурсів учнями, викладачами, експертами, методистами та іншими фахівцями є важливою складовою єдиного STEM-середовища. Для цього можуть створюватись персоналізовані кабінети учнів та вчителів [35]. Для цього повинні використовуватись адаптивні підходи формалізації джерел інформації, що формують знання та враховують персоналізовані запити та потреби користувачів.

Створення та використання баз освітніх та дослідницьких джерел є важливою складовою єдиного STEM-середовищ. Враховуючи значну наявність таких STEM-наративів, забезпечується їх класифікація відповідно до предметних галузей або сфер інтересів.

Такий підхід реалізовано із використанням КІТ «Поліедер» [121], що є інформаційно–телекомунікаційною системою прийняття рішень та управління процесом формування знань, що структурує STEM-орієнтований та забезпечує інтеграцію з навчальними програмами на основі таксономізації й контекстно–семантичного аналізу та є системою багатофакторного аналізу навчальних та дослідницьких STEM інформаційних ресурсів.

КІТ «Поліедер» є веб–орієнтованим та кросплатформеним [26]. Для його використання необхідно мати базові навички користування Windows, веб–браузингу та Microsoft Word й Microsoft Excel.

4.2. Онтологічні підходи до побудови віртуальних лабораторій онтологічної моделі віртуального STEM-центру

При онтологізації навчальних програм використовували КІТ «Поліедер». Ієрархічна структура будується за допомогою її складової – інструменту АГРЕГАТОР. Інструмент «ПОШУК» використовується для добору навчальних ресурсів при підготовці заняття, що відповідає структурному елементу навчальної програми. Повнота можливостей добору забезпечуватиметься за умови залучення значної кількості навчальних ресурсів, що знаходяться на агентах системи. Прикладом інтеграції агенту в єдиного STEM-середовища на базі КІТ «Поліедер» є його взаємодія з освітнім шаблонізатором контенту stemua.science [124]. За допомогою індексування ресурсів та виокремлення контекстів КІТ «Поліедер» дає можливість здійснювати пошук навчальних матеріалів, розміщених на порталі.

Адаптивність реалізується із використанням компоненту «Трансдисциплінарна Мережецентрична Комп'ютерна програма Інформаційно–Аналітична Система» (ТМІАС), що забезпечує підбір навчальних матеріалів, що відповідають запитам та інтересам учнів STEM-освіти за допомогою індивідуалізованого тесту–ранжування. Окрім того, фільтрування забезпечується категорійним підходом за певними семантичними характеристиками.

Сервіс «КОНСПЕКТ» забезпечує комплексне рішення контекстно–семантичної обробки інформації шляхом обробку текстів до спрощеного синтаксичного та семантичного аналізу, обробку та виділення даних у вигляді виокремлених термінів, що стосуються теми обробку, виокремлення частин текстів предметної області, тезаурус, яких формується ключовими словами та

словосполученнями, опис конспектів шляхом формування вторинних ключів, підбір сукупностей текстових документів із використанням конспектів предметних областей.

Після обробки інформації природних областей відбувається генерація онтологічних графів із застосування модулю «КОНФОР» та візуалізацію таксономій та елементів управління контекстами у модулі «ЕДІТОР», що забезпечує реалізацію відображення у формі графу, об'єктного представлення або у вигляді онтологічної призми. Графове відображення є важливим та зручним до використання методистами та педагогами, а об'єктне та у вигляді онтологічної призми для кінцевих користувачів – учнів та викладачів.

У КІТ «Поліедер» подальшу обробку даних у створених таксономічних полях здійснюється у модулях «АЛЬТЕРНАТИВА» та «Індексатор», що забезпечують упорядкування та порівняння концептів онтологічних таксономій та індексацію й інтероперабельність обробки даних, відповідно.

Таким чином, КІТ «Поліедер» забезпечує комплексне рішення для автоматизованого формування онтологічних таксономій шляхом семантичного аналізу, таксономізації, виокремлення термінів, контекстів термінів та їх властивостей й відповідно формування комплексних термінополів, обробка даних реалізацією задачі вибору, трансдисциплінарної інтеграції контекстів із використанням

У системі КІТ «Поліедер» забезпечується побудова усіх ланцюгів процесу трансдисциплінарної інтеграції: семантичний контент-аналіз текстових документів; таксономізація; виокремлення властивостей концептів таксономії; формування онтології задачі вибору; трансдисциплінарна інтеграція контекстів на основі властивостей-критеріїв концептів, які визначають онтологію вибору.

Також, перевагою КІТ «Поліедер» є те, що оновленням вмісту таксономічних одиниць не потребує внесення змін до програмного коду, що може забезпечувати регулярне та динамічне оновлення вмісту онтологічних

графів предметних областей. Це забезпечується тим що програмний код КІТ «Поліедер» містить шаблони, включають містить алгоритми для генерації графів, що є статичною частиною коду. Динамічну частину функціоналу змінює користувач, однак її зміна не потребує знань у програмуванні, а оброблюється модулем «КОНФОР».

Таким чином, ряд запропонованих підходів забезпечує підвищення ефективності обробки даних шляхом покращення сукупності ергономічних та технологічних факторів за рахунок обробки інформації та знань, що необхідні для проведення STEM-уроків та STEM-досліджень, за допомогою серверних потужностей.

4.3. Агенти мультиагентного середовища онтологічний STEM-центр

4.3.1. Шаблонізатор STEM-контенту stemua.science

Інтерфейс шаблонізатора STEM-контенту. З метою поширення STEM-контенту було реалізовано сценарій для шаблону для платформи WordPress та доступу до редагування та створення інформації широким колом освітян, що називається stemua.science. Stemua.science – це освітня платформа, призначена для надання методичної підтримки будь-яких заходів, заснованих на STEM-підході освіти [124–126]. На сайті зберігаються сучасні методики та проекти пов'язані зі STEM, зокрема такі, що мають наукове обґрунтування та апробацію.[15, 16, 127–129]. Головна сторінка stemua.science представлена на Рис. 4.1.



Рис. 4.1. Головна сторінка STEMUA

Учасники створення навчального матеріалу класифікуються на адміністраторів та користувачів. Користувачі можуть додавати власні матеріали та коригувати їх, а адміністратори інформаційного середовища контролюють якісний вміст stemua.science. Такий підхід дозволяє залучити широку громадськість до створення навчальних матеріалів.

Сайт був розроблений для використання його як агента для онтологічної моделі віртуального STEM-центру. Особливістю сайту є написання інформації у формі, призначеній для зчитування його системою manlab.stemua.science.

Сайт складається з 3 основних частин:

1. Методичний кабінет
2. Каталог дослідницьких робіт;
3. Каталог методик;
4. Онтологічні інструменти на базі технології КІТ «Поліедер»

5. Інструмент для створення нових навчальних матеріалів.

Методичний кабінет містить теоретичні основи STEM-освіти. Статті, представлені в цьому розділі, підготовлені спеціалістами у галузі STEM-освіти, зокрема працівниками АПН та МОН України.

Онтологічні інструменти на базі технології КІТ «Поліедер» є корисними інструментами та складовими онтологічної моделі віртуального STEM-центру, що забезпечують пошуку та підбір наукового обладнання та методичних матеріалів. Онтологічні інструменти на базі технології КІТ «Поліедер» на сайті stemua.science представлена на Рис. 4.2.

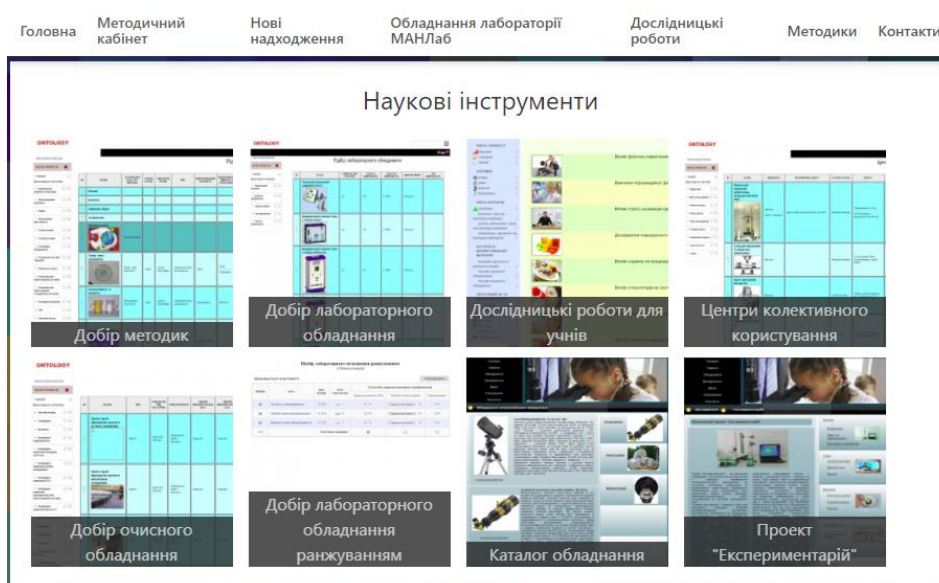


Рис. 4.2. Онтологічні інструменти на базі технології КІТ «Поліедер»

Методична частина призначена для інформаційного ознайомлення з методичними аспектами STEM-підходу в освіті, основними концепціями створення навчального матеріалу з використанням платформи та сучасними освітніми тенденціями. На Рис. 4.3 представлена загальна форма Методичної частини.

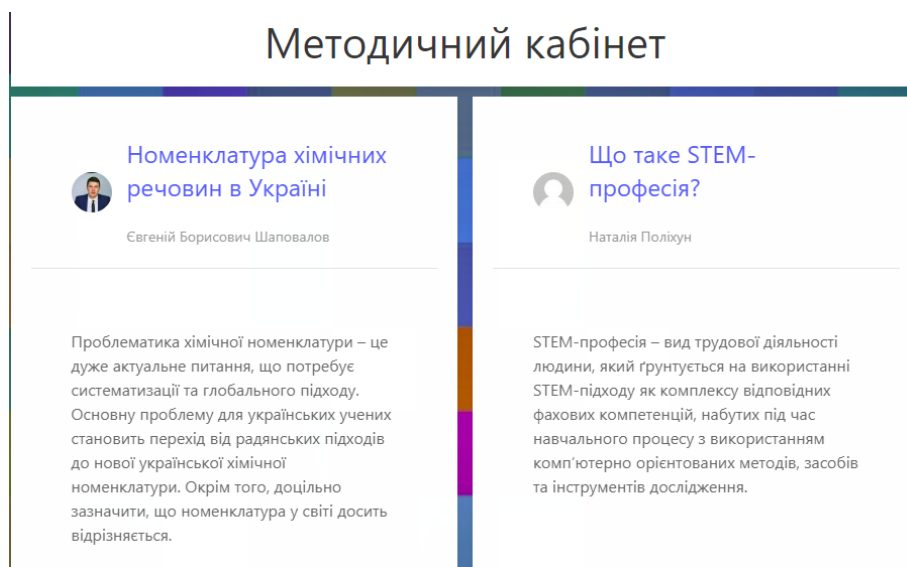


Рис. 4.3. Загальна форма методичної частини

Каталог дослідницьких робіт – це динамічно сформований перелік матеріалів, опублікованих на сайті. Кожен користувач може додати сюди свої власні методи дослідження, щоб поділитися ними з суспільством. Загальна форма каталогу наукових робіт наведена на Рис. 4.4.

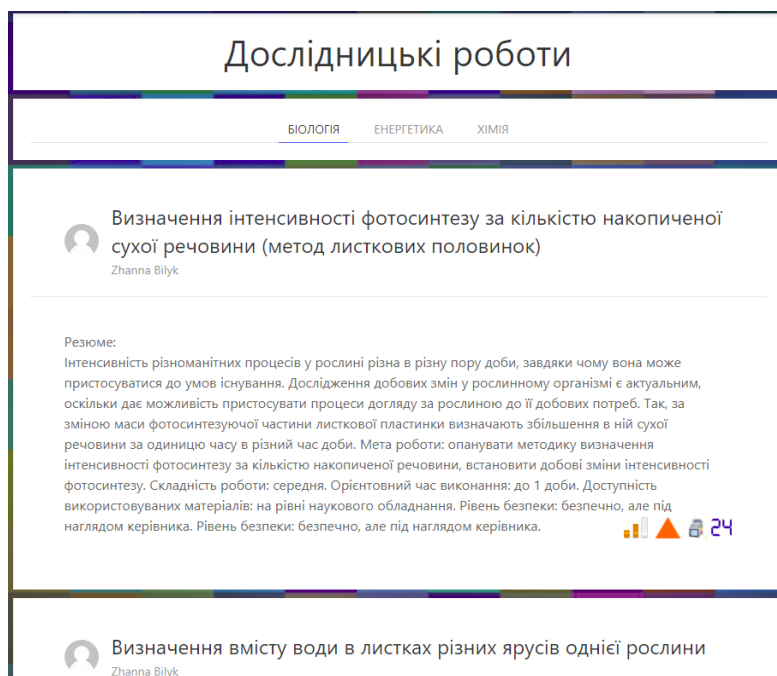


Рис. 4.4. Загальна форма каталогу наукових робіт

На майданчику розроблений механізм поділу роботи. Обидва методи дослідження та методи що містять параметри розділення освітніх розробок.

Для введення цих параметрів розроблені спеціальні поля введення «Фотографія та ім'я автора», «Назва матеріалу», «Резюме матеріалу» «Характеристики матеріалу», «Власне матеріал».

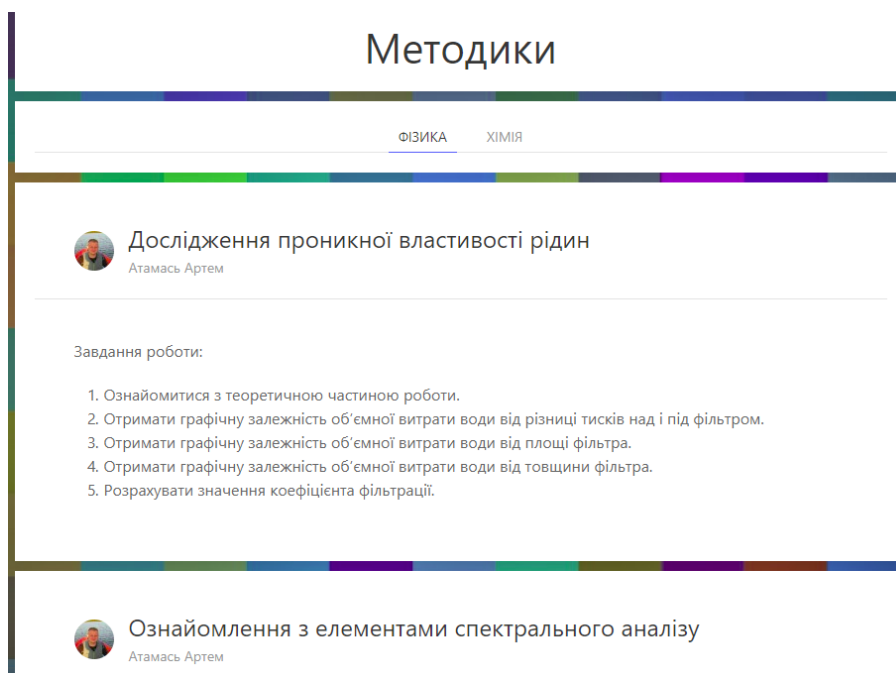


Рис. 4.5. Вид каталогу методик

Створення STEM-контенту у редакторі stemua.science. Створення нового матеріалу забезпечується функціями «Додати дослідницьку роботу» та «додати методику», розташованими на панелі користувача. Потрібно зареєструватися за допомогою Facebook, Google+ або користувач може створити новий профіль,. Панель користувача відобразить після успішної реєстрації (Рис. 4.6).

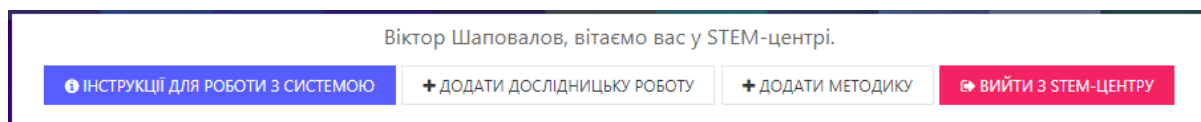


Рис. 4.6. Перегляд панелі користувача

Конструктор містить 6 полів введення та 5 полів для вибору характеристик матеріалу. Поля введення контенту є максимально спрощеними та дублюють добре відомі користувачам інструменти редактора тексту Microsoft Word. Цей підхід передбачає просте форматування тексту, і навіть у

випадку копіювання тексту з документа MS Word він буде автоматично відформатований.

Автору матеріалу слід ввести основний текст роботи, що складається з блоків «Резюме», «Попередня інформація», «Обладнання», «Експериментальна процедура», «Аналіз даних», «Напрямки розвитку (не обов'язкове поле)» та семантичні характеристики для подальшої обробки в КІТ «Поліедер», а саме «Напрямок», «Складність», «Безпека», «Наявність використаних матеріалів», та «Тривалість роботи» (Рис. 4.7).

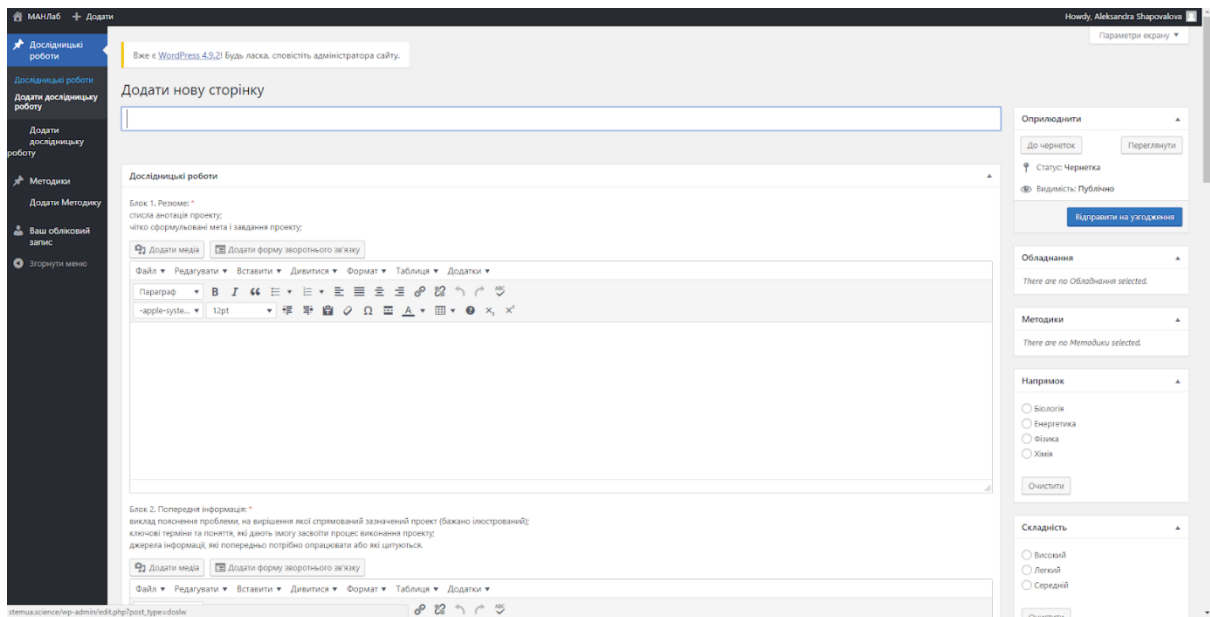


Рис. 4.7. Панель створення твору

4.3.2. Середовище manlab

Інтернет–середовище manlab є важливим освітнім порталом, що призначений для супроводу лабораторної та дослідницької діяльності у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах.

Середовище manlab, як агент онтологічної моделі віртуального STEM-центру, призначено для отримання інформації щодо дослідницької та освітньої діяльності. Для виконання даної функції до складу сайту входять наступні розділи: “Обладнання”, “Експериментарій”, “Навчальні матеріали”.

Розділ «Обладнання» містить інформацію про різноманітне обладнання, що використовується при дослідження та навчанні. Все обладнання систематизовано за напрямками: загального призначення, фізична лабораторія, хімічна лабораторія, біологічна лабораторія, мінералогічна лабораторія, астрономічний майданчик та аналітичний софт (див Рис. 4.8).

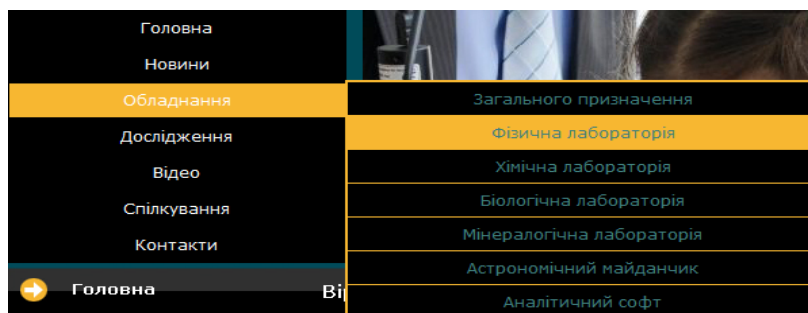


Рис. 4.8. Структура середовища manlab

Кожне обладнання містить у собі інформацію щодо характеристик обладнання та короткий опис (Рис. 4.9. п.1). Подальша систематизація інформації відображається у правій частині екрана (Рис. 4.9. п.2).



Рис. 4.9. Опис обладнання у середовищі manlab

Розділ експериментарій призначено для інформування користувачів щодо методичного забезпечення. Подальша класифікація здійснюється за

допомогою панелі с права. Загальний вигляд «Експериментарію» середовища matlab представлено на Рис. 4.10.



Рис. 4.10. Загальний вигляд «Експериментарію» середовища matlab

Обрана методика представляється у вигляді фір-книжки. Інформація складається з таких блоків “Мета”, “Теоретичні відомості”, “Обладнання”, “Хід роботи”, “Аналіз результатів” та “Розвиток дослідження”. Загальний вигляд методики представлений на Рис. 4.11.

Утворення води.

Вивести теплоту згоряння – кількість тепла, що виділяється 1 кг або 1 м³ речовини палива, у процесі повного згоряння в кисню у вакуумній камері палива.

Висоту теплоу згоряння визначають для підручної порції палива і його швидкості, при складанні теплової баланси і виміщенні КСХ з урахуванням, що використовують паливо. Для виміщення рідких палив і підручну порцію в паливну камеру палива при згорянні палива та швидкості згоряння. Умовні паливо характеризується значенням теплової згоряння, рівням 7000 ккал/кг або 29,3 МДж/кг, швидкості згоряння – 1000 мм/сек або 41,30 м/сек.

Для виміщення теплової камери профілю бреші використовують метод передачі тепла від палива до суміші в водю. Суміш має вмістити повітря, що забезпечує бреші повне потопання тепла від палива. При нагріванні бреші може тіла відокремити і процес випромінювання тепла від тіла у отвірний простір, для виміщення при теплоті при згорянні палива експерименту необхідно виміщати дещо менше, ніж паливо на виміщення. Тому протягом експерименту часу бреші тримати процес нагрівання та охолодження без кліматичної теплої. При нагріванні палива в водю камеру би теплоту при відсутності вугор. Для виміщення шід температури нагрід повітря дитим час на охолодження рідкого середовища на нагрівання, а шід температури на рідкому середовища доходить до найбільшого значення температури.

Детальний опис датчика температури DHT22

Датчик температури (25 °C – 110 °C) може під'єднати до регістратора даних Nova5000, MatriLab або TmlLab. Датчик температури є простим, надійним датчиком із повною функцією. Він під'єднується безпосередньо до регістратора даних до комплекту стандартного кабелю mini-DIN. Датчик температури впертий за допомогою спеціального адаптера, що робить його більш надійним та міцним, ніж звичайний скляний термометр, на який впливає атмосферний тиск.

Задача випромінювання (25 °C – 110 °C) датчик можна застосувати у якості термометра для виміщення дослідження в шід файли файлів, коли при зміні та оточення середовища і він найкраще підходить для здійснення вимірювань температури води та інших рідинних речовин.

Принцип роботи

Датчик температури (25 °C – 110 °C) під'єднується безпосередньо до регістратора даних. Термометричний елемент створює мікро напругу 0,1 мВ на градуси мікро напругу, пропорційну до вимірної температури у діапазоні 0..5 Н, який є призначений для аналого-цифрового перетворення регістратора даних. Потім регістратор даних видає вміст отримані значення.

