

В. В. Приходнюк,
О. С. Кузьменко,
В. В. Горборуков

ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ ОНТОЛОГОКЕРОВАНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ АНАЛІТИЧНОЇ ОЦІНКИ МАТЕРІАЛЬНО- ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ЗЗСО: АСПЕКТИ ЕФЕКТИВНОСТІ

Анотація. Цифровізація системи управління освітою вимагає нових інструментів для ефективного моніторингу та аналізу ресурсного забезпечення ЗЗСО. У статті обґрунтовано теоретико-методологічні засади створення інтерактивної онтологокерованої системи, орієнтованої на аналітичну оцінку матеріально-технічного забезпечення шкіл. Метою дослідження є розроблення інтелектуального цифрового інструменту, який дає змогу автоматизувати процес збирання, структурування, інтерпретації та аналізу даних про стан освітньої інфраструктури з подальшим формуванням рекомендацій для управлінських рішень. На основі аналізу сучасних підходів до оцінювання матеріально-технічного стану ЗЗСО виявлено, що більшість з них не забезпечує комплексного бачення, є фрагментарною, не враховує семантичних зв'язків між об'єктами оцінювання. Доведено доцільність застосування онтологічного підходу, який дає змогу формалізувати знання предметної сфери, забезпечити логічну узгодженість і прозорість даних, а також підвищити якість управлінської аналітики. Запропонована система має модульну архітектуру, що включає: 1) модуль введення та верифікації даних; 2) онтологічне ядро для представлення знань про об'єкти ресурсного забезпечення; 3) модуль аналітики для багатовимірного оцінювання (на основі критеріїв повноти, відповідності, функціональності); 4) модуль підтримки управлінських рішень, що генерує висновки та рекомендації з урахуванням встановлених пріоритетів розвитку. Об'єктом дослідження є процес аналітичного оцінювання матеріально-технічного забезпечення ЗЗСО, а предметом — модель, цифрові інструменти й технології реалізації інтерактивної онтологокерованої системи. Результати дослідження мають практичну значущість для органів управління освітою, керівників ЗЗСО та розробників інформаційно-аналітичних систем. Перспективи подальших досліджень полягають у розширенні онтологічної бази системи, її інтеграції з національними цифровими платформами (зокрема, ЄДЕБО та ІСУО), а також апробації в межах пілотних освітніх округів.

Ключові слова: онтологокерована система, аналітична оцінка, заклади загальної середньої освіти, матеріально-технічна база, інноваційність.

Постановка проблеми. Одним із ключових завдань сучасної освітньої політики є підвищення ефективності управління матеріально-

технічними ресурсами закладів загальної середньої освіти (далі — ЗЗСО), що безпосередньо впливає на якість освітнього процесу та реалізацію принципів доступності, інклюзивності й інноваційності. Сучасні підходи до оцінювання

рівня матеріально-технічного забезпечення базуються переважно на фрагментарних, неінтегрованих інформаційних масивах, що заважає здійснювати комплексний, об'єктивний і динамічний аналіз ресурсного потенціалу освітніх установ.

Суттєвим недоліком наявних методів є відсутність формалізованого уявлення про структуру та взаємозв'язки об'єктів освітнього середовища, що унеможлиблює побудову єдиної моделі для оцінювання та прогнозування стану матеріально-технічної бази. Крім того, переважна частина інформаційно-аналітичних систем не забезпечує адаптивність, інтероперабельність і семантичну узгодженість даних, що обмежує можливості прийняття обґрунтованих управлінських рішень на основі об'єктивної аналітики.

У процесі аналізу сучасного стану оцінювання матеріально-технічного забезпечення ЗЗСО виявлено низку ключових суперечностей, що зумовлюють проблему дослідження:

1) між потребою в системному, комплексному оцінюванні ресурсного забезпечення ЗЗСО та фрагментарністю наявних методів збирання й оброблення даних, які не враховують структурні та функціональні взаємозв'язки між елементами освітньої інфраструктури;

2) між необхідністю оперативного та обґрунтованого управлінського прийняття рішень і відсутністю адаптивних інструментів аналітики, здатних забезпечити гнучке прогнозування на основі реальних потреб закладів освіти;

3) між вимогами до цифровізації освітнього менеджменту, що зростають, та недостатньою інтеграцією сучасних інформаційних технологій у процеси моніторингу й оцінювання матеріально-технічного забезпечення, зокрема відсутністю онтологічних моделей, які забезпечують семантичну узгодженість даних;

4) між наявністю великих обсягів статистичної інформації та низьким рівнем її формалізованої інтерпретації, що ускладнює побудову ефективної системи підтримки управлінських рішень;

5) між потенціалом онтологічного підходу до моделювання освітнього середовища та відсутністю практичних рішень, що поєднують онтології, інтерфейсну інтерактивність і аналітичну функціональність у межах єдиної системи.