Характеристики датчика

Діапазон	-25 °C – 110 °C
	-13 °F – 230 °F
	203 K – 383,15 K

Виміщення. Лабораторний прилад

Діапазон для регістратора MatriLab або TmlLab	-25 °C – 110 °C
Точність	-13 °F – 230 °F
Точність	±2% від повного діапазону
Роздільність 12-біт	0,03 °C
Частота зчитування за замовчуванням	10 зчитувань на секунду
Час вимірювання для 90% швидкості у повільному	20 секунд у рідкій
	40-60 секунд у повітрі
Синхронний канал	Роздільний канал ідентифікації датчика
Розширюваний застосування датчика	Застосовується тільки у слабких кліматичних ретинах. Не розширювати кабель дитим у рідкій. Не розширювати датчик біля випаровування повітря або на гарячій поверхні.

Калібрування

Датчик температури (-25 °C – 110 °C) не потребує калібрування.

Застосовування датчика температури і регістратора даних Nova5000 на програмному забезпеченні MatriLab

- Запустити програму забезпечення MatriLab SE.
- Під'єднати датчик температури до входу регістратора Nova5000 (потомочастота і IO-1) (Програму забезпечення MatriLab автоматично розпочне роботу датчик).
- Оберніть вихідну Регістратор, Налаштування на головній панелі інструментів і перемістіть частоту зчитування регістратора даних та кількість зчитувань. Підготуйте кнопку на головній панелі інструментів і розпочніть вимірювання.

Вибір одиниць калібрування

MatriLab відображає дані у °C. Щоб відобразити °C на °F або K:

- Натисніть кнопку Регістратор на головній панелі інструментів MatriLab, а потім натисніть Параметри.
- Оберніть бачок єдиного вимірювання у меню Основні температури і швидкість ОС.

Хід роботи

- Під'єднати датчик температури до першого входу регістратора даних IO-1.
- Запустити програму MatriLab.
- Програму забезпечення MatriLab автоматично розпочне роботу датчик температури.
- Натисніть Регістратор, Налаштування на головній панелі інструментів.

Рис. 4.11. Загальний вигляд методики

Окрім того, інформацію представлено у вигляді зібраних методик та посібників, що призначені для застосування у позашкільній та загальноосвітній діяльності (Рис. 4.12).

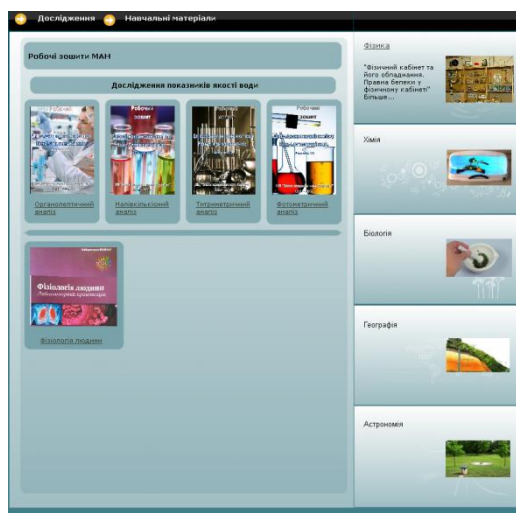


Рис. 4.12. Збірники методик у середовищі manlab

4.3.3. Інформаційні ресурси комунального закладу «Рішельєвський ліцей»

Інформаційні ресурси комунального закладу «Рішельєвський ліцей» призначено для дистанційної освіти. До складу інформаційних ресурсів комунального закладу «Рішельєвський ліцей» входить понад 100 відеоматеріалів, розміщених на ресурсі youtube. Найбільш розвинутим напрямком є фізика, однак, останнім часом розвиваються й інші напрямки, такі як математика. Загальний вигляд ресурсів представлено на Рис. 4.13.

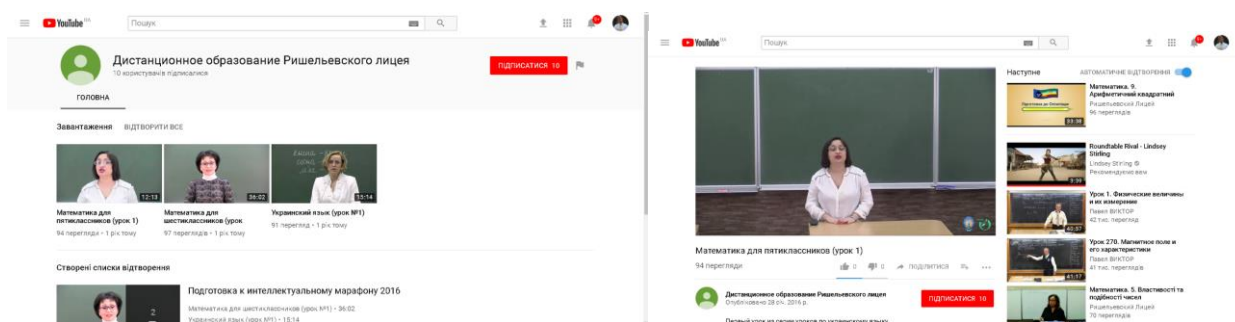


Рис. 4.13. Вигляд youtube каналу комунального закладу «Рішельєвський ліцей»

4.3.4. Інформаційні ресурси комунального закладу «Фізико–математична гімназія № 17 Вінницької міської ради»

Комунальний заклад «Фізико–математична гімназія № 17 Вінницької міської ради» підтримує веб–сайт, на якому викладає курси дистанційної та традиційної освіти. Особливістю ресурсів є те, що вони представляють собою системні курси та можуть відповідати програмам МОН щодо загальноосвітніх навчальних закладів або можуть застосовуватись для позакласної освіти. Класифікація за напрямками та класами представлено Рис. 4.14 та загальний вигляд навчального матеріалу представлений на Рис. 4.15.

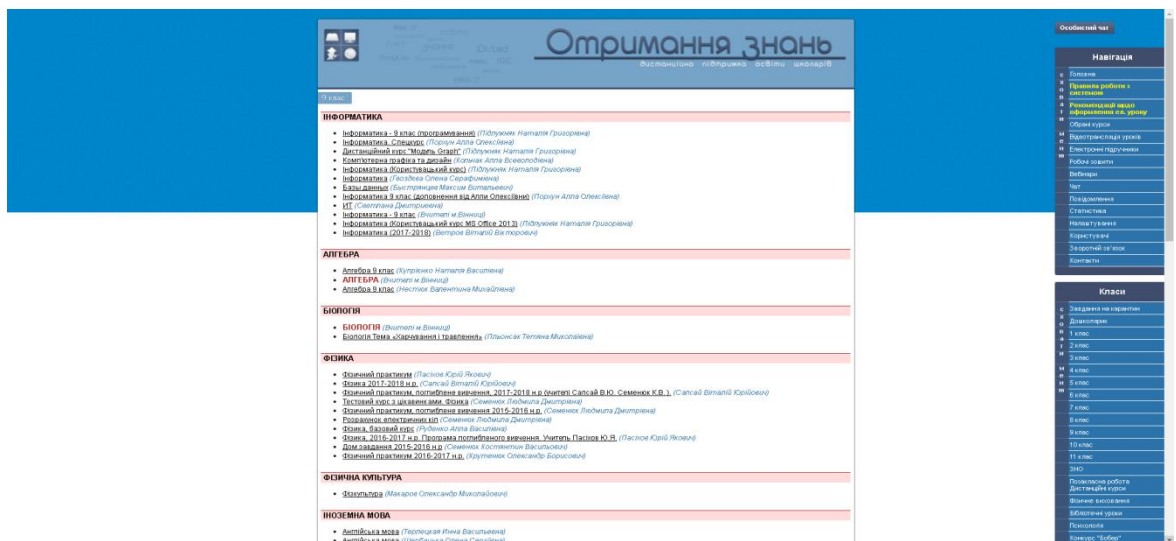


Рис. 4.14. Класифікатор інформації інформаційного ресурсу комунального закладу «Фізико–математична гімназія № 17 Вінницької міської ради»

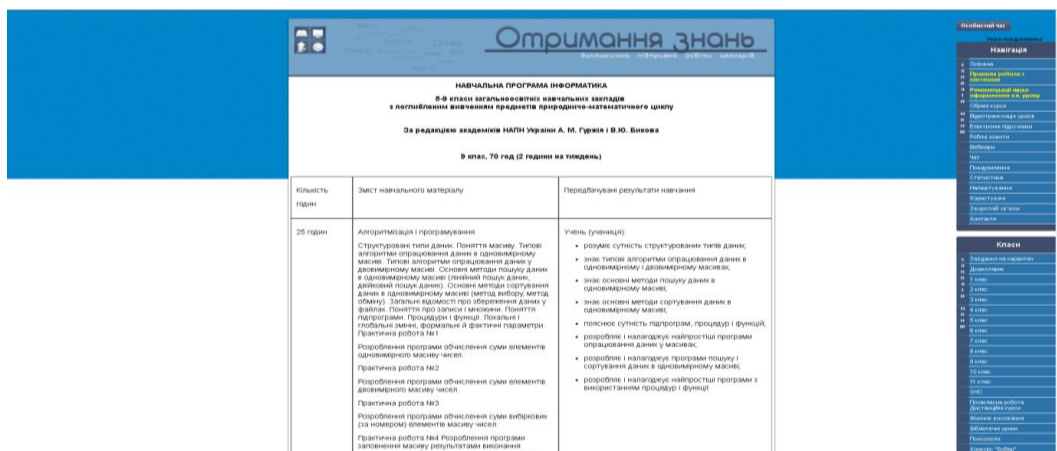


Рис. 4.15. Кінцевий вигляд матеріалу

4.4. Висновки за розділом IV

Виявлено та досліджено ключові аспекти, пов'язані з цією проблематикою. Доведено важливість інтеграції навчальних ресурсів у систему STEM освіти та розглянуті підходи до їхньої реалізації.

Доведено, що інтеграція навчальних ресурсів є актуальною та важливою проблемою в сучасній STEM освіті. Це дозволяє забезпечити доступ до різноманітних навчальних матеріалів, які сприяють розвитку креативності, аналітичних здібностей та практичних навичок учнів. Інтеграція таких ресурсів створює можливість для більш глибокого та цільового вивчення STEM предметів.

Досліджено різноманітні методи та інструменти інтеграції навчальних ресурсів у STEM центрі. Серед них особливу увагу привернули методи та технології, які забезпечують індивідуалізацію навчання та адаптацію до потреб учнів. Також було досліджено питання створення онтологічних моделей та систем, які допомагають в структуруванні та організації навчальних матеріалів.

Виявлено, що інтеграція навчальних ресурсів може бути реалізована через створення віртуального STEM центру, який об'єднує різні освітні ресурси та надає доступ до них. Такий центр створює можливість для комунікації між учнями та вчителями, обміну знаннями та дослідницькою діяльністю.

Практичне значення цих досліджень полягає у розробці програмного засобу для збору та агрегації STEM-інформації, її систематизації та консолідації у онтологічній формі. Це включає інтерактивний когнітивний опитувальник для учнів з метою відбору STEM-проектів та систему онтологічних застосунків, що забезпечують реалізацію освіти за STEM-підходом.

Результати досліджень, наведені в четвертому розділі, опубліковано в роботах [1, 9, 10, 20]

РОЗДІЛ 5. Використання онтологічного STEM-центру

5.1. Компоненти віртуального STEM-центру

5.1.1. Онтологічні навчальні програми

Основою онтологічної моделі віртуального STEM-центру є різні типи освітніх програм (таких як початкова, середня, позашкільна), що формують реєстр навчальних програм. 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, використано теми навчальних програм як структурні елементи онтологічної таксономії. Це дозволить забезпечити підвищення якості освіти [130] Онтологічні вершини тем пов'язані із їх материнськими вершинами – розділами. Загальний вигляд навчальної програми з хімії для учнів 10 класів представлено на Рис. 5.1.

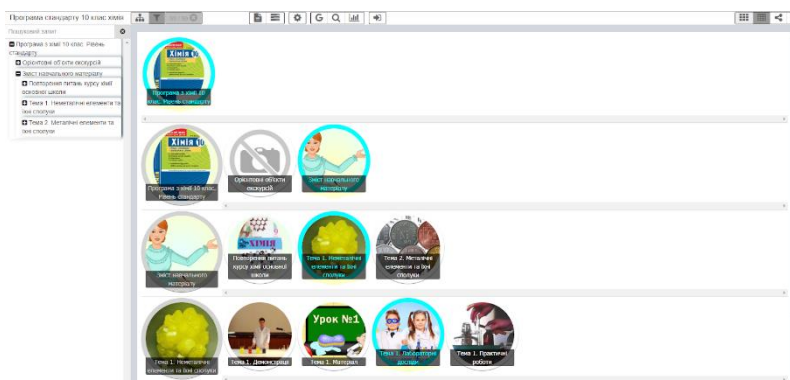


Рис. 5.1. Загальний вигляд навчальної програми з хімії для учнів 10 класів

Інтеграція різних ресурсів, описаних у пункті 5, є способом забезпечення трансдисциплінарності та дослідницького підходу до навчального процесу. Користувач, який вивчає предмет та використовує інтерактивну веб-орієнтовану навчальну програму на базі КІТ «Поліедр», може скористатися механізмом зовнішнього або внутрішнього пошуку для дослідження його питання. Механізм внутрішнього пошуку є більш раціональним для

застосування, оскільки використовує ресурси агентів моделі та матеріали підготовлені експертами у відповідних галузях, на відміну від зовнішнього пошуку, де контент може бути згенерований будь-яким користувачем. Механізм функції внутрішнього пошуку проілюстровано на Рис. 5.2 та його результати на Рис. 5.3 та Рис. 5.4.

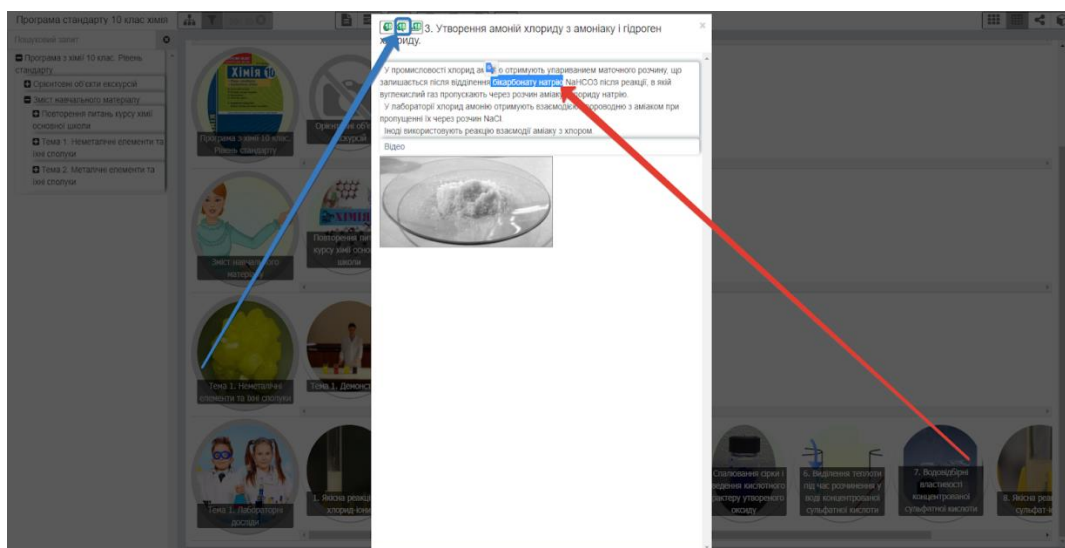


Рис. 5.2. Механізм здійснення внутрішнього пошуку

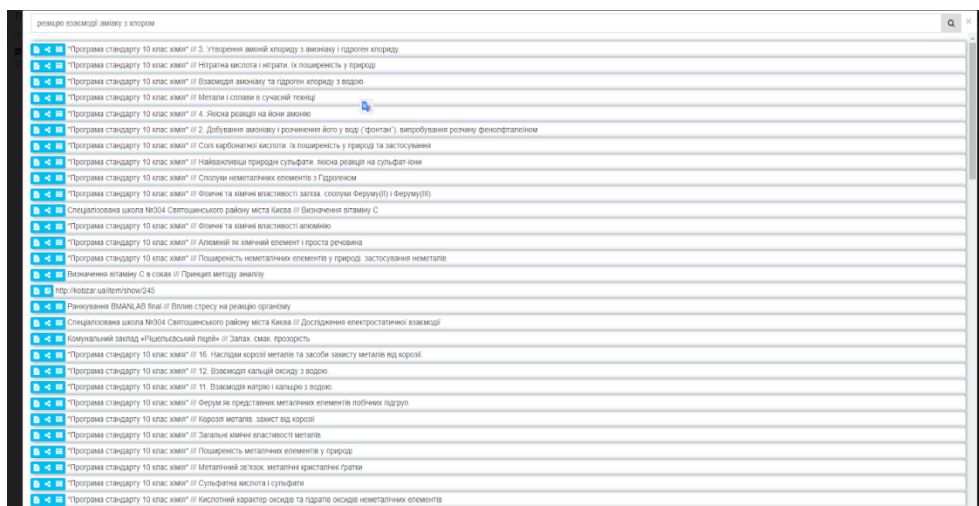


Рис. 5.3. Результати внутрішнього пошуку

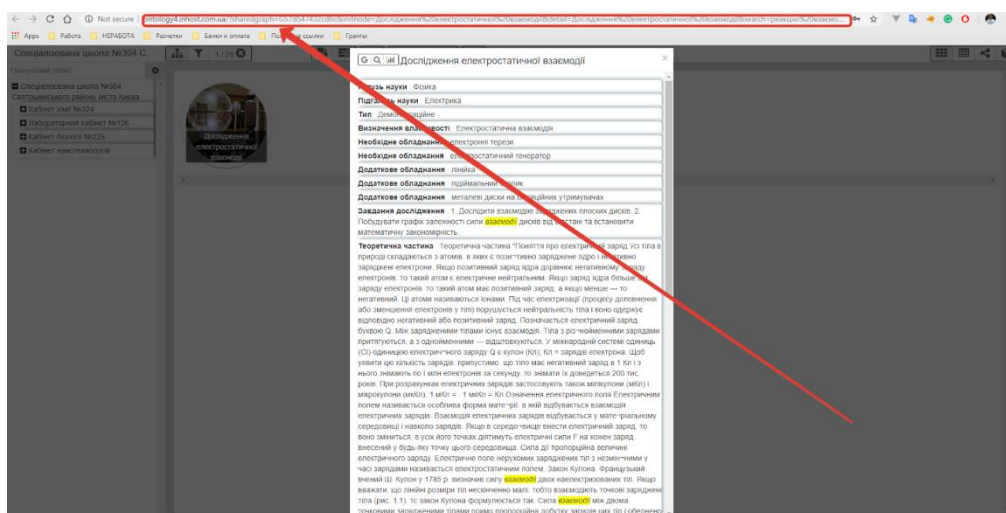


Рис. 5.4. Результати внутрішнього пошуку

Внутрішні ресурси відображаються в результатах як назви графів, а агенти онтологічної моделі віртуального STEM-центру відображаються у вигляді веб-посилань (<http://kobzar.ua/item/show/245>). У разі переходу до внутрішніх графіків він відкриється у візуалізаторі КІТ «Поліедер» (manlab.stemua.science та ontology.stemua.science). Механізм відкриття агентів КІТ «Поліедер» відрізняється, і відкриття їх призводить до переходу на веб-сайти агентів.

5.1.2. Система віртуальних музейних лабораторій та реєстрів

Дослідження в рамках проекту 'Музейна планета' охоплює розробку онтологічного інтерфейсу для візуалізації об'єктів онтології в мережецентричному середовищі. Цей процес включає автоматизовану генерацію коду на основі моделі онтологічного графа, що дозволяє корелювати стани елементів таксономії з вихідними кодами в мові програмування.

Представлення трансдисциплінарних онтологічних образів експонатів віртуальної лабораторії проекту відбувається через 'онтологічний куб', що сприяє інтегрованому сприйняттю інформації шляхом об'єднання доступу до агрегованих розподілених мережевих інформаційних ресурсів в одну багатофункціональну систему. Оптимізація використання інформації досягається через своєчасність, корисність, доцільність, доступність, мінімізацію шуму, оперативний зв'язок між джерелом інформації та користувачем, а також адаптацію до індивідуальних особливостей користувача.

У рамках проекту особлива увага приділяється аналізу конкретних функцій у специфічних середовищах, зокрема в контексті загальнонаціонального значення та символізму, як у випадку віртуальної світлиці Т.Г. Шевченка.

Онтологічний інтерфейс проекту включає інформаційне наповнення, де візуальне представлення об'єктів онтології реалізовано через зображення, вказівки на джерела, а також текстові описи та посилання на інформаційні ресурси, що супроводжуються єдиним стилем візуалізації. Верхнє меню інтерфейсу містить кнопки для зміни режимів відображення об'єктів, включаючи різні рівні інтерактивності та деталізації інформації (Рис. 5.5).

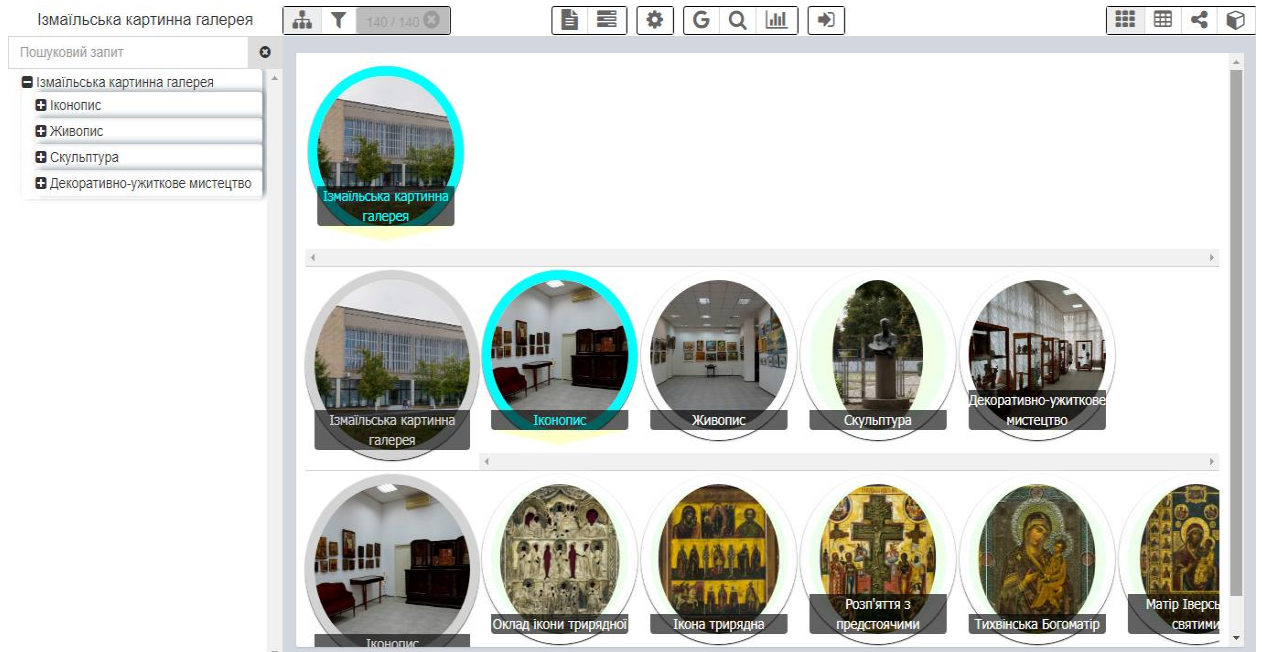


Рис. 5.5. Об'єктне відображення та керуючі елементи об'єктів онтології «Ізmailivська картинна галерея»

У реєстрі даних 'Музейна планета' з її онтологічним відображення, на кожному ієрархічному рівні інтерфейсу, за винятком найвищого, присутня іконка, що символізує візуальну копію обраного об'єкта з нижчого рівня, класифікованого як об'єкт-клас. Ця візуальна копія має пасивний характер і не включає в себе інтерактивних керуючих елементів.

Додатково, система пропонує графове відображення реєстру, представлене у вигляді графа. Цей режим імітує функціональність підсистеми відображення в редакторі таксономій. Однак, відмінною особливістю є розміщення керуючих елементів фільтрації в розділі налаштувань, що забезпечує більш гнучке управління відображенням даних (Рис. 5.6).

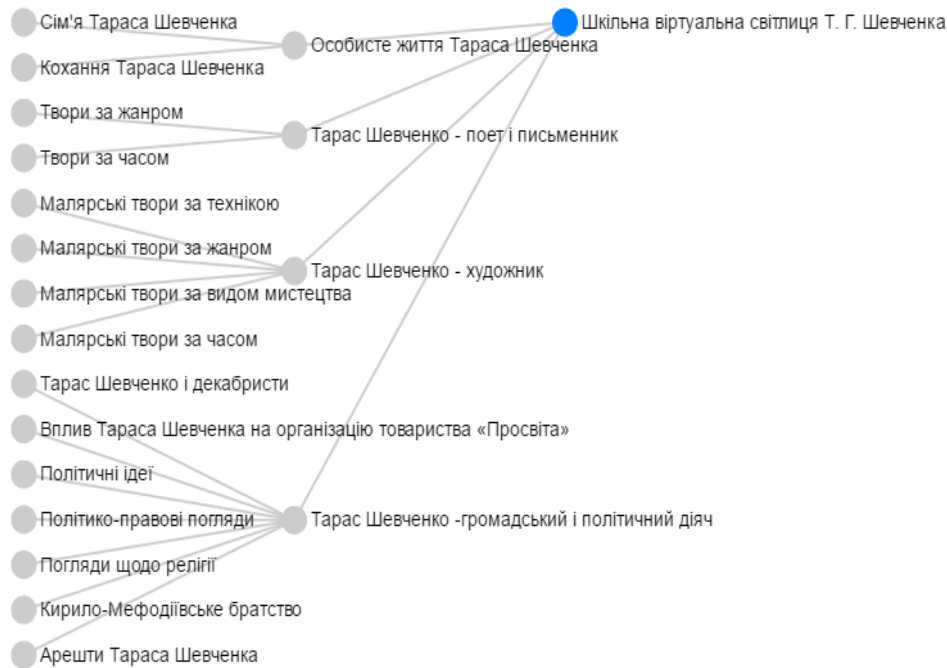


Рис. 5.6. Графове відображення таксономії області дослідження

Онтологічний інтерфейс реєстру 'Музейна планета' включає три ключові компоненти: лівий навігатор по онтології, відповідний таксономічній структурі мережецентричного середовища, верхнє функціональне меню та центральну область для візуалізації об'єктів онтології. Режим відображення дозволяє ефективно переглядати та порівнювати множину об'єктів онтології, особливо в ситуаціях обмеженого доступу до пошукових систем або фільтрів.

Інформаційні картки об'єктів онтології, активовані через керуючий елемент 'Деталі', надають доступ до зовнішніх та внутрішніх джерел інформації через спеціально встановлені кнопки. Ці інструменти розташовані в різних частинах інтерфейсу для забезпечення широких можливостей пошуку та дослідження.

Також, в інтерфейсі передбачена функція візуалізації пов'язаних об'єктів. При взаємодії з об'єктом, що містить пов'язані елементи, курсор миші трансформується в стрілку, що дозволяє користувачу натиснути та перейти до додаткового рівня інформації, розкриваючи пов'язані елементи та детальну інформацію про них. (Рис. 5.7).

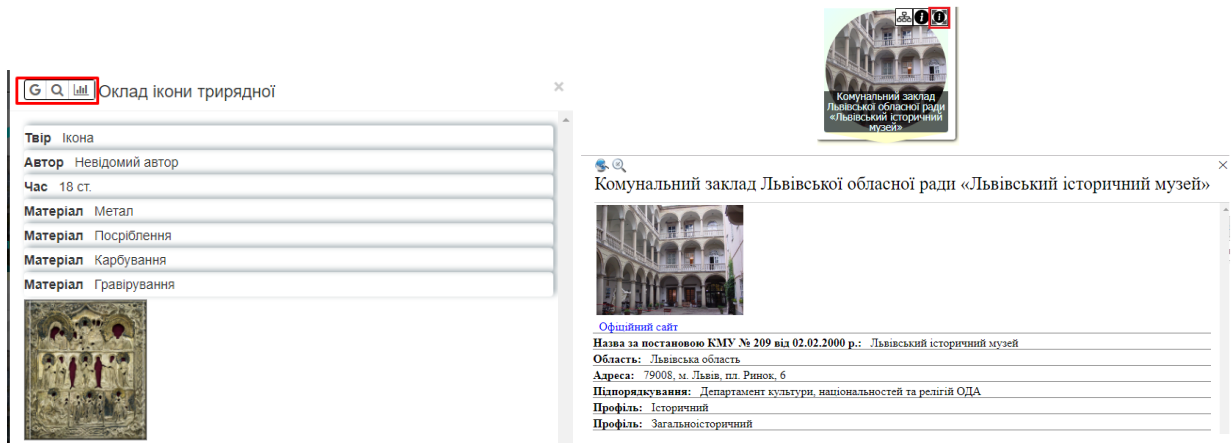


Рис. 5.7. Інформаційна картка об'єкта онтології «Ізмаїльська картинна галерея»

У структурі онтологічного інтерфейсу 'Музейна планета', на кожному ієрархічному рівні, за винятком верхнього, розміщена іконка, яка представляє візуальну копію обраного об'єкта з попереднього рівня. Ця копія є пасивною і не інтегрована з керуючими елементами, оскільки вона виконує роль об'єкта-класу на поточному рівні.

Табличне відображення об'єктів онтології впроваджено у форматі таблиці, що містить іменовані атрибути (метадані) об'єктів (Рис. 5.8) та їх значення. Верхній рядок цієї таблиці, в якому розташовані назви атрибутів, є фіксованим і не змінює своє положення під час прокрутки. Таким чином, таблиця забезпечує стабільне відображення назв атрибутів, в той час як імена об'єктів, їх зображення та значення атрибутів можуть бути переглянуті шляхом прокрутки.

	Область	Адреса	Підпорядкування	
 Національний музей історії України у Другій світовій...	Музеї Києва	01015, м. Київ, вул. Лаврська, 24	Міністерство культури України	
 Національний художній музей України	Музеї Києва	01001, м. Київ, вул. М. Грушевського, 6	Міністерство культури України	X
 Національний музей «Чорнобиль»	Музеї Києва	04071, м. Київ, пров. Хоревий, 1	Міністерство внутрішніх справ України	К

Об'єкт	Твір	Автор	Час	Матеріал
 Оклад ікони трирядної	Ікона	Невідомий автор	18 ст.	Метал Посріблення Карбування Гравірування
 Ікона трирядна	Ікона	Невідомий автор	17 ст.	Дерево Темпера Позолота
 Роз'явта з предосточними	Ікона	Старообрядна ікона	19 ст.	Дерево Темпера Сусальне срібло

Рис. 5.8. Табличне відображення елементів онтологічного інтерфейсу

Інтерфейс 'Музейної планети' включає у себе панель керування онтологічним кубом, розташовану в першому рядку, яка виступає як головне меню для навігації та управління. Онтологічний куб (Рис. 5.9), що представляє трансдисциплінарні онтологічні образи, виконує не лише роль комунікативного засобу, а й сприяє ефективному використанню інтегрованих інформаційних систем для науково-освітньої та дослідницької діяльності. Ключові функції онтологічного куба включають агрегацію розподілених мережових інформаційних ресурсів, онтологічне управління інформаційними масивами, а також візуалізацію об'єктів дослідження.

Кожна грань онтологічного куба містить керуючий елемент 'Фільтрувати оточення', який дозволяє формувати новий куб з окремих об'єктів онтології за аналогією з 'Ієрархічним фільтром'. Інтерфейс куба розроблено з урахуванням психологічних аспектів, використовуючи зелені кольорові відтінки для стимуляції розумової діяльності без перевантаження зору. Використовується збалансований контраст для чіткості візуального сприйняття, а інформація на екрані структурована для полегшення інтерпретації. Елементи куба організовані для формування цілісного образу, з використанням візуальних засобів, таких як рисунки, таблиці та схеми, для більшої наочності.

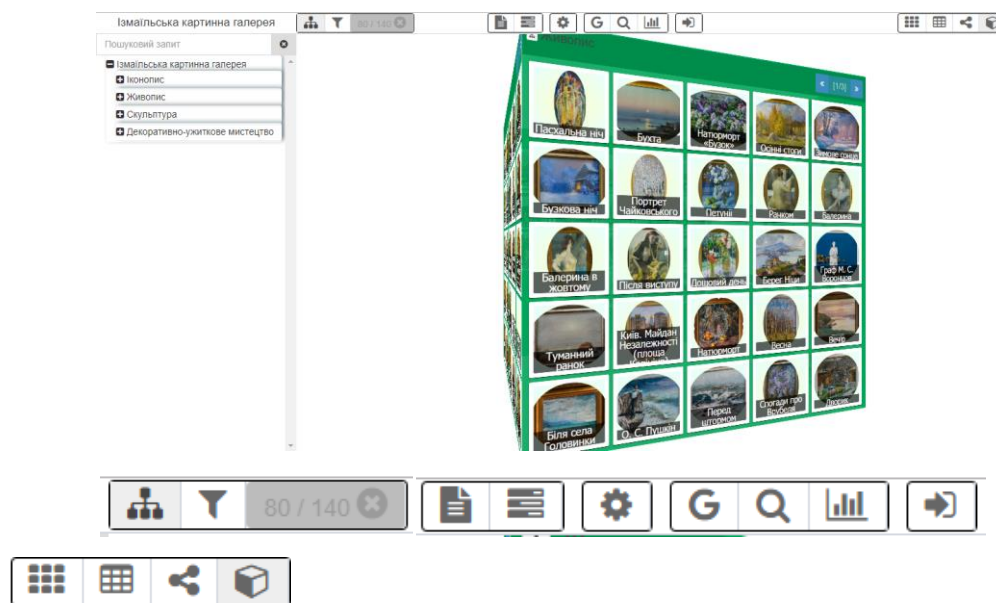


Рис. 5.9. Головне меню онтологічного куба

В онтологічному інтерфейсі 'Музейна планета', функція 'Ієрархічний фільтр' виконує роль регулятора для візуалізації чи приховування об'єктів онтології відповідно до їх ієрархічної структури. Також, інструмент 'Фільтр атрибутів' дозволяє користувачам налаштовувати відображення об'єктів на основі специфічних атрибутів, забезпечуючи можливість селективного показу елементів, що відповідають певним критеріям. Ці інструменти підвищують гнучкість та ефективність використання онтологічного інтерфейсу для специфічних дослідницьких та навчальних завдань (Рис. 5.10).

Область	Адреса	Підпорядкування	Профіль	Назва за постановою	Інша назва
Музеї Києва	01015, м. Київ, вул. Лаврська, 24	Міністерство культури України	Історичний Військово-історичний Меморіальний	Меморіальний комплекс «Національний музей історії України у Другій світовій війні»	
Музеї Києва	01001, м. Київ, вул. М. Грушевського, 6	Міністерство культури України	Художній		
Музеї Києва	04071, м. Київ, пров. Хоревий, 1	Міністерство внутрішніх справ України	Історичний		

Рис. 5.10. Результати фільтрації об'єктів порталу «Музейна планета» за значенням «Музеї Києва» атрибуту «Область»

Функція 'Фільтр атрибутів' (Рис. 5.10) в інтерфейсі 'Музейна планета' дозволяє користувачам ефективно фільтрувати об'єкти онтології за їх атрибутами. Доступна тільки для онтологій із визначеними властивостями, ця функція забезпечує вибіркове відображення об'єктів, що відповідають певним параметрам. Основний механізм фільтрації полягає в пошуку за точним значенням атрибуту, причому для текстових даних оптимальним є використання внутрішнього пошуку, а для числових - пошуку в межах числових інтервалів. Деякі специфічні типи даних, наприклад географічні координати, можуть бути недоступні для цього фільтра. З іншого боку,

'Дослідження джерел' (Рис. 5.11) активізує пошук семантично пов'язаних внутрішніх джерел інформації, формуючи запити за обраними ключовими словами або фразами.

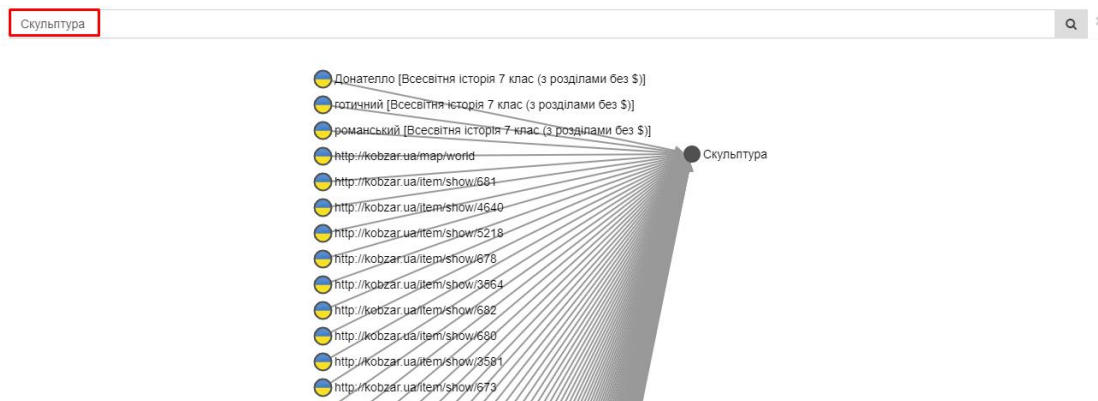


Рис. 5.11. «Дослідження джерел»

"Геоінформаційна система, інтегрована в онтологічний реєстр, надає можливість візуалізації географічних об'єктів, описаних у архівних документах, на земній поверхні. Інтерактивна карта в якості інтерфейсу цієї системи виконує функцію комунікації між графічним відображенням географічних об'єктів та онтологічним інтерфейсом, забезпечуючи комплексне уявлення географічно пов'язаних категорій." (Рис. 5.12)

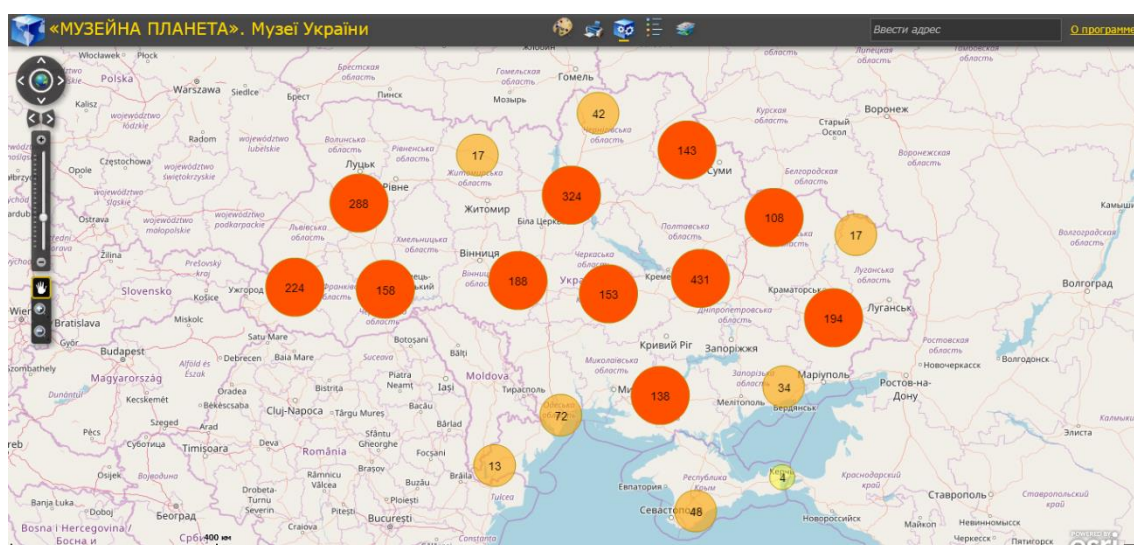


Рис. 5.12. Геоінформаційна візуалізація порталу «Музейна планета»

Інструментальна панель геоінформаційної системи, розташована у верхній частині карти, містить 'віджети', які сприяють ознайомленню з вмістом карти та розширюють дослідницькі можливості. Віджет 'Легенда' дозволяє фільтрувати і вибирати типи музеїв, такі як 3D тури, інтерактивні 3D тури чи експозиції, що не представлені. 'Список шарів' дає змогу вибирати серед різних типів музеїв, включаючи шкільні музеї. Крім того, інтерфейс надає функцію пошуку за назвою населеного пункту чи музею. Під час збільшення масштабу карти, об'єкти умовного розміщення деталізуються, а при наведенні курсору миші на об'єкт активізується додаткова інформація (Рис.5.13)

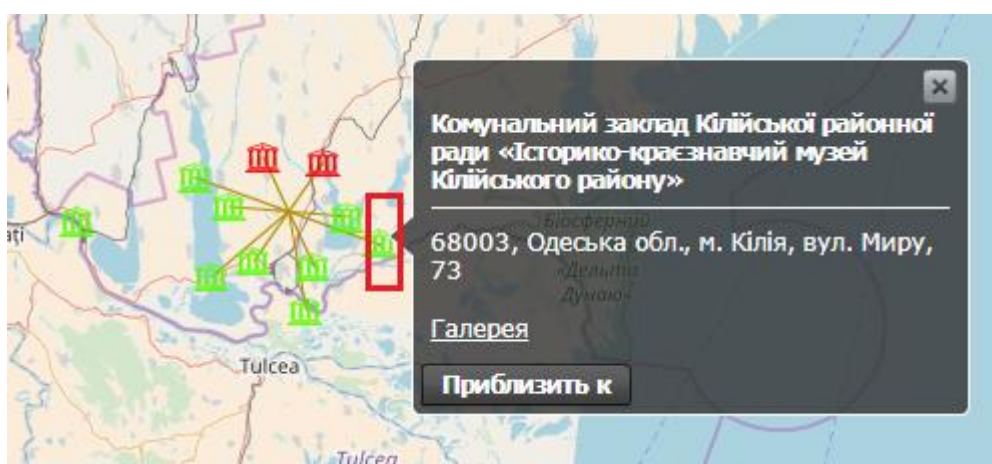


Рис. 5.13. Картка об'єкта, нанесеного на карту

5.1.3. Використання віртуальної трансдисциплінарної лабораторії мінералів

Онтологічна модель віртуального STEM-центру забезпечує реалізацію інтерактивних трансдисциплінарних досліджень, наприклад дослідження ролі сульфатів у довкіллі на базі навчальних програм. Таке використання навчальних програм з відповідного реєстру є основним принципом застосування віртуального STEM-центру [9, 131, 132].

Навчальна програма з хімії 10 класу рівня стандарт була використана як семантична база для побудови уроку. Теми, розділи та інші складові були представлені у вигляді онтологічних вершин (Рис. 5.14). Викладач, що

користується даною онтологією може використовувати інформацію, вкладеною в онтологічну вершину для побудови уроку. При цьому, міжпредметні зв'язки забезпечуються пошуковою машиною та лінгвістичним корпусом КІТ «Поліедр».

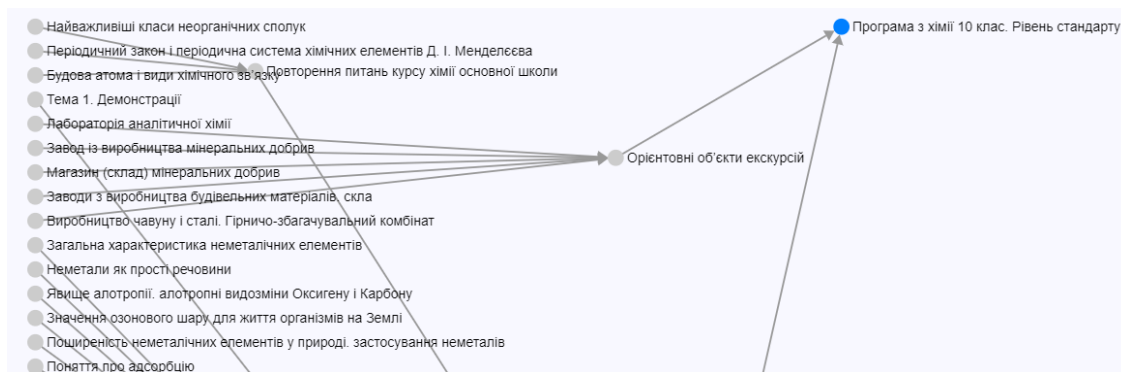


Рис. 5.14. Онтологічний вигляд навчальної програми з хімії 10 класу рівня стандарт

Завдяки симбіозу інформаційних технологій та інформації у реєстрі мінералів можливо забезпечити трансдисциплінарність при вивченні матеріалу, зокрема, хімічного складу мінералів. Так, у програмі по хімії вказано, що одним з рекомендованих об'єктів екскурсій є завод з виробництва мінеральних добрив. Так, доцільно попередньо учню надати розуміння щодо терміну “мінеральний” та детально розглянути віртуальний музей мінералів (Рис. 5.15).



Рис. 5.15. Віртуальний музей мінералів

Для структуризації даних про мінерали доцільно представити їх у вигляді онтологічної призми (Рис. 5.16). Перевагами такого відображення є чітка класифікація експонатів за класами та побудова зв'язків між ними.



Рис. 5.16. Онтологічна призма мінералів

Значна частина матеріалу програми зв'язана з вивченням місцезнаходженням покладів мінеральних сполук. Наявність тих чи інших мінеральних сполук для певного регіону доцільно вивчати за допомогою системи ГІС яка дає можливість локалізувати територію на якій знаходяться певні сполуки (Рис. 5.17).

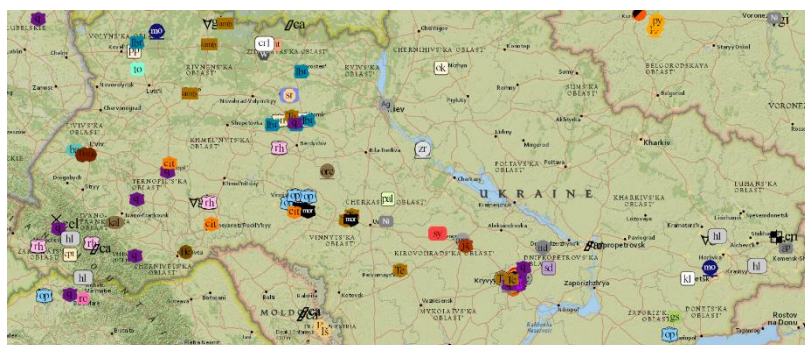


Рис. 5.17. Карта мінеральних сполук у системі ГІС

Припустимо, що учасника навчального процесу зацікавило питання: «Чи забруднює родовище хальканіту (купрум(II) сульфат) довколишнє середовище?» Для вирішення цієї задачі викладач може повторно застосувати інструменти КІТ «Поліедр» для пошуку методичного забезпечення, що дозволяє визначити вміст курпум(II) сульфату у довкіллі.

Розглянемо методику виявлення купруму у воді (Рис. 5.18). Завдяки чіткій структуризації матеріалу виділяються основні складові методики –

необхідне обладнання, реактиви та описаний хід роботи з застосуванням хімічних методів для аналізу.

Визначення купруму (II)	
Галузь науки:	Хімія
Штаб-галузь науки:	Аналіз якості води
Тип:	Фотометричне дослідження
Визначуваний параметр:	Вміст купруму (II) (Cu^{2+})
Хімічний посуд:	Мірна колба 30 мл
Реактиви для приготування розчинів:	Калій-натрій виннокислий (селітнова сіль)
Реактиви для приготування розчинів:	Детил карбонат
Реактиви для приготування розчинів:	Амлак
Реактиви для приготування розчинів:	Ортофосфорна кислота
Реактиви для приготування розчинів:	Крохмаль
Готові розчини:	Хлоридна кислота 30%
Готові розчини:	Натрію детилкарбонат 0.1% водний
Готові розчини:	Калій-натрій виннокислий (селітнова сіль) 50%
Готові розчини:	Срібло азотнокисле 1% водне
Готові розчини:	Амлак 6.25% водний
Готові розчини:	Розчин крохмалю
Необхідне обладнання:	Фотометричний апарат
Необхідне обладнання:	Спектрофотометр
Необхідне обладнання:	Колориметр
Реактиви для приготування стандартних розчинів:	Фільтр "Синя лента"
Реактиви для приготування стандартних розчинів:	Купрум (II) сульфат
Реактиви для приготування стандартних розчинів:	Сульфатна кислота (к)
Завдання дослідження:	1. Ознайомитись з методикою аналізу води на визначення масової концентрації Купруму. 2. Навчитись аналізувати можливий потенційний вплив на здоров'я екосистем та людини пов'язаного з вмістом Купруму у воді.
Теоретична частина:	Теоретичні відомості.
Купрум - елемент I групи періодичної системи; ат. н. - 29, ат. маса - 64. Купрум - це ковкий і пластичний метал червоноватого кольору, з високою електро- і теплопровідністю.	
Рис 1. Місце Купруму в періодичній системі хімічних елементів.	
Природний джерело Купруму є мінерали борніт, калькоприт, малахіт, також зустрічається і самородна Купрум.	
Рис 2. Халькантит - як мінеральна сполука Купруму.	