У такому контексті актуальним постає наукове обґрунтування, проектування та впровадження інтерактивної онтологокерованої системи, що дає змогу формалізувати знання про освітнє середовище, встановлювати семантичні зв'язки між його компонентами та забезпечувати багаторівневу аналітичну оцінку матеріально-технічного забезпечення ЗЗСО. Така система має потенціал стати ефективним інструментом підтримки управлінських рішень у сфері стратегічного планування, модернізації інфраструктури та розподілу освітніх ресурсів відповідно до реальних потреб закладів освіти.

Метою статті є обґрунтування та розроблення інтерактивної онтологокерованої системи, спрямованої на підвищення ефективності аналітичної оцінки матеріально-технічного забезпечення закладів загальної середньої освіти, а також забезпечення підтримки управлінських рішень щодо розвитку освітньої інфраструктури.

Основними завданнями нашого дослідження є:

1) аналіз сучасних підходів до моніторингу та оцінювання матеріально-технічного забезпечення в ЗЗСО, визначення їхніх переваг та обмежень;

2) обґрунтування теоретико-методологічних засад застосування онтологічного підходу в інформаційних системах управління в освіті;

3) розроблення та обґрунтування інтерактивної онтологокерованої системи для аналітичної оцінки матеріально-технічного забезпечення в ЗЗСО;

4) реалізація функціональних модулів системи для підтримки прийняття управлінських рішень у сфері модернізації ресурсного забезпечення.

Об'єктом дослідження є процес аналітичного оцінювання матеріально-технічного забезпечення ЗЗСО в умовах цифрової трансформації управління освітою.

Предметом дослідження є модель, інструменти та технології реалізації інтерактивної онтологокерованої системи для комплексної аналітичної оцінки матеріально-технічного забезпечення ЗЗСО.

Аналіз наукових досліджень. Сучасні дослідження у сфері освітньої інформатики зосереджуються на використанні онтологій як інструменту структурування та інтерпретації освітніх даних, зокрема в контексті цифрового

моніторингу матеріально-технічного забезпечення ЗЗСО. У статті Н. Селвіна, Т. Хілмана, А. Бервікена-Ренсфелда, К. Перротти проаналізовано вплив цифрової автоматизації на освітні процеси, зокрема прийняття рішень, оцінювання та управління навчанням із фокусом на ризики втрати автономії вчителя та посилення освітньої нерівності [1]. Автори наголошують на необхідності критичного підходу до впровадження EdTech, підкреслюють важливість етичності, прозорості та людського контролю в автоматизованих освітніх системах з урахуванням онтологій. Відповідно, онтологічний підхід дає змогу створювати формалізовані моделі освітнього середовища, які забезпечують точність, повноту та взаємозв'язок інформації про інфраструктурні ресурси закладів освіти. Так, у дослідженні М. Полторацького та О. Коннової акцент зроблено на формалізації освітніх онтологій з використанням засобів SHACL та SPARQL для перевірки відповідності структурованих даних встановленим нормам, що забезпечує високий рівень автоматизації аналізу технічного стану освітніх об'єктів [2].

У науковому дослідженні С. Чімалаконди та К. В. Норі розроблено фреймворк IDont, призначений для інтеграції педагогічних концептів в онтологічні структури, що сприяє інтероперабельності різнорідних освітніх систем [3]. Такий підхід адаптується до систем аналітичного контролю якості матеріально-технічної бази ЗЗСО, особливо коли йдеться про децентралізовані заклади з різним рівнем матеріально-технічного забезпечення.

З огляду на зростання складності освітніх інформаційних систем дослідники С. Гілані, К. Квінн, Дж. Макартур пропонують використання онтологій у галузі управління інфраструктурою SMART-будівель, що прямо корелює з потребами ЗЗСО у контексті автоматизованого управління ресурсами [4]. Така методика актуальна для оптимізації ресурсів у школах, де потрібен гнучкий і масштабований підхід до збору й обробки даних про матеріально-технічну базу.