Рис. 5.18. Методику виявлення купруму у воді

5.1.4. Інструменти онтологічної моделі віртуального STEM-центру для проведення дослідницьких робіт

Важливими для навчального процесу та дослідницьких робіт можуть бути спеціалізовані інструменти обробки даних. Розглянемо застосування таких інструментів на прикладі вивчення мікроорганізмів. Так, у побудованому онтологічному інструменті є можливість пошуку мікроорганізму та його добору за допомогою обрання семантичних характеристик. Використання онтологічної таксономії мікроорганізмів у навчальному процесі дозволяє отримувати системні дані про об'єкти вивчення: належність до видів, родів, родин, класів, порядків, відділів, доменів. Систематизація знань у галузі біотехнологій також може бути ускладнена тим, що семантичні характеристики не завжди можуть бути кількісно визначені, а тому система ранжування не завжди може вирішити питання управління інформацією. Для таких систем пропонувалося виділити семантичні характеристики та застосувати функцію фільтрації [133].

Отриманий онтологічний граф забезпечує можливість використання фільтрації, і можна знайти виявлений мікроорганізм або групу мікроорганізмів. [133].

Загальний вигляд онтологічної таксономії (реєстру) мікроорганізмів представлений на Рис. 5.19, а загальний вигляд системи добору мікроорганізмів – на Рис. 5.20.



Рис. 5.19. Загальний вигляд онтологічної таксономії мікроорганізмів

Цей онтологічний граф є складовою онтологічної моделі віртуального STEM-центру. Отже, його використання можливе як автономної одиниці, так і використання його складових у навчанні.

Products availability	Ecological rank	Form	Substrate	Optimal pH range
Genus I. Methylohalobium VP			Methan	
Genus II. Methylophilum VP			Methan	
Genus III. Methylobacterium VP			Methan	
Genus XIII. Methylobacterium VP Genus I. Methylobacterium AI			Methan	
Genus I. Methylophilum VP			Methan	
Genus II. Methylobacterium AI			Methan	
Genus III. Methylobacterium VP Genus IV. Methylophilum VP			Methan	

Рис. 5.20. Загальний вигляд системи добору мікроорганізмів

5.1.5. Онтологічна система структуризації дослідницьких результатів, набутих у дослідницькі та науковій роботі в рамках STEM-освіти

Великий обсяг наукової інформації можна систематизувати за допомогою ІТ–платформи КІТ «Поліедр». ІТ–платформа КІТ «Поліедр» може забезпечити високий рівень структуривання інформації та обробки інформації за допомогою створення ієрархії та використання інструментів КІТ «Поліедр», таких як ранжування та фільтрування. КІТ «Поліедр» можна використовувати як для систематизації наукової інформації, так і для створення корисних інструментів бази даних (на основі великих даних) для вченого. Розроблений метод систематизації наукової інформації, який характеризується більш високим рівнем обробки інформації. КІТ «Поліедр» інтегрує оброблені наукові дані в єдине наукове інформаційне поле, яке допомагає вченим та студентам під час міждисциплінарних досліджень.

Для побудови системи ранжирування попередніх досліджень, визначено семантичні характеристики наукових досліджень, присвячених виробництву біогазу з курячого посліду [134–137]. Ці смислові характеристики включають температуру ($^{\circ}\text{C}$), об'єм реактора (л), вміст курячого посліду (%), 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 [138–142].

Інтерфейс для вибору важливості показників представлено на Рис. 5.21, а інтерфейс для ранжування результатів представлено на Рис. 5.22. Інтерфейс для вибору пріоритетів чисельних показників інформація для ранжування дозволяє враховувати пріоритетність сучасних статей з правильним маркуванням важливих критеріїв. Розглянута система дозволяє швидко шукати інформацію за необхідним критерієм [12, 133, 143–146].

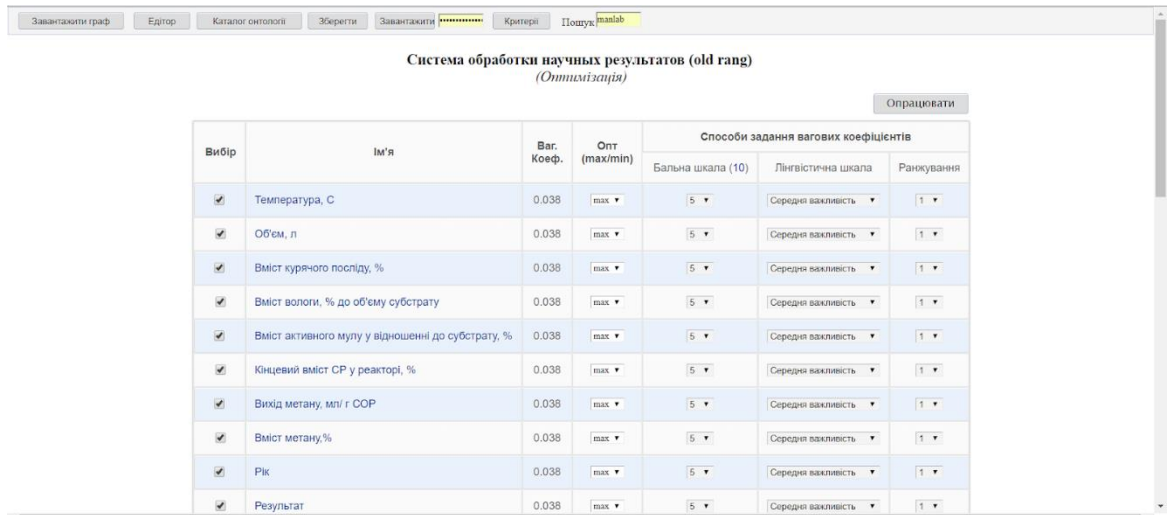


Рис. 5.21. Інтерфейс вибору важливості показників

#	Елементи	Значення	Діагностика											
			Температура, С	Об'єм, л	Вміст курячого посліду, %	Вміст вологи, % до об'єму субстрату	Вміст активного мулу у відношенні до субстрату, %	Кінцевий вміст СР у реакторі, %	Вихід метану, мл/г СОР	Вміст метану, %	Рік	Результат	Режим (безп.)	
1	1999 Callaghan Co-digestion of waste organic solids: batch studies	0.272	35	1	20			10	15	70		1999		пері
2	2 1985 JANTRANCA HIGH-SOLIDS ANAEROBIC FERMENTATION OF	0.25	35	15	71				35	42,952		1985		Пері
	2009 Ahn Evaluation of Biogas													Свинний навоз характеризувався вищою буферністю, тому процес проходив. Рівень амонійного азоту не був дуже високий для ініціювання

Рис. 5.22. Інтерфейс ранжування наукових результатів

Інтерфейс вибору пріоритетів семантичних характеристик для ранжування дозволяє враховувати пріоритетність сучасних статей, при правильному розставленні критеріїв важливості. Розглянута система дозволяє швидко відсортувати інформацію за необхідним критерієм. Такий підхід дозволяє сформувати цілісний реєстр робіт учнів, що можуть бути взаємо пов'язанні між собою із використанням онтологічних зв'язків [147, 148]. В цілому оцінка стану запровадження та наявності інновацій різних технологій (зокрема й біогазових) є важливою зокрема в контексті Євроінтеграції [149, 150]

5.1.6. Віртуальний реєстр наукових видань

Створено онлайн-орієнтований онтологічний реєстр для фахових видань України та SCOPUS для вибору. Як вершину представлено кожен окремий журнал. Для обох розділені семантичні характеристики. Для журналів фахових видань України були виділені наступні характеристики «Засновники», «Галузь науки», «Дата включення / оновлення», «Індексація журналу», «Спеціалізація журналу». Користувач може використовувати ці характеристики для вибору потрібного йому журналу. Інструмент вибору журналів фахових видань України представлено на Рис. 5.23.

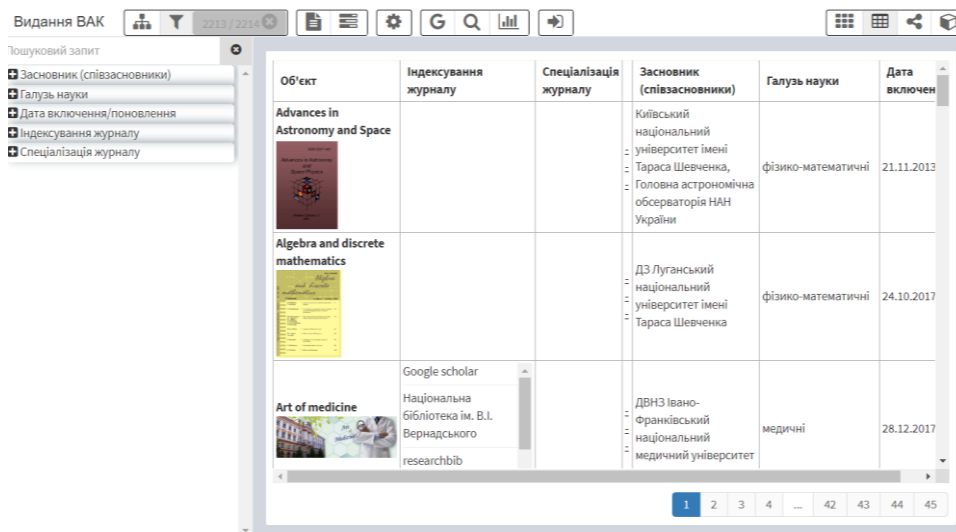


Рис. 5.23. Інтерфейс добору журналів для публікації у фахових виданнях

Щоб створити базу даних у журналів 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 журналу Scopus представлено на Рис. 5.24.

Змінити режим перегляду

ФІЛЬТРУВАТИ ✕

Відображення: Таблиця

▼ АНАЛІЗ

Властивості об'єктів:

- ▼ 2016 SJR ▼ ▲
- ▼ 2016 SNIP ▼ ▲
- ▼ 2016 CiteScore ▼ ▲
- ▼ Active or Inactive ▼ ▲
- ▼ All Science Classification Codes (ASJC) ▼ ▲
- ▼ Article language in source(three-letter ISO language codes) ▼ ▲
- ▼ Other related title 2 ▼ ▲
- ▼ Other related title 3 ▼ ▲
- ▼ Publisher's Country ▼ ▲

№	HASBA	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)
1 0	21st Century Music	15343219	Inactive	ENG	Cambridge University Press	Cambridge University Press	United States	Music
2 0	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
3 0	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

Рис. 5.24. Інструмент вибору журналу Scopus

5.1.7. 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 онтолого–керованих віртуальних лабораторій. На Рис. 5.25 представлено віртуальну лабораторію науково–експедиційних досліджень.



Рис. 5.25. Віртуальна лабораторія науково–експедиційних досліджень

Особливістю онтологічного журналу є високий рівень структуризації та візуалізації даних, можливість переходу між спорідненими вершинами та пошук семантичних зв'язків між вершинами та її елементами. Візуалізація наукових даних у вигляді онтологічного журналу представлена на Рис. 5.26. Із рисунку видно, що великі STEM-нарративів та даних, що отримані під час дослідження групуються та структуруються, а перехід до наукових даних здійснюється швидко та зрозуміло.


G	Q	👁	Дослідження групи 1
Склад групи: 1. Іванова Діана, 8-А клас, школа №5 2. Гунько Олександра, 8-А клас, школа №5			
Назва річки: Інгул			
GPS: N47°50.292' E032°23.929'			
pH: 6,5			
Cond.: 1375			
Мін.: 875			
Твердість: 8,5			
Cl: 10			
SO4: 1			
Pb: 0			
Fe заг: 0			
Fe(II): 0			
Fe(III): 0			
Cu: 0			
Вплив на людину: Негативного впливу на людину немає			
Вплив на гідробіонтів: Негативного впливу на гідробіонтів не виявлено			
Ефект комуляції: Забруднюючі речовин під час досліджень не виявили			
Використання в господарській діяльності: Вода придатна до використання в господарській діяльності			
			

Рис. 5.26. Візуалізація наукових даних в онтологічному журналі

Припустимо, нам необхідно дослідити процес розширення повітря при різних умовах залежності від насиченості різними газами, при чому гіпотеза наукового дослідження наступна: при збільшенні концентрації водяної пари розширення повітря проходить повільніше.

5.2. Комплексні рішення онтологічного STEM-центру

5.2.1. Віртуальна лабораторія МАНЛаб

Система призначена для управління та структуризації інформаційних ресурсів, які застосовуються в рамках роботи учнів в Малій академії наук. На Рис. 5.27 представлено онтолого–керований ресурс МАНЛаб.

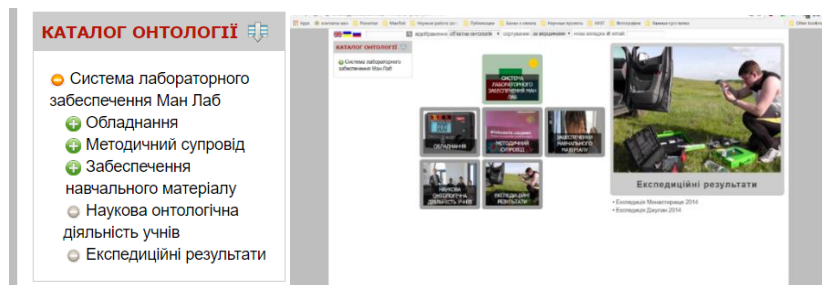


Рис. 5.27. Онтолого–керований ресурс МАНЛаб

Структура віртуальної площадки МАНЛаб передбачає всі елементи та реєстри, що застосовуються учнями Малої академії наук для підготовки наукових та дослідницьких проєктів. Перехід по онтології здійснюється шляхом переходів між елементами на візуалізаційній частині онтології або на структурній частині онтології. На рисунку 5.10 представлено структуру ресурсу, що містить віртуальні лабораторії з різних напрямків.

Однією з важливих віртуальних лабораторій є обладнання лабораторій, якими можуть користуватись учні. Це система по суті є реєстром обладнання. Основна задача даної вершини – оптимізувати підбір обладнання для учнів. Таким чином, до віртуальної лабораторії «Обладнання МАНЛаб» увійшли інструменти спрямовані на оптимізацію пошуку обладнання: інструменти ранжування та фільтрування. Віртуальну лабораторію «Обладнання МАНЛаб» представлено на Рис. 5.28.

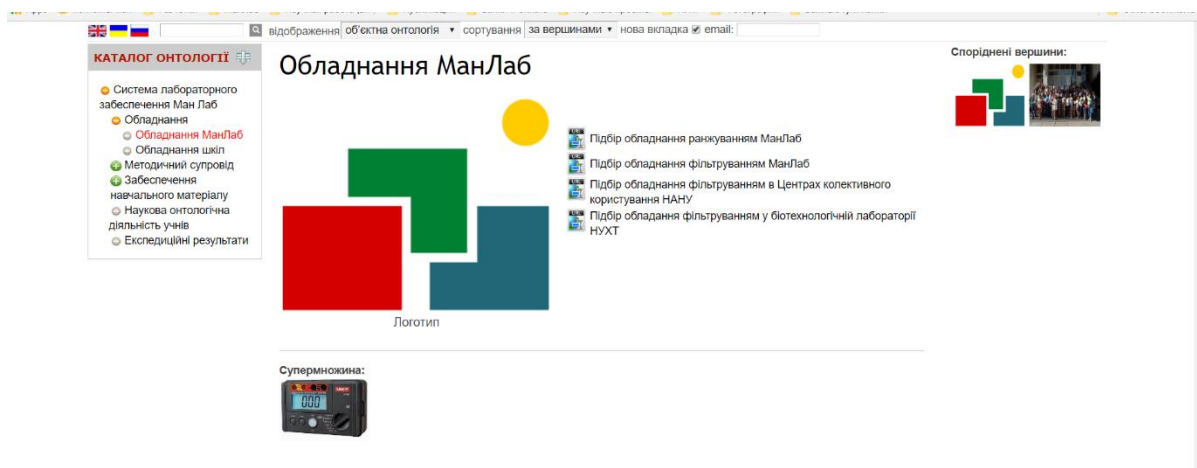


Рис. 5.28. Віртуальна лабораторія «Обладнання МАНЛаб»

Дослідницький процес тісно пов'язує практику та теорію, а тому окрім методичного супроводу та підбору обладнання важливим є сумісне використання теорії та практики. Ця система по суті є реєстром методичних вказівок, що забезпечує комплексне вивчення матеріалів. Теоретичні та лекційні заняття зібрано у вершині «лекційне забезпечення». Вершина «лекційне забезпечення» представлена на рисунку 47. Вершина «лекційне забезпечення» містить мультимедійні інтерактивні посилання, зокрема у середовище «youtube». Мультимедійний контент вершини «Лабораторне забезпечення» представлений на Рис. 5.29.

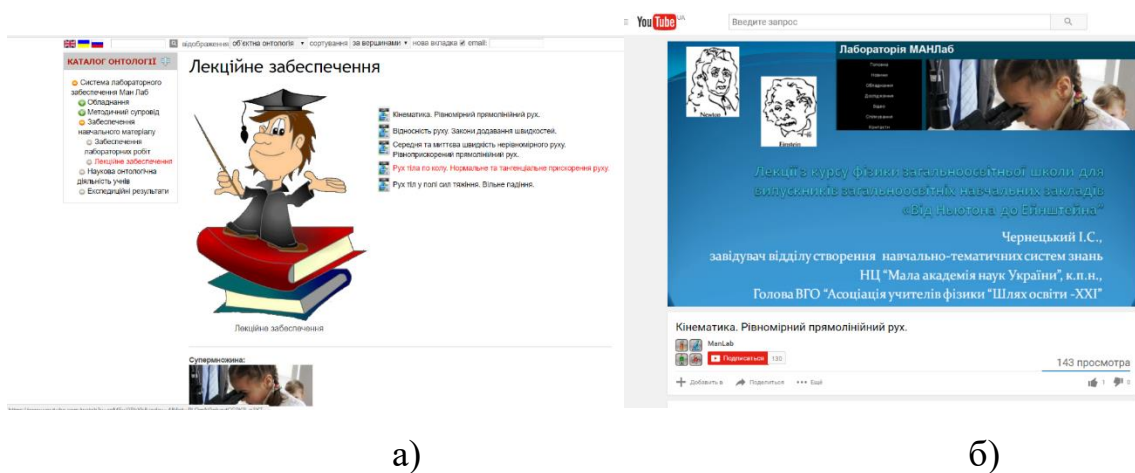


Рис. 5.29. Вершина лекційне забезпечення (а) та приклад його відкриття (б)

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 рисунках Рис. 5.30–Рис. 5.32 представлені вершини методичного супроводу.



Рис. 5.30. Вершина методичний супровід

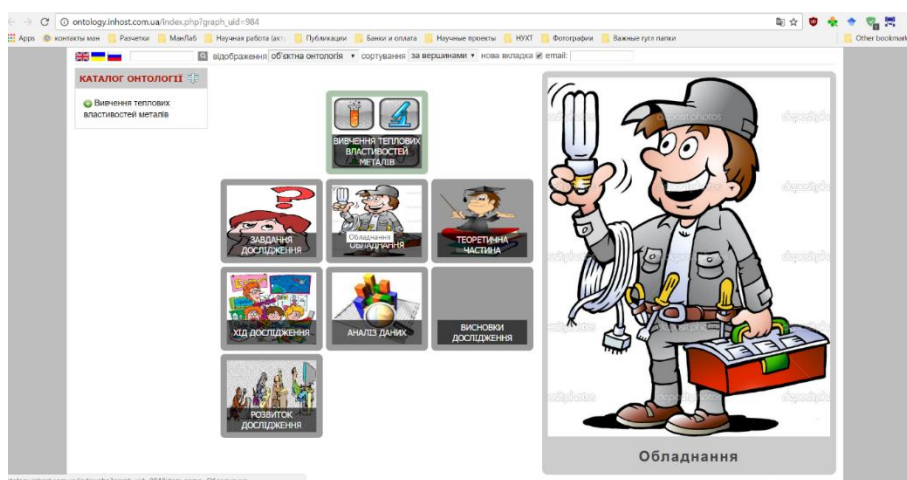


Рис. 5.31. Методика визначення теплових властивостей металів



А)



Б)

Рис. 5.32. Обладнання, необхідне для визначення теплових властивостей металів (а) та теоретичні відомості роботи (б)

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 рисунку Рис. 5.33 представлено вершину «Системи підбору», а механізм її функціонування на Рис. 5.34.

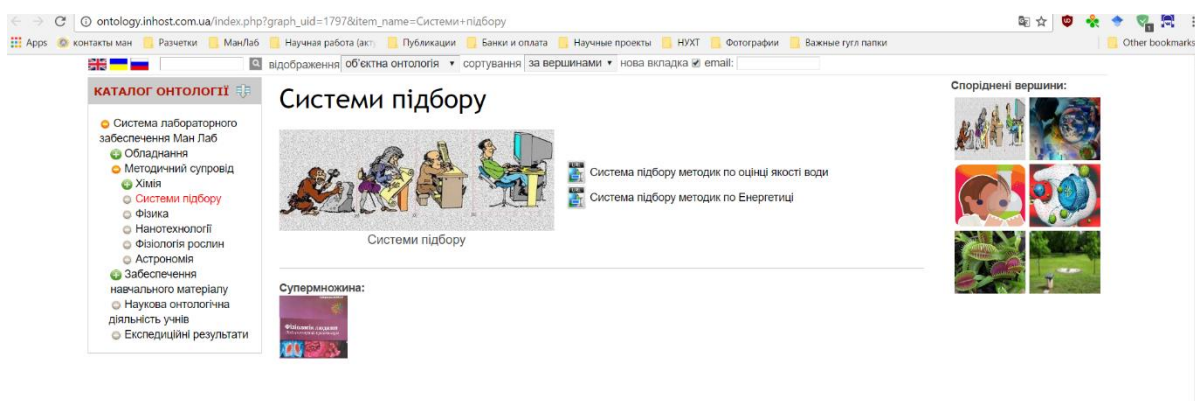


Рис. 5.33. Вершина «Системи підбору»

ONTOLOGY

Змінити режим перегляду

ФІЛЬТРУВАТИ ✖

▼ АНАЛІЗ
Властивості об'єктів:

▼ Визначуваний параметр

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

Загальний аналіз води

№	НАЗВА	ГАЛУЗЬ НАУКИ	ПІДГАЛУЗЬ НАУКИ	ТИП	ВИЗНАЧУВАНИЙ ПАРАМЕТР	ХІМІЧНИЙ ПОСУД	ПОСИЛАННЯ НА САЙТ "МАНЛАБ"	РЕАКТИВИ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ СТАНДАРТНИХ РОЗЧИНІВ	ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ РОЗЧИНІВ	НЕОБХІДНЕ ОБЛАДНАННЯ	РЕАКТИВИ Д ВИЗНАЧЕННЯ ПОПРАВНИС Коефіцієнт
1 0	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 0	Кольоровість та мутність 	Екологія	Аналіз якості води	Органолептичне дослідження	Кольоровість Мутність	Пробірка 10 мл	Кольоровість та мутність	Дихромат калію Сірчанокислений кобальт Сульфатна кислота (к)			
	Визначення сульфатів 					Водяна баня Піпетка 10			Соляна кислота Хлористий барій		

Рис. 5.34. Загальний вигляд табличного представлення системи підбору робіт з хімії

5.2.2. Онтологічний STEM-реєстр дослідницьких робіт

При розробці структури використовували загальноприйнятні концепції STEM і STEAM підходів [151]. Для створення STEM-реєстру використовували модулі системи КІТ «Поліедр». Після цього отриманий онтологічний граф було візуалізовано за допомогою генерації онтологічного куба.

STEAM розшифровується як наука (Science), технології (Technology), інжиніринг (Engineering), мистецтво (Art), математика (Mathematics). Відповідні терміни представлені як субкласи першого рівня. Кожна складова STEAM має ряд напрямків, які відображені як субкласи другого рівня. Наприклад, під науковим розумінням (в освітньому контексті) розуміються природничі дисципліни, такі як фізика. Фізична наука поділяється на розділи, такі як динаміка, ядерна фізика і інші. Зв'язки та визначення понять відображені в онтології та кубі. Загальний вигляд STEAM-онтології представлений на Рис. 5.35, а загальний вигляд онтологічного STEAM-куба представлений на Рис. 5.36.

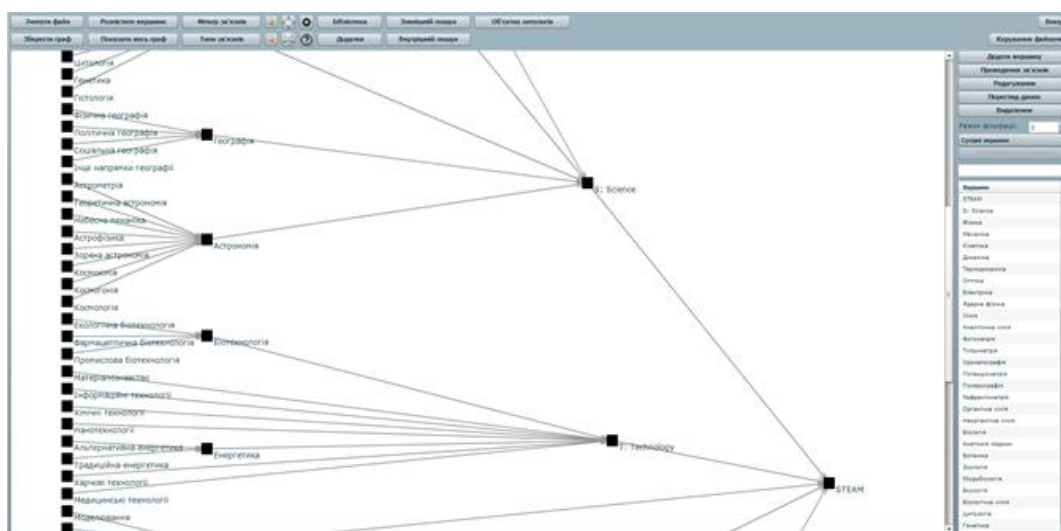


Рис. 5.35. Загальний вигляд STEAM–онтології



Рис. 5.36. Загальний вигляд онтологічного STEAM–куба

Таким чином, запропоновано використовувати онтологічний куб для систематизації знань щодо STEAM–підходу в освіті та для оцінки відповідності підходів, методів, методичних прийомів STEAM.

5.2.3. Когнітивна система добору дослідницьких робіт

Система добору дослідницьких робіт – це інформаційний інструмент STEM-центру, який призначений для індивідуалізованого підбору робіт який базується на валідованих психологічних опитувальниках для виявлення інтересів учнів (Рис. 5.37)



Рис. 5.37. Система добору дослідницьких робіт





Одним із візуалізованих типів типу систематизації є онтологія, інтегрована до платформи STEMUA. Українська платформа для онтології, розроблена в Національному центрі «Мала академія наук України», здатна виконувати необхідні функції та має інструмент ранжирування.

Створений шаблон для платформи побудови сайту wordpress та надання доступу до редагування та створення інформації для широкого кола учасників навчального процесу дозволяє нам забезпечити простий у використанні інтерфейс для введення інформації та візуалізації у веб-інтерфейсі та забезпечити систематизацію отриманої інформації.

Таким чином, платформа дозволяє викладачам розробляти методичний матеріал та здавати його на платформу. Методичні матеріали автоматично систематизуються в базі даних платформи, а матеріали розміщуються переважно українською мовою, що відповідає вимогам Міністерства освіти і науки. Отже, платформа здатна задовольнити методичні потреби викладачів щодо використання доповненої реальності на заняттях. Реалізація подібної системи дозволяє забезпечити потреби українських шкіл у структуризації інформації.

З метою структуривання інформації було застосовано онтологічні підходи, що дозволяють реалізувати механізми ранжування. Для покращення

візуалізації процесу підбору ми розробили спеціальні піктограми. Як структурні елементи роботи запропоновано застосовувати такі складові як «Анотація», «Попередня інформація», «Проведення дослідження», «Розвиток дослідження». Загальний вигляд розробленої схеми для дослідницької роботи та методики представлено на Рис. 5.38.

Рівень складності	Середній	
Рівень безпеки	Безпечно	
Доступність використовуваних матеріалів	На рівні шкільного обладнання	
Орієнтовний час на виконання роботи	До 1 години	

Резюме Попередня Інформація Обладнання Експериментальна Процедура Аналіз Отриманих Даних Напрями Розвитку

Блок 1. Резюме

Проект є прикладом виконання дослідницької роботи, присвяченої тепловому розширенню води.

Мета роботи: отримати графічну залежність коефіцієнта об'ємного розширення води від температури та дослідити поведінку води на ділянці аномального розширення.

Завдання роботи:

1. Зібрати установку для виконання дослідження.
2. Отримати графічну залежність коефіцієнта об'ємного розширення води від температури.
3. Отримати графічну залежність об'єму води у піпетці об'ємом 1 мл від температури на ділянці від 0°C до 5°C.

Рис. 5.38. Структурні елементи роботи

Розділення матеріалу роботи на структурні частини дозволило більш наочно показати хід проведення роботи та здійснити інтуїтивно зрозумілу навігацію за текстом роботи.

5.3. Висновки за розділом V

Вивчено різноманітні аспекти та інструменти, пов'язані з онтологічним STEM-центром. Онтологічний STEM-центр представляє собою комплексну

систему, яка інтегрує в себе інформаційні ресурси, методичні матеріали, рекомендації та інші засоби для підтримки навчального процесу з питань науки, технологій, інженерії, математики та інших STEM-предметів.

Дослідження виявлено, що використання онтологій є ключовим компонентом для ефективного управління та інтеграції інформаційних ресурсів. Онтологічні структури дозволяють систематизувати знання, створюючи чіткі зв'язки між поняттями та даними. Це полегшує пошук, організацію та аналіз інформації, що є важливим для учнів та викладачів.

Виявлено потенціал використання онтологічних STEM-класифікаторів. Онтологічні класифікатори дозволяють систематизувати знання у галузі STEM та допомагають в розробці та реалізації освітніх програм. Вони можуть бути корисні як учителям, так і учням у плануванні та виборі навчальних матеріалів.

Доведено важливість використання інформаційних технологій для забезпечення доступу до освіти в будь-який час та в будь-якому місці. Онтологічний STEM-центр дозволяє використовувати доповнену реальність та віртуальні лабораторії, що робить освіту більш доступною та гнучкою.

Розроблено та вперше застосовано новітні підходи та рішення для онтологічного STEM-центру, що вносять значний вклад у розвиток сучасної освіти і відкривають нові перспективи для подальших досліджень у цій галузі.

Результати досліджень, наведені в п'ятому розділі, опубліковано в роботах [1, 4, 13, 15–21, 5–12]

ВИСНОВКИ

Проведено аналіз та узагальнення поточного стану проблеми взаємодії учнів зі STEM-нарративами, який показав, що існує потреба в розробці таких моделей, методів та засобів формування, оброблення та відображення їх в

онтологічному форматі, який спроможні надати учням можливість їх використання у вигляді консолідованих інтерактивних систем знань.

Вперше розроблено онтологічну модель віртуального STEM-центру, яка являє собою певну інтерактивну систему знань змістовного відображення STEM-дисциплін, яка, на відміну від існуючих, забезпечує консолідовану взаємодію з учнями в процесі розв'язання ними навчально-дослідницьких завдань.

Вперше створено онтологічну модель консолідованої взаємодії зі STEM-нарративами, яка на відміну від існуючих, реалізує процес формування єдиного системологічно-організованого STEM-середовища.

Удосконалено поняття трансдисциплінарного формату нарративного дискурсу, як операціональної платформи формування конфігурації STEM-середовища, сервіси якого забезпечують консолідовану взаємодію учнів зі STEM-нарративами.

Розроблені та реалізовані ролеві моделі трансдисциплінарної платформи віртуального STEM-центру, які включають моделі поведінки користувачів, програмних сутностей, а також класифікацію та відносини в рамках T-STEM центру. Встановлено, що для реалізації T-STEM-центру найефективнішим є використання модулів КІТ "Поліедр", що забезпечує ефективну обробку та аналіз різних типів даних. Це підсилює потенціал системи в області інформаційної обробки та ресурсного управління.

Розроблено когнітивні засоби збору, концептографічного аналізу, структуризації, системологізації та консолідації у форматі нарративного дискурсу інформаційних ресурсів, які тематично пов'язані зі STEM, що надходять з різних джерел: фахівці у відповідній предметній галузі, репозиторії, цифрові бібліотеки тощо.

Вперше, в структурі цифрового інформаційно-освітнього середовища, створено трансдисциплінарну онтологічну систему добору дослідницьких робіт як системної компоненти STEM-центру, яка є ключовим когнітивним

інструментом для адаптивного, згідно знань, компетенцій та інтересів учнів, підбору навчально-дослідницьких завдань у форматі наукових проєктів. Когнітивні сервіси системи реалізують консолідацію навчально-дослідницької діяльності учнів зі STEM-нарративами на основі діалогу, якій реалізується в форматі нарративного дискурсу з валідованими психологічними опитувальниками, які спрямовані на виявлення інтересів учнів, що дозволяє ефективно адаптувати наукові дослідження до індивідуальних потреб та переваг студентів.

Вперше, на основі трансдисциплінарної моделі нарративного дискурсу STEM-нарративів, реалізується формування онтолого-керованих навчальних програм; структуризація навчально-дослідницьких результатів, набутих за профілем STEM-освіти; формування когнітивної системи добору дослідницьких робіт; консолідована взаємодія з віртуальними лабораторіями, а саме:

- онтологічні віртуальні лабораторії навчально-дослідницьких експедицій,
- віртуальна лабораторія МАНЛаб,
- онтологічний STEM-класифікатор даних,
- віртуальна трансдисциплінарна лабораторія мінералів.

тощо.

Розроблена онтологічна ІТ-платформа віртуальний STEM-центр, який на відміну від існуючих, реалізує процедуру онтологічного шаблонізатора STEM-контенту для автоматизованої генерації онтологічних навчальних площадок учнів в STEM-середовищі та інкапсуляцію новітніх STEM-нарративів в онтологічному форматі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шаповалов, В. Б. Використання онтологічної моделі STEM-центру у навчальному процесі. *Наукові записки Малої академії наук*. 2021. Випуск. 1, №. 1(20). С. 102–116.
2. Shapovalov V.B. Modular architecture of the transdisciplinary virtual STEM-center. *Телекомунікаційні та інформаційні технології*. 2023. Випуск. 81 № 4. С. 137-146.
3. Stryzhak, O., Gorborukov, V., Dovgyi, S., та ін. Transdisciplinary Principles of Consolidation: *Information and Communication Technologies and Sustainable Development*. 2023.
4. Shapovalov, Y. B., Tarasenko, R. A., Usenko, S. A., та ін. Ontological information system for the selection of technologies for the treatment and disposal of organic waste: engineering and educational aspects. *Desalination and water treatment*. 2021. Vol. 236. P. 226–239.
5. Шаповалов, Є. Б., Шаповалов, В. Б., Стрижак, О. Є., та ін. Використання онтологічних інструментів для систематизації та аналізу інформації щодо утилізації відходів шляхом метаногенезу. *Екологічна безпека та природокористування*. 2018. Випуск. 27, №. 3. С. 68–79.
6. Shapovalov, Y. B., Shapovalov, V. B., Bilyk, Z. I., et al. Taxonomization of the expedition research results of students in the context of scientific education. *Scientific Notes of Junior Academy of Sciences of Ukraine*. 2022. №. 3(25). P. 127–137.
7. Shapovalov, Y. B., Shapovalov, V. B., Tarasenko, R. A., et al. Practical application of systemizing expedition research results in the form of taxonomy. *Educational Technology Quarterly*. 2022. Vol. 3, №. 3. P. 216–231.
8. Shapovalov, Y., Shapovalov, V., Bilyk, Z., et al. Structurization of educational expedition studies in the form of taxonomies. *Educational Dimension*. 2022. Vol. 59. P. 130–149.

9. Атамась, А. І., Білик, Ж. І., Шаповалов, Є. Б., та ін. Використання онтологічних ресурсів єдиного мережецентричного навчального інформаційного середовища для проведення STEM/STEAM-уроків: *Міжнародна науково-практична конференція Інноваційні технології навчання обдарованої молоді*, 2018. С. 11–21.
10. Shapovalov, V. B. V. B., Shapovalov, Y. B. Y. B., Bilyk, Z. I. Z. I., et al. Centralized Information Web-oriented the Educational Environment of Ukraine. *Proceedings of the 6th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2018)*, Kryvyi Rih, 2019. Vol. 2433. P. 246–255.
11. Shapovalov, Y. B., Shapovalov, V. B. A Taxonomic Representation of Scientific Studies. *Proceedings of the 17th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume I: Main Conference, PhD Symposium, and Posters*. 2021. Vol. 3013. P. 353–360.
12. Tarasenko, R. A., Usenko, S. A., Shapovalov, Y. B., et al. Ontology-based Learning Environment Model of Scientific Studies: *9th Illia O. Teplytskyi Workshop on Computer Simulation in Education (CoSinE 2021)*. CEUR, 2022. P. 43–58.
13. Стрижак, О. Є., Приходнюк, В., Гайко, С. І., та ін. Відображення мережевої інформації у вигляді інтерактивних документів. трансдисциплінарний підхід. *Математичне моделювання в економіці*. 2018. Випуск. 3. С. 87–100.
14. Shapovalov, V., Stryzhak, O. Transdisciplinary integration of knowledge in the environment of a virtual stem center. *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*. 2023. Vol. 4, No. 4(26). С. 95–107.
15. Shapovalov, Y. B., Bilyk, Z. I., Usenko, S. A., et al. Harnessing personal smart tools for enhanced STEM education: exploring IoT integration. *Educational Technology Quarterly*. 2023. Vol. 2023, №. 2. P. 210–232.

16. Bilyk, Z. I., Shapovalov, Y. B., Shapovalov, V. B., et al. Comparison of Google Lens recognition performance with other plant recognition systems. *Educational Technology Quarterly*. 2022. Vol. 2022, № 4. P. 328–346.
17. Шаповалов, Є. Б., Білик, Ж. І., Шаповалов, В. Б., та ін. STEM-book: можливості та практичний досвід упровадження: Київ: *Національний центр «Мала академія наук України»*, 2023. 134с.
18. Shapovalov, Y. B., Slipukhina, I. A., Shapovalov, V. B. Substantiation of the sustainable education terms as one of the modern views on STEM education taking to account the European experience. *Journal of Physics: Conference Series*. 2023. Vol. 2611, №. 1. P. 012027.
19. Shapovalov, Y. B., Zakusilo, O. P., Shapovalov, V. B., et al. Approaches and Economic Benefits of Property Registers Digitalization: Evidence from Ukraine: *Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications*, Cham, Springer Nature Switzerland, 2023. P. 348–359.
20. Shapovalov, Y. B., Shapovalov, V. B., Fabian, A., et al. Analyzing of main trends of STEM-education in Ukraine using stemua.science statistics. *7th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE2019)*. 2020. Vol. 2643. P. 448–461.
21. Shapovalov, Y. B., Shapovalov, V. B., Zharinova, A. G., et al. An academic events sub-system of the URIS and its ontology representation to improve scientific usability and motivation of scientists in terms of European integration: *3rd Edge Computing Workshop 2023*, 23. P. 130–140.
22. Коваленко, О. А., Сапрунова, О. STEM-освіта : досвід упровадження в країнах ЄС та США. *Рідна школа*. 2016. Випуск. 4. С. 46–49.
23. Про освіту / 2017.
24. Hazelkorn, E., Ryan, C. Science education for responsible citizenship: 2015. 88 p.

25. Биков, В. Ю. Моделі організаційних систем відкритої освіти: Київ: *Атіка*, 2008. 23с.
26. Velichko, V., Popova, M., Prikhodnyuk V., et al. TODOS is an IT platform for the formation of transdisciplinary information environments. *Weapons systems and military equipment*. 2017. Vol 1, №. 49. P. 10–19.
27. Дем'яненко, В. Б., Дем'яненко, В. М. Комп'ютерні засади відкритих системи адаптивного навчання. *Адаптивне управління: теорія і практика*. 2018. Випуск. 6, №. 10.
28. Software Tools for Academics and Researchers: URL: <http://star.mit.edu> STAR, (дата звернення: 05.02.21).
29. VirtuLab віртуальна лабораторія: URL: <http://www.virtulab.net/VirtuLab>, (дата звернення: 05.02.21).
30. Віртуальні лабораторії Algodoo: Algodoo.
31. Віртуальні лабораторії PhET: URL: <https://phet.colorado.edu/PhET>, (дата звернення: 12.11.20).
32. Wieman, C. E., Adams, W. K., Perkins, K. K. PHYSICS: PhET: Simulations That Enhance Learning. *Science*. 2008. Vol. 322, No. 5902. P. 682–683.
33. Wolfram Demonstrations Project: URL: [https://demonstrations.wolfram.com/Wolfram Demonstrations Project](https://demonstrations.wolfram.com/Wolfram%20Demonstrations%20Project), (дата звернення: 11.12.20).
34. The ChemCollective: URL: [http://www.chemcollective.org/The ChemCollective](http://www.chemcollective.org/The%20ChemCollective), (дата звернення: 10.10.20).
35. Дем'яненко, В. Б., Кальной, С. П., Стрижак, О. Є. Онтологічні аспекти побудови Е-сценарію супроводу процесу наукових досліджень учнів малої академії наук України. *Інформаційні технології в освіті*. 2013. Випуск. 2015. С. 242–248.
36. Стрижак, О. Є., Дем'яненко, В. Б. Комп'ютерні онтології – технологічна основа формування освітянських інформаційних ресурсів. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2011. Випуск. 2, №. 22.

- 37.Стрижак, О. Є. Онтологічні когнітивні мультиагенти – інтелектуальні засоби формування віртуальних освітніх середовищ: Матеріали V Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції «Віртуальний освітній простір: психологічні проблеми», з 10 до 31 травня 2017 року, 17.
- 38.Стрижак О. Є. Трансдисциплінарна інтеграція інформаційних ресурсів: дис. д-ра техн. наук. К., 2014. 470 с
- 39.Schlenoff, C., Denno, P., Ivester, R., et al. Analysis and approach to using existing ontological systems for applications in manufacturing. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing: AIEDAM*. 2000. Vol. 14, No. 4. P. 257–270.
- 40.Величко, В. Ю., Попова, М. А., Приходнюк, В. ., та ін. ТОДОС – ІТ-платформа формування трансдисциплінарних інформаційних середовищ. *Системи озброєння і військова техніка*. 2017. Вип. 1, №. 49. С. 10–19.
- 41.Любіч, О., Стрижак, О. Онтологічне перетворення наративів у активні системи знань. с. 102-103.
- 42.Joseph, K. J., Balasubramanian, V. N. Meta-consolidation for continual learning. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2020. Vol. 2020-Decem, No. NeurIPS.
- 43.Semenko, Y. Ontological Presentation Of The Processes Of Special Cargo Support By The Forces Of The National Guard Of Ukraine. *The scientific journal of the National Academy of National Guard "Honor and Law."* 2022. Vol. 1, No. 80. P. 26–37.
- 44.W3 ontology constructor: URL: <http://www.w3.org/2001/11/IsaViz/Overview.html>.
- 45.Стрижак, О. Є. Засоби онтологічної інтеграції і супроводу розподілених просторових та семантичних інформаційних ресурсів. Екологічна безпека та природокористування. 2013. С. 166–177.

46. Kalyanpur, A., Parsia, B., Sirin, E., та ін. Swoop: A Web Ontology Editing Browser. *Web Semantics*. 2006. Vol. 4, No. 2. P. 144–153.
47. Holsapple, C. W., Joshi, K. D. A collaborative approach to ontology design. *Communications of the ACM*. 2002. Vol. 45, No. 2. P. 42–47.
48. Protege constructor: URL: <http://protege.stanford.edu>.
49. Apollo application page: URL: <http://apollo.open.ac.uk/index.html>.
50. Yermeyev, I., Dychko, A., Kyselov, V., et al. Model Monitoring and Evaluation of Radioactive Contamination. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*. 2019. Vol. 56, No. 4. P. 57–67.
51. Dychko, A. Wastewater biochemical treatment management by biotic factors effect. *Управління розвитком складних систем*. 2016. Випуск. 25. С. 186–191.
52. Dychko, A., Remez, N., Opolinskyi, I., et al. Modelling of Two-Stage Methane Digestion with Pretreatment of Biomass. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*. 2018. Vol. 55, No. 2. P. 37–44.
53. Amoatey, P., Bani, R. Wastewater Management. Evaluation and Management. 2016. Vol. 130, No. 6.
54. Vidal, N., Banares-Alcantara, R., Rodriguez-Roda, I., et al. Design of Wastewater Treatment Plants Using a Conceptual Design Nu. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2002. Vol. 41. P. 4993–5005.
55. Flores, X., Bonmatí, A., Poch, M., et al. Selection of the activated sludge configuration during the conceptual design of activated sludge plants using multicriteria analysis. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 2005. Vol. 44, No. 10. P. 3556–3566.
56. Ramasami, K., Velumani, B., Perumal, M. A Semantic Integration of Waste Management Components - An Ontology Based Approach. *Recent Advances in Computer Science and Applications*. 2015. P. 231–236.
57. Sinha, A., Couderc, P. Using OWL Ontologies for Selective Waste Sorting and Recycling. *OWLED-2012*. 2014. P. 1–8.

58. Ittersum, M. K. van, Ewert, F., Heckelevi, T., et al. Integrated assessment of agricultural systems - A component-based framework for the European Union (SEAMLESS). *Agricultural Systems*. 2008. Vol. 96, No. 1–3. P. 150–165.
59. Zagorodnya, S. A., Novokhatska, N. A., Okhariev, V. O., et al. GIS-based assessment of anthropogenic influence in Western Polissya region limnological ecosystems. *Environmental safety and natural resources*. 2018. Vol. 26, No. 2. P. 23–33.
60. Rivera, M. F. M., Flores, R. Z., Frontana, D. C., et al. A Semantic Environmental GIS for Solid Waste Management. *SEMAPRO 2012: The Sixth International Conference on Advances in Semantic Processing*. 2012. P. 97–102.
61. Kultsova, M., Rudnev, R., Anikin, A., et al. An ontology-based approach to intelligent support of decision making in waste management. *IISA 2016 - 7th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications*. 2016. P. 2–7.
62. Величко, В. Ю., Попова, М. А., Приходнюк, В. ., та ін. ТОДОС – ІТ-платформа формування трансдисциплінарних інформаційних середовищ. *Системи озброєння і військова техніка*. 2017. Випуск. 1, No. 49.
63. Онтологія задачі вибору та її застосування при аналізі лімнологічних систем. С. 172–183.
64. Volckmann, R. Transdisciplinarity: Basarab Nicolescu Talks with Russ Volckmann. *Lancet Neurology*. 2007. Vol. 6, No. 9. P. 76.
65. Nicolescu, B., Ertas, A. Transdisciplinary, Theory Practice: 2013. 214с.
66. Popova, M., Stryzhak, O. Y. Ontological interface as a means of presenting information resources in the GIS environment. *Scientific notes of the Taurida National University*. 2013. Vol. 65, No. 26. P. 127–135.