Науковці В. Демерці та К. Демерцис демонструють переваги гібридних рекомендаційних систем, що базуються на онтологіях, для персоналізованого навчання, підкреслюючи потенціал подібних систем у контексті управління освітніми ресурсами [5]. У цьому аспекті актуальними є розробки провідного вченого

О. Стрижака, зокрема, щодо когнітивного моделювання в освітньому процесі, яке базується на багаторівневому аналізі знань і компетентностей [6; 7]. Його підходи до побудови інтелектуальних систем із використанням онтологічних моделей відкривають перспективи адаптації таких технологій до потреб аналітичної оцінки інфраструктурного стану ЗЗСО.

Дослідження Redalyc розглядає застосування онтології OntoSINAES для оцінки освітніх програм у Бразилії. Це доводить універсальність онтологічного підходу в оцінюванні якості освіти, включаючи матеріальну складову, незалежно від регіонального контексту [8].

Для розроблення подібних систем важливими є інструменти, що підтримують моделювання онтологій, зокрема Protégé та OWL 2. Вони дають змогу створювати формальні представлення доменів знань, які є основою для подальшої побудови семантичних інформаційних систем в освіті [9].

Зокрема, у дослідженні EduCOR запропоновано структуру для побудови кар'єрно-орієнтованих рекомендацій на основі освітніх онтологій, що також можна інтерпретувати в межах контекстного оцінювання навчального середовища та матеріально-технічного оснащення [10].

У межах SMART-міст і цифрової трансформації освітніх закладів дослідження Mdrі засвідчує ефективність семантичних технологій для сталого управління освітньою інфраструктурою. Впровадження таких систем дає змогу проводити не лише інвентаризацію, а й проактивне планування оновлення матеріально-технічної бази [11].

У дослідженні Г. Гуїзарді та ін. наведено оновлений опис Єдиної фундаментальної онтології (UFO) та її застосування для моделювання інформаційних систем [12]. Автори аналізують, як використання UFO підвищує концептуальну чіткість, узгодженість і формалізованість при проектуванні складних інформаційних структур.

Наукове дослідження «Множинні характеристики онтологічних систем» [7] присвячене семантичному аналізу освітнього контенту, формалізації педагогічних знань і впровадженню цифрових сервісів на основі онтологічної логіки. Такий підхід дає змогу застосовувати адаптивні системи аналізу технічного забезпечення ЗЗСО, які зчитують не лише фізичні параметри, а й семантичні залежності між ними.

Отже, онтологокеровані інтерактивні системи мають значний потенціал для автоматизації оцінювання ресурсного забезпечення ЗЗСО. Їх впровадження сприяє підвищенню прозорості управлінських рішень, полегшує процеси моніторингу, дає змогу здійснювати прогнозування потреб і планування розвитку інфраструктури. Особливе значення має інтеграція таких систем в інтерфейси освітніх платформ, що працюють із Big Data, аналітичними панелями та GIS-технологіями. Синергія результатів вітчизняних і міжнародних дослідників демонструє загальносвітову тенденцію до диджиталізації оцінювальних процедур і розвитку SMART-освіти на основі онтологічної семантики.

Виклад основного матеріалу. Онтологокерований підхід відкриває нові можливості для автоматизованої обробки інвентаризаційних документів різного типу, які зазвичай характеризуються складною внутрішньою структурою, великою кількістю об'єктів обліку, варіативністю форматів і неоднорідністю даних. У центрі таких систем, розгорнутих на базі зазначеного підходу, лежить формалізоване онтологічне представлення предметної сфери. Це забезпечує не лише зчитування даних, а й глибоку семантичну інтерпретацію, що включає визначення нормативної відповідності, побудову ієрархічних структур, виявлення відхилень і формування цілісної моделі предметної сфери.