67. Стрижак, О. Є., Шаповалов, В. Б., Шаповалов, Є. Б. Онтологічна підтримка навчальних досліджень: *Інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: розробки та досягнення до 100-річчя Національної академії наук України*, Київ, 2018. С. 165–168.
68. Дем'яненко, В. Б., Дем'яненко, В. М. Онтологічні аспекти освітніх сервісів адаптивного навчання. *Наукові записки: серія Педагогіка*. 2017. Випуск. 151. С. 68–77.
69. Prychodniuk, V., Stryzhak, O. Y. Ontological GIS as a means of organizing geospatial information. *Science and technology of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine*. 2017. Vol. 2(27). P. 167–174.
70. Stryzhak, O. Y., Prychodniuk, V., Podlipaiev, V. Model of Transdisciplinary Representation of GEOspatial Information. *Advances in Information and Communication Technologies*. 2018. Vol. 560. P. 34–75.
71. Stryzhak, O. Y., Gorborukov V., Franchuk, O., et al. Ontology of the choice problem and its application in the analysis of limnological systems. *Ecological safety and nature management*. 2014. P. 172–183.
72. Величко, В., Малахов, К., Семенов, В., та ін. Комплексные инструментальные средства инженерии онтологий. *International Journal "Information Models and Analyses."* 2014. Випуск. 3, № 4. С. 336–361.
73. Dovhyi, S., Stryzhak, O., Globa, L. Transdisciplinary Fundamentals of Information-Analytical Activity: *Advances in Information and Communication Technology and Systems, MCT 2019. Lecture Notes in Networks and Systems*, Cham, Springer Publ., 20. P. 99–126.
74. Кунанець, Н. Е., Пасічник, В. В. Вступ до спеціальності «Консолідована інформація»: Львів: «Львівська політехніка», 2010. 196с.
75. Стрижак, О. Є., Довгий, С. О. STEM як парадигма трансдисциплінарної освіти: Світ інноваційних можливостей: актуальні питання розвитку STEM-освіти: колективна монографія. 2023. 6-52

76. Атамась, А. І., Довгий, С. О., Поліхун, Н. І., та ін. Віртуальні STEM-центри : онтологічний підхід. Колективна монографія: / за ред. С. О. Довгий, О. Є. Стрижак. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 164с.
77. Takashima, A., Bakker, I., Hell, J. G. van, et al. Interaction between episodic and semantic memory networks in the acquisition and consolidation of novel spoken words. *Brain and Language*. 2017. No. 167. P. 44–60.
78. Battaglia, F. P., Pennartz, C. M. A. The construction of semantic memory: grammar-based representations learned from relational episodic information. *Frontiers in Computational Neuroscience*. 2011. Vol. 5.
79. Gomez-Perez, A., Fernandez-Lopez, M., Corcho, O. *Ontological Engineering: With Examples from the Areas of Knowledge Management, E-commerce and the Semantic Web*: Berlin: Springer Verlag, 2004.
80. Палагин, А. В. Онтологическая концепция информатизации научных исследований. *Кибернетика и системный анализ*. 2016. Выпуск. 52, № 1. С. 3–9.
81. Gorborukov V., Stryzhak, O. Y., Franchuk, O., et al. Ontological representation of the problem of ranking alternatives. *Mathematical modeling in economics*. 2018. Vol. 4. P. 49–69.
82. Горборуков, В. В., Стрижак, О. Є., Франчук, О. В., та ін. Онтологічне представлення задачі ранжування альтернатив. *Математичне моделювання в економіці*. 2018. Выпуск. 4. С. 49–69.
83. Kleene, S. C., Beeson, M. *Introduction to Metamathematics: Ishi Press International*, 2009. 572 p.
84. Надутенко, М. В. Віртуалізовані лексикографічні системи та їх застосування у прикладній лінгвістиці: Київ, Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського.
85. Aksu-Koç, A., Aktan-Erciyes, A. *Narrative Discourse: Developmental Perspectives*: De Gruyter, 2018.

- 86.Elson, D. K. Modeling Narrative Discourse: New York City , Columbia University.
- 87.Guajardo, N. R., Watson, A. C. Narrative discourse and theory of mind development. *The Journal of Genetic Psychology*. 2002. Vol. 163, No. 3. P. 305–325.
- 88.Величко, В. Ю. Логико-лингвистические модели как технологическая основа интерактивных баз знаний. *International Journal “Information Models and Analyses.”* 2019. Выпуск. 8, No. 4. С. 325–340.
- 89.Piaget, J. The Psychology of Intelligence: London: Routledge and Kegan Paul, 1951.
- 90.Barendregt, X. Lambda-calculus: His syntax and semantics: Moscow: World, 1985.
- 91.Stjepandić, J., Wognum, N., Peruzzini, M., et al. Transdisciplinary Engineering: A Paradigm Shift: *Proceedings of the 24th ISPE Inc. International Conference on Transdisciplinary Engineering*, July 10-14, 2017, 17. P. 1092.
- 92.Stryzhak, O. Y., Prykhodniuk, V., Podlipaiev, V., et al. Model of Transdisciplinary Representation of GEOspatial Information. *Advances in Information and Communication Technologies*. 2019. Vol. 560. P. 34–75.
- 93.Стрижак, О. Є. Таксономічні засади наративного дискурсу. *Medical Informatics and Engineering*. 2020. Выпуск. 2. С. 137–147.
- 94.Стрижак, О. Є., Головін, О. О., Величко, В. Ю. Мережецентрична взаємодія експертів у форматі наративного дискурсу. *Medical Informatics and Engineering*. 2020. Выпуск. 4, No. 52. С. 4–15.
- 95.Nicolescu, B. Transdisciplinarity - Theory and Practice: Cresskill, NJ, USA: Hampton Press, 2008. 320p.
- 96.Transdisciplinary Engineering: Crossing Boundaries: / eds. M. Borsato, N. Wognum, M. Peruzzini, et al. 2016.

97. Transdisciplinarity: Joint Problem Solving Among Science, Technology, and Society: An Effective Way for Managing Complexity: / eds J. Thompson Klein, W. Grossenbacher-Mansuy, R. Häberli, et al. Basel: Birkhäuser, 2001. 332P.
98. Palagin, A. Transdisciplinarity, computer science and development of modern civilization. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2014. No. 7. P. 25–33.
99. Powell, W. W., Snellman, K. The Knowledge Economy. *Annual Review of Sociology*. 2004. Vol. 30. P. 199–220.
100. Ingar, R. W. Foundations of the knowledge economy: innovation, learning, and clusters: Cheltenham, UK; Northampton, MA: Edward Elgar, 2012. 269p.
101. Panar, K. Intellectual property management as a part of the knowledge economy. *Food Industry Economics*. 2019. Vol. 11, No. 4. P. 65–70.
102. Палагин, А. В., Кривый, С. Л., Петренко, Н. Г. Онтологические методы и средства обработки предметных знаний: Луганск: ВНУ им. В. Даля, 2012. 323с.
103. Гладун, В. П., Ващенко, Н. Д., Величко, В. Ю., та ін. Структуризация и анализ данных в растущих пирамидальных сетях. *Системні дослідження та інформаційні технології*. 2004. No. 1. С. 82–92.
104. Гладун, В. П. Процессы формирования новых знаний: София: СД Педагог, 1994. 192с.
105. Symposium on Information Analysis and Concolidation: Paris: UNESCO, 1979.
106. Калитич, Г. І. Консолідація інформації, знань і мудрості як проектування і основа гармонійного поступу України. НТІ. 2008 № 1. С. 51.

107. Гончар, А. В., Стрижак, О. Є., Беркман, Л. Н. Трансдисциплінарна консолідація інформаційних середовищ. *Зв'язок*. 2021. Вип. 149, № 1. С. 3–9.
108. Univalent Foundations of Mathematics: Proceedings of Logic, Language, Information and Computation WoLLIC 2011, Heidelberg, Springer, 11.
109. Homotopy Type Theory. Homotopy Type Theory: Univalent Foundations of Mathematics. 2013. P. 603.
110. Cocchiarella, N. B. Philosophical Perspectives on Formal Theories of Predication. *Handbook of Philosophical Logic*. 1989. Vol. II, No. Extensions of Classical Logic. P. 309–353.
111. Кульбабська, О. В. Сучасні інтерпретації категорії предикації в мовознавстві. *Українська мова*. 2009. № 1. С. 61–73.
112. Гончар, А. В. Онтологія трансдисциплінарної консолідації 3D-панорам: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.13.06 Київ. Інститут телекомунікації та глобального інформаційного простору, 2021. 20 с.
113. Sharovalov, V. B., Sharovalov, Y. B., Bilyk, Z. I., et al. 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, 2019. P. 246–255.
114. Приходнюк, В. ., Стрижак, О. Є., Лебідь, О. Г. Онтологічне представлення функціональності систем. *Екологічна безпека та природокористування*. 2016. Випуск. 3– 4 (22). С. 5–23.
115. Приходнюк, В. ., Стрижак, О. Є. Множинні характеристики онтологічних систем: Математичне моделювання в економіці, К. , НАН України Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору, Інститут економіки та прогнозування, Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова, 2017. С. 47–61.

116. Broy, M. *Mathematical Methods in System and Software Engineering: NATO ASI Series F Computer and Systems Sciences*, Berlin , Springer, 1997. P. 271–312.
117. Broy, M. *Mathematical System Models as a Basis of Software Engineering*: Berlin: Springer, 1995. 292p.
118. Quatrani, T. *Visual Modeling with Rational Rose and UML*: Reading, MA: Addison-Wesley, 1998. 222p.
119. Marshall, C. *Enterprise Modelling with UML*: Reading, MA: Addison-Wesley, 2000. 288p.
120. Booch, G., Rumbaugh, J., Jacobson, I. *The Unified Modeling Language User Guide*: Reading, MA: Addison-Wesley, 1999. 482p.
121. Пасіхов, Ю. Я. Єдине мережецентричне інформаційно-освітнє середовище загальноосвітніх навчальних закладів: *Інформаційні технології та Інтернет у навчальному процесі та наукових досліджень*, 2018. С. 137.
122. Стрижак, О. Є., Чернецький, І. С., Шаповалов, Є. Б., та ін. Потенціал використання онтолого-аналітичних графів. *Наукові записки Малої академії наук України*. 2015. № 7. С. 13–20.
123. Дем'яненко, В. Б., Дем'яненко, В. М., Стрижак, О. Є. Відкрита освіта у викликах сьогодення. *Навчання і виховання обдарованої дитини*. 2016. Випуск. 2. С. 49–55.
124. Sharovalov, V. B., Atamas, A. I., Bilyk, Z. I., та ін. Structuring Augmented Reality Information on the stemua. science. *Proceedings of the 1st International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2018)*. 2018. Vol. 2257. P. 75–86.
125. Шаповалов, В. Б., Атамась, А. І., Білик, Ж. І., та ін. Structuring Augmented Reality Information on the stemua.science. *Педагогіка вищої та середньої школи*. 2019. Випуск. 51. С. 102–114.

126. Shapovalov, Y. B., Shapovalov, V. B., Fabian, A., et al. Analyzing of main trends of STEM-education in Ukraine using stemua.science statistics. *7th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE2019)*. 2020. Vol. 2643. P. 448–461.
127. Шаповалов, В. Б., Шаповалов, Є. Б., Білик, Ж. І. Використання інструменту доповненої реальності Google Lens для забезпечення STEM-освіти на уроках біології у середніх загальноосвітніх закладах. *Відкрите освітнє e-середовище сучасного університету*. 2019. Спецвипуск “Нові педагогічні підходи в steam освіті.” С. 273–286.
128. Головань, О. В., Шаповалов, Є. Б. Посібник з хімії з використання цифрових лабораторій Einstein™: Частина 1: Розумники, 2016. 138с.
129. Шаповалов, Є. Б., Білик, Ж. І. Посібник з використання цифрових лабораторій Einstein™ під час уроків та позакласних занять з біології: частина 2: Розумники, 2017. 112с.
130. Shapovalov, Y. B., Bilyk, Z. I., Usenko, S. A., et al. Systematic analysis of digital tools to provide STEM and science education. *Journal of Physics: Conference Series*. 2022. Vol. 2288, No. 1. P. 012032.
131. Шаповалов, В. Б., Шаповалов, Є. Б., Білик, Ж. І. Побудова занять у закладах вищої освіти з використанням єдиного мережецентричного навчального інформаційного середовища на базі іт-платформи «ГОДОС» у контексті євроінтеграційних процесів: *Сучасні тенденції розвитку інформаційно-комунікаційних технологій в освіті*, 2019. С. 72–74.
132. Стрижак, О. Є., Шаповалов, В. Б., Шаповалов, Є. Б. Онтологічна підтримка навчальних досліджень: *Інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: розробки та досягнення до 100-річчя Національної академії наук України*. Київ, 2018.

133. Shapovalov, Y. B., Shapovalov, V. B., Stryzhak, O. Y., et al. 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, No. 12. P. 1009–1014.
134. Салюк, А. І., Котинський, А. В., Жадан, С. О., та ін. Режими метанової ферментації курячого посліду. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2017. С. 31.
135. Салюк, А. І., Жадан, С. О., Шаповалов, Є. Б. Рециркуляція газової фази з її очищенням при метановій ферментації курячого посліду. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК*. 2016. No. 254. С. 189–202.
136. Shapovalov, Y. B., Salavor, O. M., Yakymenko, I. L. The economic potential of enhanced method of anaerobic fermentation with green ammonia production for European energy market. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023. Vol. 1254, No. 1. P. 012025.
137. Шаповалов, Є. Б., Жадан, С. О., Салюк, А. І. Регулювання концентрації амонійного нітрогену при метановій ферментації курячого посліду в умовах рециркуляції рідкої фази: *Відновлювана та воднева енергетика – 2018*, 2018. С. 180–183
138. Жадан, С. О., Шаповалов, Є. Б., Тарасенко, Р. А., та ін. Метаногенез курячого посліду при пониженій концентрації інгібіторів: *Біологічні дослідження*, 2016. С. 48–49.
139. Салюк, А. И., Жадан, С. А., Шаповалов, Е. Б., та ін. Метановая ферментация куриного помета при пониженной концентрации ингибиторов. *Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология*. 2017. № 4–6. С. 89–98.
140. Shapovalov, Y. B., Salyuk, A. I. The liquid phase recirculation under methanogenic fermentation of chicken manure. *Environmental problems*. 2018. Vol. 3, No. 3. P. 203–209.

141. Usenko, S. A., Shapovalov, Y. B., Salyuk, A. I., et al. Problems of dry anaerobic digestion of chicken manure: *Open readings, Vilnius*, 2019. P. 427.
142. Shapovalov, Y. B., Salyuk, A. I., Kotinskiy, A. V., et al. The Research of Dry Chicken Manure Methanogenesis Stability. *Environmental Problems*. 2019. Vol. 4, No. 1. P. 14–18.
143. Tarasenko, R. A., Shapovalov, V. B., Usenko, S. A., et al. Structuration of Environmental Studies by using Multi-report Ontological Graph: *Коллективна монографія за матеріалами 20 Міжнародної науково-практичної конференції Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: виклики 2021 року*, Київ, 2021. С. 206–209.
144. Tarasenko, R. A., Shapovalov, V. B., Shapovalov, Y. B. Decision-making system for technological processes based on TODOS it platform: *Сучасні інформаційні технології управління Екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: актуальні питання*. Київ, 2019.
145. Shapovalov, Y. B., Shapovalov, V. B. A Taxonomic Representation of Scientific Studies: *CEUR Workshop Proceedings, Kherson, Ukraine, 2021*, 21. P. 353–360.
146. Tarasenko, R. A., Shapovalov, V. B., Shapovalov, Y. B., et al. Comparison of ontology with non-ontology tools for educational research. *Proceedings of the 8th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2020)*, *CEUR*. 2020. Vol. 2879. P. 82–104.
147. Shapovalov, Y., Shapovalov, V., Tarasenko, R., et al. Structurization and Processing of the Scientific Studies in the Form of Digital Ontologies: *Proceedings of the 2nd Myroslav I. Zhaldak Symposium on Advances in Educational Technology, SCITEPRESS - Science and Technology Publications*. 2021. P. 362–377.

148. Tarasenko, R. A., Shapovalov, V. B., Shapovalov, Y. B. Decision-making system for technological processes based on TODOS it platform: *Сучасні інформаційні технології управління Екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: актуальні питання*, 2019. С. 147–149.
149. Шаповалов, Є. Б., Шаповалов, В. Б. Досвід розвитку біогазових технологій в Україні та ЄС: *Європейські виміри сталого розвитку*, 2019. С. 33.
150. Усенко, С. А., Шаповалов, Тарасенко, Р. А., та ін. Перспективи біогазу в світі: *87 International scientific conference of young scientist and students “Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution,”* 2021. Р. 194.
151. Чернецький, І. С., Пащенко, Є. Ю., Шаповалов, Є. Б., та ін. Застосування онтолого-керованого підходу в науковому аспекті steam-освіти. *Наукові записки Малої академії наук України*. 2016. Випуск. 8. С. 268–280.

ДОДАТКИ

Додаток А. Акти впровадженнь

Затверджую

“25” травня 2023 р.

Директор комунального закладу

«Рішельєвський науковий ліцей»

кандидат фізико-математичних наук

 В.Я. Колебошин

АКТ

впровадження науково-технічної продукції

1. Найменування пропозиції для впровадження: Науково-технологічні та методичні засоби трансдисциплінарного перетворення наукових та освітніх нарративів за тематичними профілями STEM-освіти в онтологічний формат, забезпечення консолідованої взаємодії зі STEM-СЕРЕДОВИЩЕМ, онтолого-керована генерація освітніх площадок STEM-центра, реалізація когнітивно-освітніх сервісів віртуального STEM-центру.

2. Ким запропоновано, адреса: відділ створення навчально-тематичних систем знань Національного центру “Мала академія наук України”

3. Виконавець: ШАПОВАЛОВ Віктор Борисович

4. Джерело інформації:

1. Шаповалов, Є. Б., Білик, Ж. І., Шаповалов, В. Б., та ін. STEM-book: можливості та практичний досвід упровадження: Київ: Національний центр «Мала академія наук України», 2023. 134с. (посібник, «Схвалено для використання в освітньому процесі» Рішення експертної комісії з технологій МОН)
2. Stryzhak, O., Gorborukov, V., Dovgyi, S., та ін. Transdisciplinary Principles of Consolidation: Information and Communication Technologies and Sustainable Development. 2023. 255-269 (SCOPUS)
3. Віртуальний STEM-центр. Національний центр “Мала академія наук України”. URL: <https://stemua.science/>

5. Реєстр онтологій:

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=virtualnii-stem-centr-stem-kategoriji&view=prism>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=khimija-zagalna-v>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=normativni-dokumenty-s>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=sistema-laboratornogo-zabespechennya-manlab>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=taksonomiya-mikroorganizmiv-v2>

6. Терміни впровадження: 2021 – 2023 рр.

7. Ефективність впровадження: Реалізація та забезпечення онтолого-керованої, адаптивної навчально-пізнавальної діяльності тих хто навчається, щодо їх знань та компетенцій, під змістовні обсяги наукових та освітніх нарративів за тематичними профілями STEM-освіти, з врахуванням умов навчальних програм. Розробка спеціалізованих онтологічних інструментів, що забезпечують структурне відображення освітніх нарративів, підтримки процесів виявлення найбільш адаптивних для свідомості тих що навчаються навчально-дослідницьких проєктів.

8. Зауваження, пропозиції: Використання запропонованих інструментів забезпечує консолідовану взаємодію з науковими та освітніми нарративами, генерацію навчально-дослідницьких площадок тощо. Може бути задіяне при плануванні дослідницької діяльності, учнів, студентів та фахівців, які проходять курси підвищення кваліфікації.

Відповідальний за впровадження,

доктор фізико-математичних наук, професор,
виконавець проєкту

А. Черн.

Олександр ЧЕРНЕНКО

Міністерство освіти і науки України
Національний університет харчових технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ:

проректор НУХТ

Сергій ТОКАРЧУК

« 2023 р.



АКТ

впровадження результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських і дисертаційних робіт у навчальний процес вищих навчальних закладів

Замовник Національний університет харчових технологій в особі проректора з наукової роботи **ТОКАРЧУКА Сергія**, який діє на підставі наказу №87 від 20.10.22р.

Дійсним актом підтверджується, що результати, отримані, як науково-технологічні та методичні засоби трансдисциплінарного перетворення наукових та освітніх наратив за тематичними профілями STEM-освіти в онтологічний формат, забезпечення консолідованої взаємодії зі STEM-середовищем, онтолого-керована генерація освітніх площадок STEM-центра, реалізація когнітивно-освітніх сервісів віртуального STEM-центру. Перелік інформаційних ресурсів, що були використані при впровадженні результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських і дисертаційних робіт у навчальний процес вищих навчальних закладів виконаної в межах дисертаційної роботи «Онтологічна модель віртуального STEM-центру»

(найменування кафедри)

виконуваної з вересня 2020 по грудень 2023

(термін виконання)

впроваджені на кафедрі екології та екоменеджменту

(найменування структурного підрозділу, де здійснювалось впровадження)

1. Вид впроваджених результатів інформаційні онтологічні ресурси

(технологія, обладнання, методики, тощо)

2. Форма впровадження: на лекціях та практичних заняттях

3. Новизна результатів науково-дослідних робіт: зводиться до забезпечення трандисциплінарності при роботі з великими масивами наукової та освітньої інформації

(піонерське, принципово нові, якісно нові, модифікація старих розробок)

4. Перелік курсів і дисциплін, у рамках яких викладені результати НДР: _____
Методичне та статистичне забезпечення наукових досліджень

5. Соціальний і науково-технічний ефект Реалізація та забезпечення онтолого-керованої, адаптивної навчально-пізнавальної діяльності тих хто навчається, щодо їх знань та компетенцій, під змістовні обсяги наукових та освітніх наративів за тематичними профілями STEM-освіти, з врахуванням умов навчальних програм. Розробка спеціалізованих онтологічних інструментів, що забезпечують структурне відображення освітніх наративів, підтримки процесів виявлення найбільш адаптивних для свідомості тих що навчаються навчально-дослідницьких проєктів

Виконавці


(підпис)

(Ігор ЯКИМЕНКО)
(ім'я, прізвище)

«15» грудня 2023 р


(підпис)

(Святослав ШАПОВАЛОВ)
(ім'я, прізвище)

«15» грудня 2023 р

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з наукової роботи
Українського державного університету
імені Михайла Драгоманова
Г. М. Торбін
_____ 2023 р.



АКТ

впровадження науково-технічної продукції

1. Найменування пропозиції для впровадження: Науково-технологічні та методичні засоби трансдисциплінарного перетворення наукових та освітніх нарративів за тематичними профілями STEM-освіти в онтологічний формат, забезпечення консолідованої взаємодії зі STEM-СЕРЕДОВИЩЕМ, онтолого-керована генерація освітніх площадок STEM-центра, реалізація когнітивно-освітніх сервісів віртуального STEM-центру.

2. Ким запропоновано, адреса: відділ створення навчально-тематичних систем знань Національного центру “Мала академія наук України”

3. Виконавець: ШАПОВАЛОВ Віктор Борисович

4. Джерело інформації:

1. Шаповалов, С. Б., Білик, Ж. І., Шаповалов, В. Б., та ін. STEM-book: можливості та практичний досвід впровадження: Київ: Національний центр «Мала академія наук України», 2023. 134с. (посібник, «Схвалено для використання в освітньому процесі», рішення експертної комісії з технологій МОН)
2. Stryzhak, O., Gorbukov, V., Dovgyi, S., та ін. Transdisciplinary Principles of Consolidation: Information and Communication Technologies and Sustainable Development. 2023. 255-269 (SCOPUS)
3. Віртуальний STEM-центр. Національний центр “Мала академія наук України”. URL: <https://stemua.science/>

5. Реєстр онтологій:

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=virtualnii-stem-centr-stem-kategoriji&view=prism>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=khimija-zagalna-v>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=normativni-dokumenti-s>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=sistema-laboratornogo-zabespechennya-manlab>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=taksonomiya-mikroorganizmiv-v2>

6. Терміни впровадження: 2021 – 2023 рр.

7. Ефективність впровадження: Реалізація та забезпечення онтолого-керованої, адаптивної навчально-пізнавальної діяльності тих хто навчається, щодо їх знань та компетенцій, під змістовні обсяги наукових та освітніх нарративів за тематичними профілями STEM-освіти, з врахуванням умов навчальних програм. Розробка спеціалізованих онтологічних інструментів, що забезпечують структурне відображення освітніх нарративів, підтримки процесів виявлення найбільш адаптивних для свідомості тих що навчаються навчально-дослідницьких проєктів.

8. Зауваження, пропозиції: Використання запропонованих інструментів забезпечує консолідовану взаємодію з науковими та освітніми нарративами, генерацію навчально-дослідницьких площадок тощо. Може бути задіяне при плануванні дослідницької діяльності, учнів, студентів та фахівців, які проходять курси підвищення кваліфікації.

Відповідальний за впровадження,
завідувач кафедри ЮНЕСКО з наукової освіти,
д.філос.н., проф.

Д. Б. Свириденко



Затверджую

"02" 11 2023 р.

Директор
Державної наукової установи
«Інститут модернізації змісту освіти»

д.е.н. проф. С. В. Баженов

АКТ

впровадження науково-технічної продукції

1. **Найменування пропозиції для впровадження:** Науково-технологічні та методичні засоби трансдисциплінарного перетворення наукових та освітніх нарративів за тематичними профілями STEM-освіти в онтологічний формат, забезпечення консолідованої взаємодії зі STEM-СЕРЕДОВИЩЕМ, онтолого-керована генерація освітніх площадок STEM-центра, реалізація когнітивно-освітніх сервісів віртуального STEM-центру.
2. **Ким запропоновано, адреса:** відділ створення навчально-тематичних систем знань Національного центру "Мала академія наук України"
3. **Виконавець:** ШАПОВАЛОВ Віктор Борисович
4. **Джерело інформації:**
 1. Шаповалов, Є. Б., Білик, Ж. І., Шаповалов, В. Б., та ін. STEM-book: можливості та практичний досвід упровадження: Київ: Національний центр «Мала академія наук України», 2023. 134с. (посібник, «Схвалено для використання в освітньому процесі») Рішення експертної комісії з технологій МОН)
 2. Stryzhak, O., Gorburokov, V., Dovgyi, S., та ін. Transdisciplinary Principles of Consolidation: Information and Communication Technologies and Sustainable Development. 2023. 255-269 (SCOPUS)
 3. Віртуальний STEM-центр. Національний центр "Мала академія наук України". URL: <https://stemua.science/>
5. **Ресурси онтологій:**
 - <https://manlab.ulif.org.ua/?fname=virtualnii-stem-centr-stem-kategoriji&view=prism>
 - <https://manlab.ulif.org.ua/?fname=khimija-zagalna-v>
 - <https://manlab.ulif.org.ua/?fname=normativni-dokumenti-s>
 - <https://manlab.ulif.org.ua/?fname=sistema-laboratornogo-zabespechennya-manlab>
 - <https://manlab.ulif.org.ua/?fname=taksonomiya-mikroorganizmiv-v2>
6. **Терміни впровадження:** 2021 – 2023 рр.
7. **Ефективність впровадження:** Реалізація та забезпечення онтолого-керованої, адаптивної навчально-пізнавальної діяльності тих хто навчається, щодо їх знань та компетенцій, під змістовні обсяги наукових та освітніх нарративів за тематичними профілями STEM-освіти, з врахуванням умов навчальних програм. Розробка спеціалізованих онтологічних інструментів, що забезпечують структурне відображення освітніх нарративів, підтримки процесів виявлення найбільш адаптивних для свідомості тих що навчаються навчально-дослідницьких проектів.
8. **Зауваження, пропозиції:** Використання запропонованих інструментів забезпечує консолідовану взаємодію з науковими та освітніми нарративами, генерацію навчально-дослідницьких площадок тощо. Може бути задіяне при плануванні дослідницької діяльності, учнів, студентів та фахівців, які проходять курси підвищення кваліфікації.

Перший заступник директора
доктор педагогічних наук, професор

Ю.І. Завалевський

МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВНУТРІШНІХ СПРАВ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор

доктор юридичних наук, професор

Єгор НАЗИМКО

14.08.2023 р.

АКТ

впровадження науково-технічної продукції

1. Комісія у складі:

Голова комісії: Ганна БУГА, начальник відділу організації наукової роботи, доктор юридичних наук, доцент

Члени комісії: 1. Юлія ДАНИЛЕВСЬКА, завідувач аспірантури (ад'юнктури) та докторантури, кандидат юридичних наук, старший науковий співробітник

2. Ольга КУЗЬМЕНКО, учений секретар секретаріату Вченої ради, доктор педагогічних наук, професор

3. Андрій ЗАХАРЧЕНКО, завідувач науково-дослідної лабораторії публічної безпеки громад, доктор юридичних наук, професор

2. Комісія встановила:

Науково-технологічні та методичні засоби трансдисциплінарного перетворення наукових та освітніх наративів за тематичними профілями STEM-освіти в онтологічний формат, забезпечення консолідованої взаємодії зі STEM-СЕРЕДОВИЩЕМ, онтолого-керована генерація освітніх площадок STEM-центра, реалізація когнітивно-освітніх сервісів віртуального STEM-центру, що розроблені Шаповаловим Віктором Борисовичем (відділ створення навчально-тематичних систем знань Національного центру "Мала академія наук України"), а саме:

1.1. Шаповалов, С. Б., Білик, Ж. І., Шаповалов, В. Б., та ін. STEM-book: можливості та практичний досвід упровадження: Київ: Національний центр «Мала академія наук України», 2023. 134с. (посібник, «Схвалено для використання в освітньому процесі» Рішення експертної комісії з технологій МОН).

1.2. Stryzhak, O., Gorborkov, V., Dovgyi, S., та ін. Transdisciplinary Principles of Consolidation: Information and Communication Technologies and Sustainable Development. 2023. 255-269 (SCOPUS).


1.3. Віртуальний STEM-центр. Національний центр "Мала академія наук України". URL: <https://stemua.science/>

1.4. Реєстр онтологій: <https://manlab.ulif.org.ua/?fname=virtualnii-stem-centr-stem-kategoriji&view=prism;> <https://manlab.ulif.org.ua/?fname=khimija-zagalna-v;> <https://manlab.ulif.org.ua/?fname=normativni-dokumenti-s;> <https://manlab.ulif.org.ua/?fname=sistema-laboratornogo-zabespechennya-manlab;> <https://manlab.ulif.org.ua/?fname=taksonomiya-mikroorganizmiv-v2> були впроваджені у наукову та освітню діяльність Донецького державного університету внутрішніх справ в 2021-2023 рр. і дозволили реалізувати та забезпечити онтолого-керовану, адаптивну навчально-пізнавальну діяльність тих хто навчається, щодо їх знань та компетенцій, під змістовні обсяги наукових та освітніх наративів за тематичними профілями STEM-освіти, з врахуванням умов навчальних програм. Розробка спеціалізованих онтологічних інструментів, що забезпечують структурне

відображення освітніх наративів, підтримки процесів виявлення найбільш адаптивних для свідомості тих, що навчаються навчально-дослідницьких проєктів.


Зауваження, пропозиції: Використання запропонованих інструментів забезпечує консолідовану взаємодію з науковими та освітніми наративами, генерацію навчально-дослідницьких площадок тощо. Може бути задіяне при плануванні дослідницької діяльності, учнів, студентів та фахівців, які проходять курси підвищення кваліфікації.

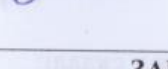
Голова комісії:

 Ганна БУГА

Члени комісії:

 Юлія ДАНИЛЕВСЬКА

 Ольга КУЗЬМЕНКО

 Андрій ЗАХАРЧЕНКО

ЗАРЕЄСТРОВАНО

в журналі обліку актів впровадження результатів наукових досліджень в науково-дослідну діяльність

Донецького державного університету внутрішніх справ

«14» грудня 2023 р.

Науковий співробітник ВОНР

 Сергія Сергієнко

(підпис, прізвище)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Інституту обдарованої дитини
НАПН УкраїниМаксим ГАЛЬЧЕНКО
2023 р.

АКТ

впровадження науково-технічної продукції

1. Найменування пропозиції для впровадження: Науково-технологічні та методичні засоби трансдисциплінарного перетворення наукових та освітніх нарративів за тематичними профілями STEM-освіти в онтологічний формат, забезпечення консолідованої взаємодії зі STEM-СЕРЕДОВИЩЕМ, онтолого-керована генерація освітніх площадок STEM-центра, реалізація когнітивно-освітніх сервісів віртуального STEM-центру.

2. Ким запропоновано, адреса: відділ створення навчально-тематичних систем знань Національного центру “Мала академія наук України”

3. Виконавець: ШАПОВАЛОВ Віктор Борисович

4. Джерело інформації:

1. Шаповалов, С. Б., Білик, Ж. І., Шаповалов, В. Б., та ін. STEM-book: можливості та практичний досвід упровадження: Київ: Національний центр «Мала академія наук України», 2023. 134с. (посібник, «Схвалено для використання в освітньому процесі» Рішення експертної комісії з технологій МОН)
2. Stryzhak, O., Gorburokov, V., Dovgyi, S., та ін. Transdisciplinary Principles of Consolidation: Information and Communication Technologies and Sustainable Development. 2023. 255-269 (SCOPUS)
3. Віртуальний STEM-центр. Національний центр “Мала академія наук України”. URL: <https://stemua.science/>

5. Реєстр онтологій:

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=virtualnii-stem-centr-stem-kategoriji&view=prism>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=khimija-zagalna-v>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=normativni-dokumenti-s>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=sistema-laboratornogo-zabespechennya-manlab>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=taksonomiya-mikroorganizmiv-v2>

6. Терміни впровадження: 2021 – 2023 рр.

7. Ефективність впровадження: Реалізація та забезпечення онтолого-керованої, адаптивної навчально-пізнавальної діяльності тих хто навчається, щодо їх знань та компетенцій, під змістовні обсяги наукових та освітніх нарративів за тематичними профілями STEM-освіти, з врахуванням умов навчальних програм. Розробка спеціалізованих онтологічних інструментів, що забезпечують структурне відображення освітніх нарративів, підтримки процесів виявлення найбільш адаптивних для свідомості тих що навчаються навчально-дослідницьких проєктів.

8. Зауваження, пропозиції: Використання запропонованих інструментів забезпечує консолідовану взаємодію з науковими та освітніми нарративами, генерацію навчально-дослідницьких площадок тощо. Може бути задіяне при плануванні дослідницької діяльності, учнів, студентів та фахівців, які проходять курси підвищення кваліфікації.

Завідувач відділу підтримки обдарованості,
кандидат педагогічних наук, с.н.с.

Наталія ПОЛІХУН



Затверджую

"27" грудня 2023 р.

педагогічна рада

Кам'янець-Подільського ліцею

АКТ

впровадження науково-технічної продукції

1. Найменування пропозиції для впровадження: Науково-технологічні та методичні засоби трансдисциплінарного перетворення наукових та освітніх наративів за тематичними профілями STEM-освіти в онтологічний формат, забезпечення консолідованої взаємодії зі STEM-СЕРЕДОВИЩЕМ, онтолого-керована генерація освітніх площадок STEM-центра, реалізація когнітивно-освітніх сервісів віртуального STEM-центру.

2. Ким запропоновано, адреса: відділ створення навчально-тематичних систем знань Національного центру "Мала академія наук України"

3. Виконавець: ШАПОВАЛОВ Віктор Борисович

4. Джерело інформації:

1. Шаповалов, Є. Б., Білик, Ж. І., Шаповалов, В. Б., та ін. STEM-book: можливості та практичний досвід упровадження: Київ: Національний центр «Мала академія наук України», 2023. 134с. (посібник, «Схвалено для використання в освітньому процесі» Рішення експертної комісії з технологій МОН)
2. Stryzhak, O., Gorborukov, V., Dovgyi, S., та ін. Transdisciplinary Principles of Consolidation: Information and Communication Technologies and Sustainable Development. 2023. 255-269 (SCOPUS)
3. Віртуальний STEM-центр. Національний центр "Мала академія наук України". URL: <https://stemua.science/>

5. Реєстр онтологій:

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=virtualnii-stem-centr-stem-kategoriji&view=prism>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=khimija-zagalna-v>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=normativni-dokumenti-s>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=sistema-laboratornogo-zabespechennya-manlab>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=taksonomiya-mikroorganizmiv-v2>

6. Терміни впровадження: 2021 – 2023 рр.

7. Ефективність впровадження: Реалізація та забезпечення онтолого-керованої, адаптивної навчально-пізнавальної діяльності тих хто навчається, щодо їх знань та компетенцій, під змістовні обсяги наукових та освітніх наративів за тематичними профілями STEM-освіти, з врахуванням умов навчальних програм. Розробка спеціалізованих онтологічних інструментів, що забезпечують структурне відображення освітніх наративів, підтримки процесів виявлення найбільш адаптивних для свідомості тих що навчаються навчально-дослідницьких проєктів.

8. Зауваження, пропозиції: Використання запропонованих інструментів забезпечує консолідовану взаємодію з науковими та освітніми наративами, генерацію навчально-дослідницьких площадок тощо. Може бути задіяне при плануванні дослідницької діяльності, учнів, студентів та фахівців, які проходять курси підвищення кваліфікації.

Директор ліцею

Альона КУЗЕМА



УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕПАРТАМЕНТ ОСВІТИ І НАУКИ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛДЕРЖАДМІНІСТРАЦІЇ
ДЕРЖАВНИЙ ПРОФЕСІЙНО-ТЕХНІЧНИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
"КРИВОРІЗЬКИЙ НАВЧАЛЬНО-ВИРОБНИЧИЙ ЦЕНТР"

вул. Фабрична, 5, м. Кривий Ріг, 50106, тел. (097) 111 01 31
 e-mail: pty7.knvc@ukr.net, http://www.kr-nvc.edukit.dp.ua, код ЄДРПОУ 02549581

АКТ

впровадження науково-технічної продукції

1. Найменування пропозиції для впровадження: Науково-технологічні та методичні засоби трансдисциплінарного перетворення наукових та освітніх нарративів за тематичними профілями STEM-освіти в онтологічний формат, забезпечення консолідованої взаємодії зі STEM-СЕРЕДОВИЩЕМ, онтолого-керована генерація освітніх площадок STEM-центра, реалізація когнітивно-освітніх сервісів віртуального STEM-центру.

2. Ким запропоновано, адреса: відділ створення навчально-тематичних систем знань Національного центру "Мала академія наук України"

3. Виконавець: ШАПОВАЛОВ Віктор Борисович

4. Джерело інформації:

1. Шаповалов, Є. Б., Білик, Ж. І., Шаповалов, В. Б., та ін. STEM-book: можливості та практичний досвід упровадження: Київ: Національний центр «Мала академія наук України», 2023. 134с. (посібник, «Схвалено для використання в освітньому процесі» Рішення експертної комісії з технологій МОН)
2. Stryzhak, O., Gorborukov, V., Dovgyi, S., та ін. Transdisciplinary Principles of Consolidation: Information and Communication Technologies and Sustainable Development. 2023. 255-269 (SCOPUS)
3. Віртуальний STEM-центр. Національний центр "Мала академія наук України". URL: <https://stemua.science/>

5. Реєстр онтологій:

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=virtualnii-stem-centr-stem-kategoriji&view=prism>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=khimija-zagalna-v>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=normativni-dokumenti-s>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=sistema-laboratornogo-zabespechennya-manlab>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=taksonomiya-mikroorganizmiv-v2>

6. Терміни впровадження: 2021 – 2023 рр.

7. Ефективність впровадження: Реалізація та забезпечення онтолого-керованої, адаптивної навчально-пізнавальної діяльності тих хто навчається, щодо їх знань та компетенцій, під змістовні обсяги наукових та освітніх нарративів за тематичними профілями STEM-освіти, з врахуванням умов навчальних програм. Розробка спеціалізованих онтологічних інструментів, що забезпечують структурне відображення освітніх нарративів, підтримки процесів виявлення найбільш адаптивних для свідомості тих що навчаються навчально-дослідницьких проектів.

8. Зауваження, пропозиції: Використання запропонованих інструментів забезпечує консолідовану взаємодію з науковими та освітніми нарративами, генерацію навчально-дослідницьких площадок тощо. Може бути задіяне при плануванні дослідницької діяльності, учнів, студентів та фахівців, які проходять курси підвищення кваліфікації.

Директор



Володимир КІСЛІЧЕНКО

ЗАТВЕРДЖУЮ

"18" грудня 2023 р.

Директор Навчально-наукового інституту
«Європейська школа бізнесу» ПЗВО
«Міжнародний європейський університет»,
кандидат економічних наук, доцент
Юлія РЕМИГА

АКТ

впровадження науково-технічної продукції

1. Найменування пропозиції для впровадження: Науково-технологічні та методичні засоби трансдисциплінарного перетворення наукових та освітніх нарративів за тематичними профілями STEM-освіти в онтологічний формат, забезпечення консолідованої взаємодії зі STEM-СЕРЕДОВИЩЕМ, онтолого-керована генерація освітніх площадок STEM-центра, реалізація когнітивно-освітніх сервісів віртуального STEM-центру.

2. Ким запропоновано, адреса: відділ створення навчально-тематичних систем знань Національного центру «Мала академія наук України»

3. Виконавець: ШАПОВАЛОВ Віктор Борисович

4. Джерело інформації:

1. Шаповалов, Є.Б., Білик, Ж.І., Шаповалов, В.Б., та ін. STEM-book: можливості та практичний досвід упровадження: Київ: Національний центр «Мала академія наук України», 2023. 134с. (посібник, «Схвалено для використання в освітньому процесі» Рішення експертної комісії з технологій МОН)
2. Stryzhak, O., Gorborkov, V., Dovgyi, S., та ін. Transdisciplinary Principles of Consolidation: Information and Communication Technologies and Sustainable Development. 2023. 255-269 (SCOPUS)
3. Віртуальний STEM-центр. Національний центр «Мала академія наук України». URL: <https://stemua.science/>

5. Ресурси онтологій:

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=virtualnii-stem-centr-stem-kategoriji&view=prism>
<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=khimija-zagalna-v>
<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=normativni-dokumenti-s>
<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=sistema-laboratornogo-zabespechennya-manlab>
<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=taksonomiya-mikroorganizmiv-v2>

6. Терміни впровадження: 2021 – 2023 рр.

7. Ефективність впровадження: Реалізація та забезпечення онтолого-керованої, адаптивної навчально-пізнавальної діяльності тих хто навчається, щодо їх знань та компетенцій, під змістовні обсяги наукових та освітніх нарративів за тематичними профілями STEM-освіти, з врахуванням умов навчальних програм. Розробка спеціалізованих онтологічних інструментів, що забезпечують структурне відображення освітніх нарративів, підтримки процесів виявлення найбільш адаптивних для свідомості тих що навчаються навчально-дослідницьких проєктів.

8. Зауваження, пропозиції: Використання запропонованих інструментів забезпечує консолідовану взаємодію з науковими та освітніми нарративами, генерацію навчально-дослідницьких площадок тощо. Може бути задіяне при плануванні дослідницької діяльності, учнів, студентів та фахівців, які проходять курси підвищення кваліфікації.

Відповідальний за впровадження

ДИРЕКТОР ДЕПАРТАМЕНТУ
КАДРОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
КАТЕРИНА ДУДАРЕНКО



Олександр НЕСТЕРЕНКО,
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри інформаційних
технологій ПЗВО «Міжнародний
європейський університет»

Затверджую

“___” _____ 2023 р.

В.о. директора КОПНЗ «Буковинська Мала академія наук учнівської молоді»

к.ф.н. доц. О.І.Дика



АКТ

впровадження науково-технічної продукції

1. Найменування пропозиції для впровадження: Науково-технологічні та методичні засоби трансдисциплінарного перетворення наукових та освітніх наративів за тематичними профілями STEM-освіти в онтологічний формат, забезпечення консолідованої взаємодії зі STEM-СЕРЕДОВИЩЕМ, онтолого-керована генерація освітніх площадок STEM-центра, реалізація когнітивно-освітніх сервісів віртуального STEM-центру.

2. Ким запропоновано, адреса: відділ створення навчально-тематичних систем знань Національного центру “Мала академія наук України”

3. Виконавець: ШАПОВАЛОВ Віктор Борисович

4. Джерело інформації:

1. Шаповалов, Є. Б., Білик, Ж. І., Шаповалов, В. Б., та ін. STEM-book: можливості та практичний досвід упровадження: Київ: Національний центр «Мала академія наук України», 2023. 134с. (посібник, «Схвалено для використання в освітньому процесі» Рішення експертної комісії з технологій МОН)
2. Stryzhak, O., Gorborkov, V., Dovgyi, S., та ін. Transdisciplinary Principles of Consolidation: Information and Communication Technologies and Sustainable Development. 2023. 255-269 (SCOPUS)
3. Віртуальний STEM-центр. Національний центр “Мала академія наук України”. URL: <https://stemua.science/>

5. Реєстр онтологій:

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=virtualnii-stem-centr-stem-kategoriji&view=prism>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=khimija-zagalna-v>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=normativni-dokumenti-s>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=sistema-laboratornogo-zabespechennya-manlab>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=taksonomiya-mikroorganizmiv-v2>

6. Терміни впровадження: 2021 – 2023 рр.

7. Ефективність впровадження: Реалізація та забезпечення онтолого-керованої, адаптивної навчально-пізнавальної діяльності тих хто навчається, щодо їх знань та компетенцій, під змістовні обсяги наукових та освітніх наративів за тематичними профілями STEM-освіти, з врахуванням умов навчальних програм. Розробка спеціалізованих онтологічних інструментів, що забезпечують структурне відображення освітніх наративів, підтримки процесів виявлення найбільш адаптивних для свідомості тих що навчаються навчально-дослідницьких проєктів.

8. Зауваження, пропозиції: Використання запропонованих інструментів забезпечує консолідовану взаємодію з науковими та освітніми наративами, генерацію навчально-дослідницьких площадок тощо. Може бути задіяне при плануванні дослідницької діяльності, учнів, студентів та фахівців, які проходять курси підвищення кваліфікації.

Методист фізико-математичного відділення
КОПНЗ «Буковинська Мала академія наук
учнівської молоді»

Прокопець П.Г.

Затверджено
 Протокол засідання педагогічної ради
 комунальної установи
 «Волинська обласна Мала академія наук»
 від 20 листопада 2023 року №3

АКТ

впровадження науково-технічної продукції

1. Найменування пропозиції для впровадження: Науково-технологічні та методичні засоби трансдисциплінарного перетворення наукових та освітніх наративів за тематичними профілями STEM-освіти в онтологічний формат, забезпечення консолідованої взаємодії зі STEM-СЕРЕДОВИЩЕМ, онтолого-керована генерація освітніх площадок STEM-центру, реалізація когнітивно-освітніх сервісів віртуального STEM-центру.

2. Ким запропоновано, адреса: відділ створення навчально-тематичних систем знань Національного центру «Мала академія наук України»

3. Виконавець: ШАПОВАЛОВ Віктор Борисович

4. Джерело інформації:

1. Шаповалов, Є. Б., Білик, Ж. І., Шаповалов, В. Б., та ін. STEM-book: можливості та практичний досвід упровадження: Київ: Національний центр «Мала академія наук України», 2023. 134с. (посібник, «Схвалено для використання в освітньому процесі» Рішення експертної комісії з технологій МОН)
2. Stryzhak, O., Gorborukov, V., Dovgyi, S., та ін. Transdisciplinary Principles of Consolidation: Information and Communication Technologies and Sustainable Development. 2023. 255-269 (SCOPUS)
3. Віртуальний STEM-центр. Національний центр «Мала академія наук України». URL: <https://stemua.science/>

5. Реєстр онтологій:

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=virtualnii-stem-centr-stem-kategoriji&view=prism>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=khimija-zagalna-v>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=normativni-dokumenti-s>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=sistema-laboratornogo-zabespechennya-manlab>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=taksonomiya-mikroorganizmiv-v2>

6. Терміни впровадження: 2021 – 2023 рр.

7. Ефективність впровадження: Реалізація та забезпечення онтолого-керованої, адаптивної навчально-пізнавальної діяльності тих хто навчається, щодо їх знань та компетенцій, під змістовні обсяги наукових та освітніх наративів за тематичними профілями STEM-освіти, з врахуванням умов навчальних програм. Розробка спеціалізованих онтологічних інструментів, що забезпечують структурне відображення освітніх наративів, підтримки процесів виявлення найбільш адаптивних для свідомості тих що навчаються навчально-дослідницьких проєктів.

8. Зауваження, пропозиції: Використання запропонованих інструментів забезпечує консолідовану взаємодію з науковими та освітніми наративами, генерацію навчально-дослідницьких площадок тощо. Може бути задіяне при плануванні дослідницької діяльності, учнів, студентів та фахівців, які проходять курси підвищення кваліфікації.

Т.в.о. директора
 комунальної установи
 «Волинська обласна Мала академія наук»



[Handwritten signature]

Тетяна МИХАЛЮК

Затверджую

“ 11 ” грудня 2023 р.