Одним із прикладних напрямів реалізації цього підходу є побудова автоматизованого середовища аналізу матеріально-технічного забезпечення ЗЗСО, що ґрунтується на порівнянні фактичних інвентаризаційних даних із нормативними моделями. Вхідні інвентаризаційні документи можуть мати довільну структуру: відсутність чітко фіксованих шаблонів, різні назви вкладок і способи опису майна. Такі документи можуть містити інформацію про значну кількість позицій обладнання у різних приміщеннях закладів освіти. У межах цього підходу онтологія виконує роль єдиного семантичного каркасу, на основі якого забезпечуються такі функціональні можливості:

- автоматичне розпізнавання об'єктів обліку — виявлення та ідентифікація назв майна, одиниць обладнання, типів приміщень і контекстних описів у вхідних документах з метою їх подальшого семантичного зіставлення з елементами онтології;

- класифікація майна та приміщень — віднесення розпізнаних об'єктів до визначених нормативною онтологією категорій забезпечення, функціональних зон або типових груп використання згідно з формалізованою структурою;
- оцінювання рівня забезпеченості — порівняння фактичних характеристик, кількості та наявності обладнання з нормативними моделями для визначення ступеня укомплектованості навчальних приміщень;
- побудова структурно-просторових схем — формування ієрархічних представлень об'єктів обліку з урахуванням їхньої внутрішньої організації, функціонального зонування та просторового розміщення в межах навчального закладу;
- аналітична обробка даних — багатоаспектне опрацювання показників з використанням фільтрації, групування, агрегації та порівняння, з можливістю представлення результатів на різних просторових і організаційних рівнях.

Тому розгортання інформаційно-аналітичних платформ на базі цього підходу спроможне забезпечити перехід від локалізованого табличного обліку до цілісного аналітичного середовища, що підтримує гнучку візуалізацію, сценарну інтерпретацію, типізацію та повторне використання структур. Це формує методологічну основу для розгортання масштабованої системи моніторингу, оцінювання та оптимізації матеріально-технічного забезпечення у сфері освіти.

Як приклад розглянемо підхід до структуризації даних, що стосуються матеріально-технічного забезпечення ЗЗСО, з використанням онтологічних описів (онтологічних дескрипторів структуризації). Об'єкти відповідної онтології (рис. 1) репрезентують конфігураційні сутності, що задають логіку опрацювання та інтерпретації даних у межах заданого масиву. В наведеній онтології є такі об'єкти:

- моніторинг ресурсного забезпечення — головний вузол онтологічного дескриптора, що управляє всією загальною логікою обробки звітів інвентаризації шкільного майна;
- файл інвентарю — визначає джерело даних (файл XLSX), описує правила зчитування вкладок і підготовки структури документа;
- таблиця інвентарю — описує обробку вкладок з інвентаризаційною таблицею, включаючи структуру, заголовки, категорії та розпізнавання рядків;

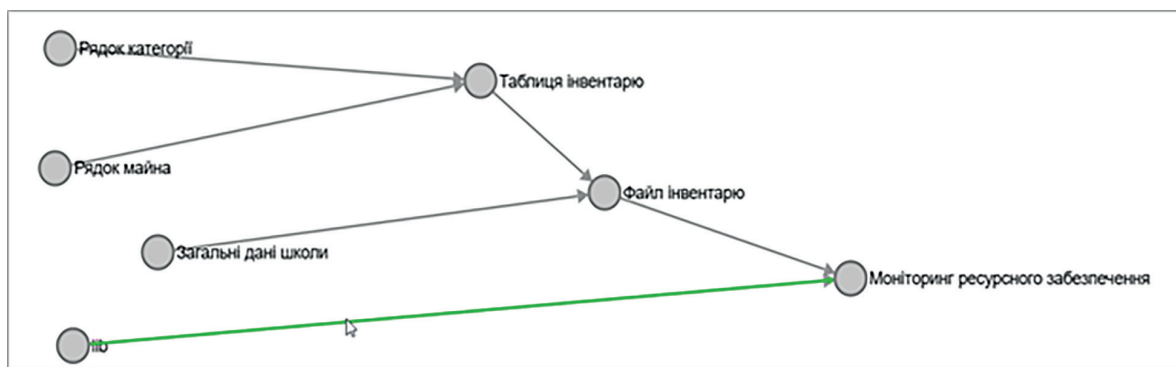


Рис. 1. Структура онтологічного дескриптора

- `lib` — бібліотека допоміжних функцій, яка застосовується для нормалізації назв, категорій і кількісних полів у таблицях, щоб забезпечити семантичну відповідність даних;
- рядок категорії — обробляє заголовки груп майна в таблиці (наприклад, «Меблі», «Техніка»), створює контейнерні вузли для подальших етапів обробки;
- рядок майна — визначає обробку рядків таблиці, що містять дані про окремі одиниці майна (назву, тип, кількість, стан тощо);
- загальні дані школи — витягує метадані про заклад освіти (назву, тип, код, місцезнаходження) для зв'язку з іншими даними.

Об'єкт «Моніторинг ресурсного забезпечення» (рис. 2) — головний конфігураційний вузол для обробки даних інвентаризації шкіл, який формує дерево сутностей і координує всі етапи аналізу:

- `libraries` — ініціалізація основних бібліотек, які забезпечують зчитування даних, їхню семантичну обробку, формування результату й пошук відповідностей:
 - o `SchoolInventory()` — спеціалізована бібліотека, яка відповідає за обробку таблиць інвентарю, забезпечує визначення категорій, майна та логіку трансформації рядків у відповідні сутності;
 - o `XLSX()` — базовий модуль для зчитування даних із файлів у форматі Microsoft Excel, що є основним типом вхідних документів;
 - o `Ollama()` — інтерфейс до зовнішньої великої мовної моделі, який дає змогу використовувати LLM у процесі семантичного аналізу назв об'єктів майна, навіть якщо вони відрізняються орфографічно або структурно;
 - o `LLMEmbeddings(embedOllama (bge-m3))` — компонент, який створює векторні пред-

ставлення назв на основі моделі `bge-m3`, що дає змогу зіставляти терміни за змістовною близькістю, а не тільки за точним збігом;

- o `StagedOntologySearch` — механізм поетапного пошуку відповідності у структурі онтології, який дає змогу порівнювати назви на кількох рівнях деталізації, починаючи з категорій і закінчуючи конкретними одиницями майна;
- o `ComplexJSONOutput` — бібліотека для створення підсумкової багаторівневої JSON-структури, яка служить результатом обробки та відображає дані в системі у зручному ієрархічному вигляді;
- `initialize` — блок ініціалізації ключових структур і конфігурацій перед основною обробкою:
 - o `initInventoryWrapper(#lib::: property-tree, Вимоги до мат. забезпечення)` — створення дерева нормативних вимог до матеріально-технічного забезпечення. Це дерево є основою для подальшого порівняння між наявним майном і очікуваним набором обладнання в межах кожного навчального кабінету;
 - o `readInventoryRequirements(#lib::: property-tree-reader, Вимоги до кабінетів)` — зчитування додаткових специфікацій щодо оснащення конкретних навчальних кабінетів (наприклад, кабінету фізики чи інформатики), що дає змогу враховувати тип приміщення при аналізі повноти забезпечення;
 - o `initSimilarityReporter(#current::: similarity-reporter)` — ініціалізація модуля для семантичного порівняння назв, що дає змогу встановити відповідність між фактичними назвами у звіті та стандартними термінами в нормативній онтології;