Директор Українського мовно-інформаційного фонду НАН України,
доктор технічних наук,
академік НАН України
В. А. Широков



АКТ

впровадження науково-технічної продукції

1. Найменування пропозиції для впровадження: Науково-технологічні та методичні засоби трансдисциплінарного перетворення наукових та освітніх нарративів за тематичними профілями STEM-освіти в онтологічний формат, забезпечення консолідованої взаємодії зі STEM-СЕРЕДОВИЩЕМ, онтолого-керована генерація освітніх площадок STEM-центра, реалізація когнітивно-освітніх сервісів віртуального STEM-центру.

2. Ким запропоновано, адреса: відділ створення навчально-тематичних систем знань НЦ “Мала академія наук України”, адреса: 04119, м. Київ, вул. Дегтярівська, 38-44.

3. Виконавець: ШАПОВАЛОВ Віктор Борисович

4. Джерело інформації:

1. Шаповалов, Є. Б., Білик, Ж. І., Шаповалов, В. Б., та ін. STEM-book: можливості та практичний досвід упровадження: Київ: Національний центр «Мала академія наук України», 2023. 134с. (посібник, «Схвалено для використання в освітньому процесі» Рішення експертної комісії з технологій МОН)
2. Stryzhak, O., Gorborukov, V., Dovgyi, S., та ін. Transdisciplinary Principles of Consolidation: Information and Communication Technologies and Sustainable Development. 2023. 255-269 (SCOPUS)
3. Віртуальний STEM-центр. Національний центр “Мала академія наук України”. URL: <https://stemua.science/>

5. Реєстр онтологій:

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=virtualnii-stem-centr-stem-kategoriji&view=prism>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=khimija-zagalna-v>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=normativni-dokumenti-s>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=sistema-laboratornogo-zabespechennya-manlab>

<https://manlab.ulif.org.ua/?fname=taksonomiya-mikroorganizmiv-v2>

6. Терміни впровадження: 2021 – 2023 рр.

7. Ефективність впровадження: Реалізація та забезпечення онтолого-керованої, адаптивної навчально-пізнавальної діяльності тих хто навчається, щодо їх знань та компетенцій, під змістовні обсяги наукових та освітніх нарративів за тематичними профілями STEM-освіти, з врахуванням умов навчальних програм. Розробка спеціалізованих онтологічних інструментів, що забезпечують структурне відображення освітніх нарративів, підтримку процесів виявлення найбільш адаптивних для свідомості тих, хто навчається навчально-дослідницьких проектів.

8. Зауваження, пропозиції: Використання запропонованих інструментів забезпечує консолідовану взаємодію з науковими та освітніми нарративами, генерацію навчально-дослідницьких площадок тощо. Може бути використане при плануванні дослідницької діяльності, учнів, студентів та фахівців, які проходять курси підвищення кваліфікації.

Відповідальний за впровадження:
завідувач відділу інформатики Українського
мовно-інформаційного фонду НАН України, к.т.н.

Максим Надутенко

Додаток Б. Інструкція для роботи з онтологічною системою «Добір STEM-проектів» англomовний варіант

Ontology System “STEM Project Selection”

Based on Ukrainian platform "Ontology", developed by Junior Academy of Science of Ukraine



Aim

To address the existing gap in informational and technological support for STEM education in Ukrainian schools. Ontology System “STEM Project Selection” platform will employ an ontological approach to:

1. Deliver personalized learning resources tailored to individual students' needs.
2. theories of learning
3. Offer a modern, intelligent digital educational tool to elevate the standards of STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) education in Ukraine.
4. Assist students in forming a comprehensive understanding of the world by exposing them to subject-specific ontologies through tasks. As students complete these tasks, their understanding expands, creating a well-rounded worldview.



Scan code or go to <https://url.stemua.science/?sden>

Functional features and Advantages of Ontology System “STEM Project Selection”

Personalized Learning:

Through a ranking tool, the system personalizes educational tasks based on the student's needs, ensuring they receive content that's most relevant to them.

Structured Information:

By applying ontological approaches, the system organizes information not only based on the characteristics of the tasks but also on the structure of the tasks themselves. This promotes a deeper understanding and an organized methodology to approach educational content.

Diverse Subject Areas:

The platform categorizes tasks into distinct subjects or directions such as physics, chemistry, biology, and energy. Despite a multidisciplinary approach in some tasks, the platform ensures that a clear primary focus is identified.

Safety Protocols:

Given the nature of STEM activities, some tasks may involve risks. The platform classifies tasks based on their safety levels – safe, moderately dangerous, and dangerous. This helps teachers and students approach each task with the necessary precautions.

Material and Time Management:

The platform provides clarity on the materials required for each task and the estimated time to complete it. Timeframes range from under an hour to more than a month.

Visual Representation:

Special pictograms have been designed for visualization, aiding users in understanding the steps and stages involved in each task.

Structural Elements of Tasks:

Each task or project on the platform is broken down into distinct structural elements such as an abstract, preliminary information, conducting the research, and further development of the research. This structured approach ensures students can navigate through the content intuitively and grasp the essence of the task with clarity.

Target auditory:

Teachers, Students, youth researchers

Instructions for the system of STEM project selection

Press [Select STEM-project](#) button to start

You will see the survey. By moving the slider, determine your interest in this topic on a ten-point scale: 1 point - you do not like the question, and 10 - like

Assemble or repair various technical mechanisms or devices	<input type="range" value="5"/>
Conduct experiments in chemistry	<input type="range" value="5"/>
Conduct experiments in physics	<input type="range" value="5"/>
Get acquainted with advertising and reference materials for new appliances or household goods	<input type="range" value="5"/>
Get acquainted with scientific developments in mathematics	<input type="range" value="5"/>
Get acquainted with the historical monuments of the culture of different peoples	<input type="range" value="5"/>
Get acquainted with the issues of chemical production or experimental chemistry	<input type="range" value="5"/>
Get acquainted with the issues of human anatomy and physiology	<input type="range" value="5"/>
Get acquainted with the news of technology	<input type="range" value="5"/>
Get to know the causes of various diseases	<input type="range" value="5"/>
Keep a personal diary or express your observations and thoughts in writing	<input type="range" value="5"/>
Learn a language (foreign or native)	<input type="range" value="5"/>
Participate in sports games	<input type="range" value="5"/>
Play musical instruments or draw or engage in carving or some other creative, hands-on activity	<input type="range" value="5"/>
Provide medical assistance to people or animals	<input type="range" value="5"/>
Solve mathematical problems	<input type="range" value="5"/>
Take care of providing your friends or relatives with household amenities and benefits	<input type="range" value="5"/>
To study physical phenomena, to get acquainted with discoveries in the field of physics	<input type="range" value="5"/>
Understand technical diagrams or drawings	<input type="range" value="5"/>
Use route diagrams or geographical maps	<input type="range" value="5"/>
Work in the garden or vegetable garden or on the farm	<input type="range" value="5"/>

Apply your preferences and press [Apply changes](#) to continue

You will get a ranked list of the STEM projects based on your preferences to the right side



Detection of minerals in the area

Difficulty level: 🟡🟡 Direction: geography Level of danger: Safe, but under the supervision of a manager Availability of materials used: At the level of school equipment Estimated time for work: 02

▶ Additional Information



Determination of plant cell carbohydrates

Difficulty level: 🟡🟡 Direction: Biological chemistry Level of danger: Safe, but under the supervision of a manager Availability of materials used: At the level of school equipment Estimated time for work: 02

▶ Additional Information



Determination of protein content in aqueous extracts of heavy metal in plants in the soil (semi-quantitative)

Difficulty level: 🟡🟡 Direction: Biological chemistry Level of danger: Safe, but under the supervision of a manager Availability of materials used: At the level of school equipment Estimated time for work: 02

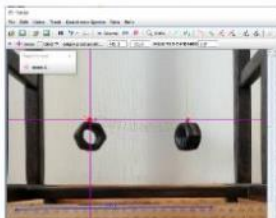
▶ Additional Information



Determination of proteins and lipids of a plant cell

Difficulty level: 🟡🟡 Direction: Biological chemistry Level of danger: Safe, but under the supervision of a manager Availability of materials used: At the level of school equipment Estimated time for work: 02

▶ Additional Information



Determination of spring stiffness using mathematical pendulums

Difficulty level: 🟢🟢 Direction: Instrumental digital didactics Level of danger: ▲ Availability of materials used: It can be done at home Estimated time for work: 01

▶ Additional Information

Search

Difficulty level

- Average
- High
- Light

Direction

- Alternative energy
- Analytical chemistry
- Art
- Artistic art
- Basics of thermodynamics
- Biological chemistry
- Biology
- Biotechnology
- Botany
- Cartoon
- Chemical technologies
- Chemistry
- Chromatography
- Cytology
- Design
- Direct current
- Dynamics
- Dynamics of liquids and gases
- Ecological biotechnology
- Ecology
- Economy
- Electrodynamics
- Electrostatics
- Energy

Level of danger

- Quite dangerous, only under the supervision of a supervisor
- Safe, but under the supervision of the manager
- Safely

Availability of materials used

- At the level of school equipment
- At the level of scientific equipment
- It can be done at home

Estimated time for work

- More than 1 month
- Up to 1 day
- Up to 1 hour
- Up to 1 month
- Up to 1 week
- up to 2 hours

Change the answers to the questions

Our system offers over 200 STEM projects. To streamline your selection, the left side of the screen provides a suite of filtering tools.

Filtering Features:

1. Search Bar:

Quickly refine filter options by typing a term.

2. Checkboxes:

Organized in categories for ease:

A. Difficulty Level:

Average

High

Light

B. Direction (Field of Study):

Examples include Algebra, Analytical Chemistry, Wave Optics, etc.

C. Level of Danger:

Ranges from "Quite Dangerous" to "Safe".

D. Material Availability:

Options like school-level equipment, scientific equipment, or home-based resources.

E. Estimated Time:

From "Up to 1 hour" to "More than 1 month".

Navigate, select, and start your STEM journey with ease!

Upon expanding the "Additional Information" tab, you will find a comprehensive description of the STEM project execution process. This description is logically segmented into the following sections:

- 1. Summary:** A brief overview of the project.
- 2. Preliminary Information:** Background details and foundational knowledge for the project.
- 3. Equipment:** A list of tools and materials required for the project.
- 4. Experimental Procedure:** Step-by-step instructions on how to carry out the project.
- 5. Analysis of the Received Data:** Guidelines on how to evaluate and interpret the data gathered during the project.
- 6. Directions of Development:** Potential avenues for further exploration or expansion of the project.
- 7. Methodological Guidelines:** A direct link to access the project's webpage for additional details and resources.

Determination of proteins and lipids of a plant cell	
	Difficulty level: 1 Direction: Biological chemistry Level of danger: Safe, but under the supervision of the manager Availability of materials used: At the level of school equipment Estimated time for work: 01
	<p>Additional information</p> <p>Summary: Plant cells also synthesize a certain amount of proteins and lipids. The work is devoted to the qualitative determination of proteins and lipids in various plant organs. The purpose of the work: to study the chemical composition of a plant cell; detect proteins, lipids; familiarize yourself with the methods of determining these substances. Work task: Get acquainted with the theoretical part of the work. Carry out qualitative reactions on proteins and lipids. To determine the presence of proteins and lipids in various plants and in food products.</p> <p>Preliminary information: Plant organisms perform a unique role: they are able to synthesize all the necessary amino acids from nitrates and nitrites, which are part of both plant and animal organisms. This process takes place in the roots, from which the synthesized amino acids and proteins are sent to other parts of the plant. Especially a lot of proteins accumulate in the fruits of leguminous plants. This is due to the fact that most members of the Legume family are able to enter into a symbiosis with nodule bacteria that are capable of fixing nitrogen: they convert atmospheric nitrogen into plant-available forms (ammonia, nitrates, nitrites) that are easily absorbed by the plant and turn into its root system for amino acids. Lipids are also quite often accumulated by plants as reserve nutrients, mainly in fruits and seeds.</p> <p>Equipment: test tubes, slides and coverslips, microscopes, blades, dissecting needles, alcohol bottles, 10% NaOH solution, weak CuSO₄ solution, lead acetate (CH₃COO)₂Pb, fruits, seeds, roots of various plants, pea flour solution.</p> <p>Experimental procedure: To determine proteins, the following reactions are carried out: 1. Biuret reaction. On a glass slide, place the section in a drop of 10% NaOH solution and add a drop of a weak CuSO₄ solution. The precipitate of copper (II) hydroxide formed in the process dissolves in the presence of protein and turns the section purple. Fig. 1. Biuret reaction: a) before heating; b) after heating. 2. Reaction with a solution of iodine in potassium iodide. Put a slice of bean on a glass slide, add a drop of iodine in potassium iodide to it. Cover the section with a coverslip and examine under a microscope. The protein acquires a golden-yellow color from iodine in potassium iodide. Fig. 2. Determination of protein in bean endosperm using iodine in potassium iodide: a) a drop of iodine in potassium iodide; b) yellow aleurone grains; c) aleurone grains (images obtained with a DEM 130 camera and objective A) and B) 4X and B) 10X, MiniSee software). The specified experiment can be carried out in another way: take a drop of protein solution obtained from pea flour (see work 3), and add a solution of iodine in potassium iodide; examine with a USB microscope. Fig. 3. Determination of protein in the pea flour solution using iodine in potassium iodide (visualization using a USB microscope, magnification 200X, MicroCapture software): a) a drop of iodine in potassium iodide, b) golden-yellow aleurone grains, blue-violet grains starch 3. Reaction to sulfur-containing amino acids (cysteine, cysteine) - Foley's reaction. The reaction is that when protein is boiled with alkali, sulfur is easily separated from cysteine and cysteine in the form of hydrogen sulfide, which gives a brown or red precipitate with lead salts: Add 3 ml of Foley's reagent to 3 ml of the protein solution. Boil and let stand for 1-2 minutes. On standing, a brown or red precipitate falls out. Fig. 4. Foley's reaction To prove the presence of fats, place the seeds on filter paper, press with a finger or a spatula and observe the appearance of a fatty spot. Fig. 5. Qualitative detection of lipids: a) seeds on filter paper; b) seeds after squeezing.</p> <p>Analysis of the received data: Draw qualitative reactions for proteins and lipids. Identify the presence of proteins and lipids in various plants and foods. Objects of research: Proteins Lipids</p> <p>Directions of development: Determine the presence of proteins and lipids in different plants, in different plant organs, in different food products.</p> <p>Methodological guidelines</p> <p>Link</p> <p>https://stemua.science/Дослідницькі_роботи/%d0%b2%d0%b8%d0%b7%d0%bd%d0%b0%d1%87%d0%b5%d0%bd%d0%bd%d1%8f-%d0%b1%d1%96%d0%bb%d0%ba%d1%96%d0%b2-%d1%82%d0%b0-%d0%bb%d1%96%d0%b7%d1%96%d0%b4%d1%96%d0%b2-%d1%80%d0%be%d1%81%d0%bb%d0%b8%d0%bd%d0%bd/</p>

**Додаток В. Технологічна карта STEM заняття із
використання складових онтологічної моделі віртуального
STEM-центру**

Запропоноване заняття може бути застосовано шляхом виділення навчального дня для проведення цілісного STEM-заняття.

Тема: Вивчення процесу виробництва йогурту

Таблиця. Складові STEAM-уроку

Практичний аспект	Учні ознайомлюються з суттю процесу та власне готують його. Розміщують молоко та культуру мікроорганізмів у йогуртницю, термостат або просто залишають у нагрітому приміщенні протягом дня. За наявності, установки для виготовлення йогурту оснащують цифровими вимірниками рН та електропровідності
Що відбувається? Мікробіологія	Біологічна складова дослідження. Виконується на уроці біології. Учні готують препарати готових йогуртів, розглядають їх під мікроскопом та знайомляться з їх таксономічним положенням за допомогою використанням єдиного мережецентричного навчального середовища
Як відбувається?	Заняття проходить на уроці хімії. Учні розглядають перетворення, які відбуваються під час молочнокислого бродіння
Що потрібно для виготовлення? Технологія	Заняття може проходити на уроці праці та полягає у побудові принципової технологічної схеми виробництва йогурту
Як Ви собі уявляєте цю технологію? 3д-моделювання	Складова, яку доцільно розглядати на уроці інформатики. Учні будують 3д моделі виробничого комплексу для розвитку уяви та креативності. Для побудови 3д моделей запропоновано використання програмного забезпечення paint 3d (бажано з використанням стилусу та сенсорного екрану [12])
Яка вартість класичного	Основи економічного аналізу технології можуть бути надані на уроках географіко-економічного спрямування. А

методу? Економіка	детальний розгляд технології може бути запропонований для детального доопрацювання в домашніх умовах
Чи можливо використати нові технології?	Домашнє завдання, результати якого будуть включені до презентаційного етапу
Чи вдалось нам зробити йогурт? Хімічна методика вимірювання кислотності за Тренером	Запропоновано продемонструвати вчителем або навчити учнів проводити титриметричний аналіз
Презентаційний етап	Учні компілюють результати, отримані в процесі навчання в єдиний проєкт та презентують його. На даному етапі учень отримує компетентності аналізу інформації, комп'ютерної грамотності, аналізу, синтезу, використання пошукових систем, критичного мислення та презентації.

Таким чином, запропоноване заняття є комплексним та повністю та відповідає STEAM-підходу.

Доцільно детальніше розглянути особливості уроку з біології, так як він є ключовим для даного заняття.

ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА ЗАННЯТТЯ З БІОЛОГІЇ **(Загальна характеристика навчального заняття)**

Тема	Вивчення мікроорганізмів, які викликають утворення йогурту
Головне питання	Які види мікроорганізмів викликають утворення йогуртів? Як їх можна класифікувати?
Мета	Ознайомити учнів з морфологією мікроорганізмів, які викликають утворення йогурту та їх систематичним положенням за допомогою системи ontology ⁴ .

Зміст теми	Способи класифікації мікроорганізмів на прикладі мікроорганізмів йогуртових культур.	
Основні наукові поняття	Систематика мікроорганізмів, мікроорганізми, які входять до складу йогуртових культур, онтологічні системи.	
Заплановані результати	<i>Учень розрізняє</i> мікроорганізми, які викликають утворення йогурту; <i>володіє</i> методикою пошуку систематичного положення мікроорганізмів в онтологічній системі ontology4.	
Обладнання	Зразки йогуртів різних марок, хімічні стакани, зубочистки, кристалізатори, салазки, засіб для змиття лаку для нігтів з ацетоном, розчин фукорцину аптечний, бинт, імерсійна олія, мікроскопи з імерсійною системою, компютери з відкритим доступом в мережу інтернет.	
План та сценарій заняття		Тривалість
1.Знайомство	Мотиваційна промова керівника, інструктаж з техніки безпеки	2-3 хв
2.Повідомлення нових знань	Розповідь керівника про основні етапи промислового виготовлення йогуртів, мікроорганізми, які приймають участь у виробництві йогуртів та способи їх класифікації	5 хв
3.Усвідомлення знань	Індивідуальна та групова робота з матеріалом робочих аркушів (учні разом з учителем визначають мікроорганізми, замальовують їх у робочі зошити), шукають систематичне положення згаданих мікроорганізмів за допомогою системи ontology4.	20 хв
4. Підведення підсумків	Запитання до учнів	5 хв

Способи та форми перевірки освітніх результатів та продуктів отриманих учнями на занятті
<p>Фіксується активність учнів (відповіді на запитання, висловлені ідеї, поставлені запитання).</p> <p>Учні заповнюють робочі аркуші.</p>
Перелік матеріалів, необхідних для заняття
<ol style="list-style-type: none"> 1. Робочий аркуш для учнів 2. Зразки йогуртів різних марок, хімічні стакани, зубочистки, кристалізатори, салазки, засіб для змиття лаку для нігтів з ацетоном, розчин фукорцину аптечний, бинт, імерсійна олія, мікроскопи з імерсійною системою, комп'ютери з відкритим доступом в мережу інтернет.
Інформаційні джерела
<ol style="list-style-type: none"> 1. Пирог Т.П. Загальна мікробіологія. Підруч. – 2-е вид. доп і перероб. – К. НУХТ, 2010. – 632 с.

До пункту 2. Повідомлення нових знань

Технологія виготовлення йогурту включає наступні етапи: нормалізація вмісту в молоці жиру та сухих речовин, пастеризація, внесення закваски, ферментація, додавання фруктов-ягідного наповнювача, охолодження, термічна обробка, упаковка продукту. Велике значення має склад закваски, присутність певних видів мікроорганізмів та їх співвідношення зумовлюють смакові властивості йогурту. До основних мікроорганізмів, які викликають утворення йогурту, відносяться

Streptococcus thermophilus

Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus

Lactobacillus acidophilus

Bifidobacterium lactis

Ці мікроорганізми відрізняються за морфологічною будовою, процесами метаболізму, вони належать до різних систематичних груп.

Систематика мікроорганізми погано висвітлена в шкільній програмі, але є важливим питанням мікробіології. Систематику мікроорганізмів можна продемонструвати на прикладі молочно-кислих бактерій. Наприклад, за

класифікацію, розробленою під керівництвом Бергі Streptococcus thermophilus має таке систематичне положення:

Царство Прокаріоти (Procarvotae)

Домен (Domain) : Bacteria

Відділ (Phylum): Firmicutes

Клас (Class): Bacilli

Порядок (Order): Lactobacillales

Родина (Family): Streptococcaceae

Рід (Genus): Streptococcus

Вид (Species): S. thermophilus

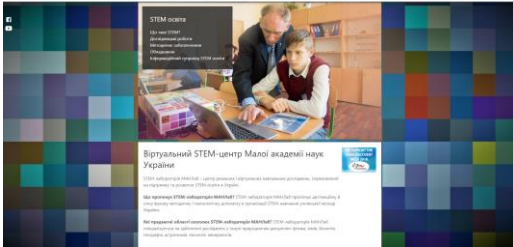
До пункту 3 Інструктивна картка для вчителя




Етапи виготовлення мазку йогуртової культури

1. На знежирене (за допомогою спирту) предметне скло нанесіть йогурт та розподіліть його по поверхні скла.
2. Опустіть скло в розчин, що застосовують для змивання лаку для нігтів на 10 хв.
3. Покладіть скло на салазки, нанесіть барвник фукорцин на 10 хвилин.
4. Змийте барвник водою, висушіть мазок.

Розгляньте під імерсійною системою мікроскопа, знайдіть мікроорганізми та визначіть їх родову приналежність.

Інструкція до роботи з системою ontology4.

№	Етап роботи	Скрін
1.	В пошуковій системі введіть адресу https://stemua.science/	

2.	В колонці «Системи знань» оберіть «Класифікатор мікроорганізмів»	
3.	В графі пошуковий запис введіть назву <i>Streptococcus thermophilus</i> , зліва з'явиться систематичне положення цього мікроорганізму, проаналізуйте його.	
4.	Проаналізуйте морфологію мікроорганізма, фотографію якого подано справа	

До пункту 3 Аркуш для учнів

Тема: Вивчення мікроорганізмів, які викликають утворення йогурту

Завдання:

1. Виготовіть мазок йогуртової культури.
2. Розгляньте мазок за допомогою імерсійної системи мікроскопа та встановіть роду (виду) належність мікроорганізмів.
3. За допомогою системи ontology4 встановіть систематичне положення знайдених видів.
4. Виготовлення мазка йогуртової культури.

Заповніть таблицю

№	Етап виготовлення	Опис процесу
1	На знежирене (за допомогою спирту) предметне скло нанесіть йогурт та розподіліть його по поверхні скла.	
2	Опустіть скло в розчин, що застосовують для змивання лаку для нігтів на 10 хв.	

3	Покладіть скло на салазки, нанесіть барвник фукорцин на 10 хвилин.	
4	Змийте барвник водою, висушіть мазок.	
5	Розгляньте під імерсійною системою мікроскопа, знайдіть мікроорганізми та визначить їх родову належність.	

5. Розгляньте за мазок за допомогою імерсійної системи мікроскопа та встановіть родову (видову) належність мікроорганізмів. Замалюйте отримані мазки та підпишіть мікроорганізми.

6. Відповідно до інструкції вчителя попрацюйте з системою ontology4 та заповніть таблицю

Вид	Рід (Genus)	Родина (Family)	Порядок (Order)	Клас (Class)	Відділ (Phylum)

У висновку вкажіть, які мікроорганізми Ви спостерігали та до яких систематичних груп вони належать.

Таким чином, використання системи ontology4 в навчальному процесі дозволяє подати значну кількість STEM-наративів в структурованому вигляді та може бути невід’ємною частиною STEM/STEAM – уроків.