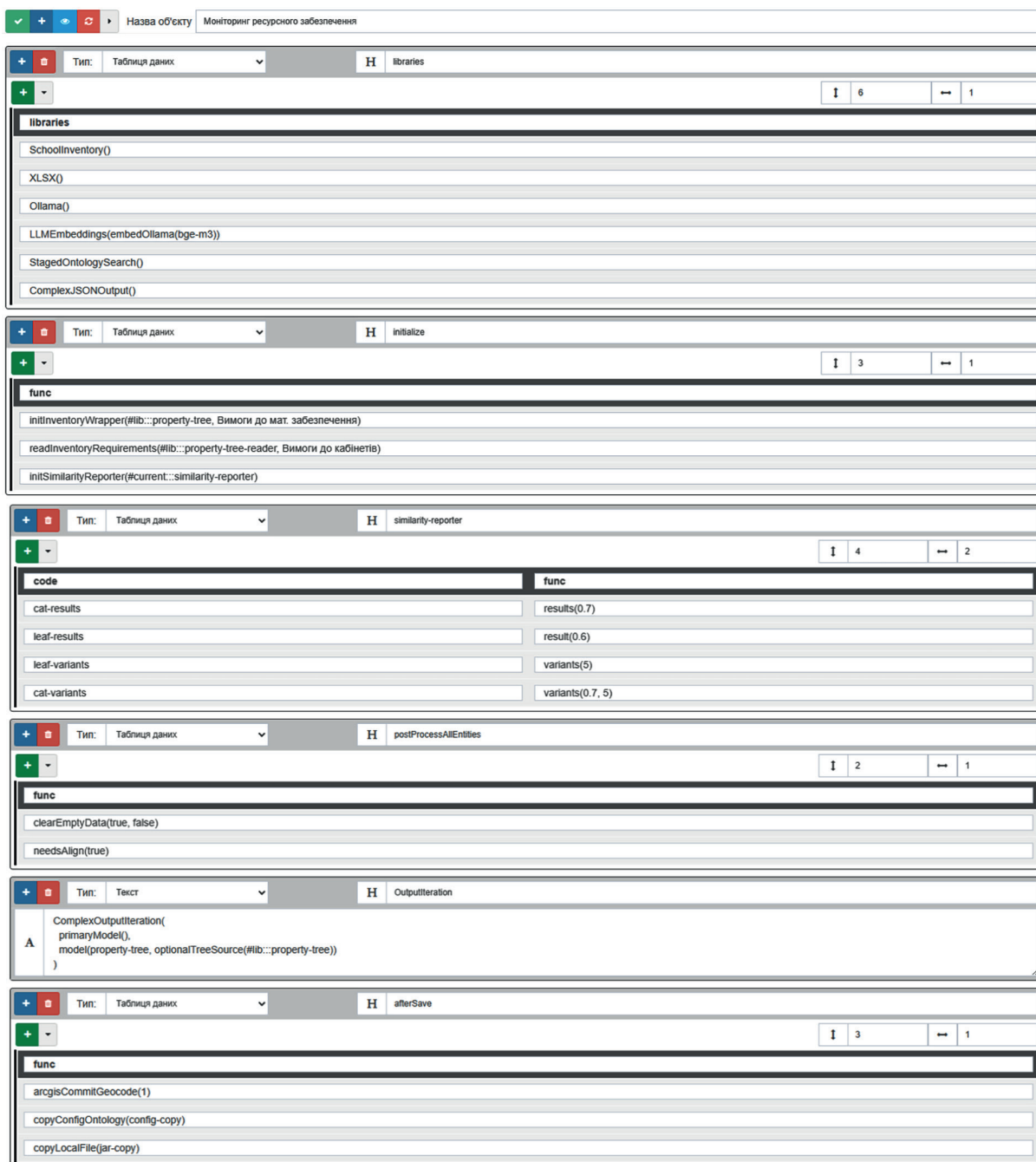


Рис. 2. Атрибути об'єкта «Моніторинг ресурсного забезпечення»

- similarity-reporter — набір параметрів, що регулює глибину та якість семантичного порівняння назв об'єктів інвентарю з нормативами:
 - о cat-results — results (0.7) — вважаються релевантними лише ті категорії, які мають схожість із нормативом щонайменше на 70 %;
 - о leaf-results — result (0.6) — для конкретних одиниць майна встановлюється нижчий поріг у 60 %, що дає змогу враховувати більшу варіативність у найменуваннях;
 - о leaf-variants — variants (5) — для кожної одиниці майна система може запропонувати до 5 варіантів можливих відповідників у нормативній онтології;
 - о cat-variants — variants (0.7, 5) — обмеження на кількість категорій, які можуть вважатися релевантними: максимум 5 варіантів із порогом схожості 70 %;
- postProcessAllEntities — блок завершальної обробки всіх об'єктів після основного аналізу;

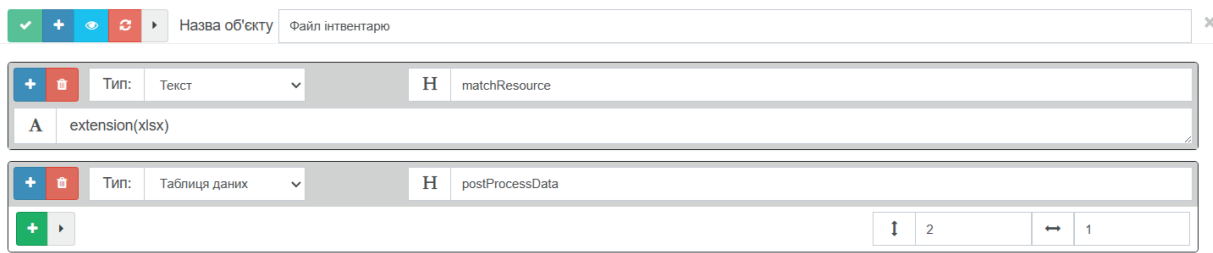


Рис. 3. Атрибути об'єкта «Файл інвентарю»

- o clearEmptyData(true, false) — видаляє з онтології ті вузли, які не містять жодної інформації або були порожні після зчитування;
- o needsAlign(true) — застосовується автоматичне вирівнювання структури результату відповідно до логіки нормативного дерева, навіть якщо деякі об'єкти були пропущені;
- OutputIteration — механізм формування остаточного результату за допомогою моделей:
 - o primaryModel() — використовується базова модель виводу, яка визначає структуру представлення всіх результатів обробки;
 - o model (property-tree, optionalTreeSource(#lib:::property-tree)) — додає до результату також дерево нормативів. Це дає змогу бачити не лише те, що є в наявності, але й враховувати вимоги;
- afterSave — набір дій, що виконуються одразу після збереження результатів:

- o arcgisCommitGeocode(1) — опційна передача просторових координат до системи ArcGIS для геовізуалізації даних;
- o copyConfigOntology(config-copy) — створення копії конфігураційної онтології для подальшого використання чи архівації;
- o copyLocalFile(jar-copy) — збереження допоміжних локальних файлів (наприклад, для повторного використання результату або локального експорту).

Об'єкт «Файл інвентарю» (рис. 3) відповідає за первинну обробку документа інвентаризації. Він перевіряє формат файлу, зчитує загальні метадані про ЗЗСО й очищує контекст після завершення, забезпечуючи чисту і незалежну обробку кожного файлу. Він містить такі складові:

- matchResource: extension(xlsx) — перевіряє, чи файл має формат.xlsx, і лише тоді допускає його до обробки. Це базова фільтрація на рівні типу вхідного ресурсу;

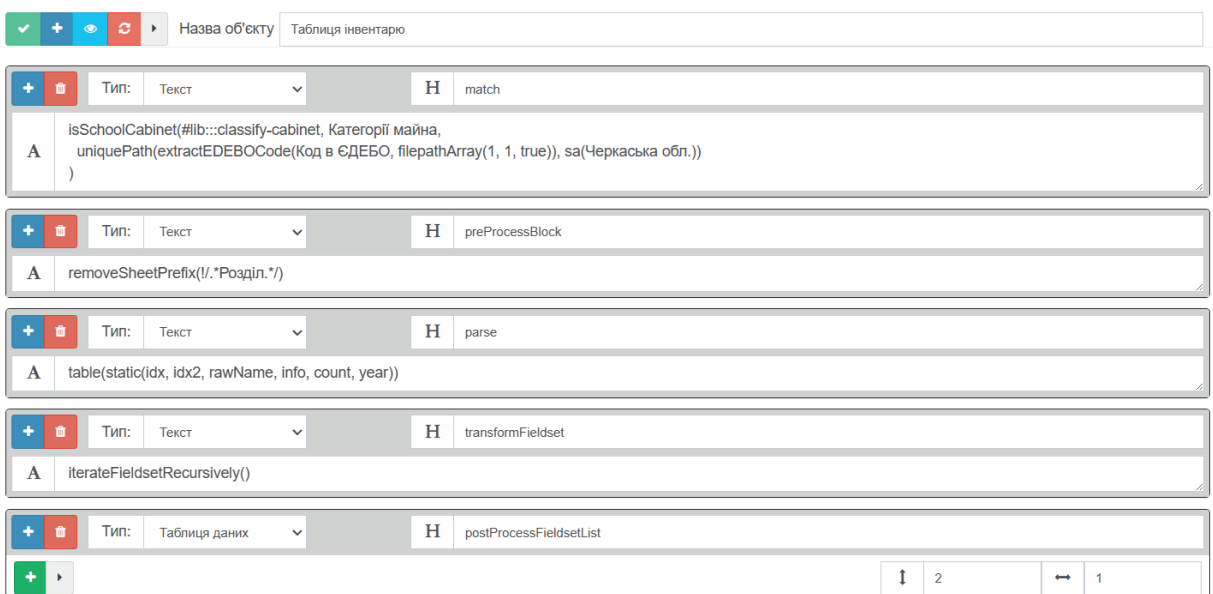


Рис. 4. Атрибути об'єкта «Таблиця інвентарю»

- `postProcessData` — блок завершальної обробки після зчитування документа:
 - о `postApplySingleConfig`(Загальні дані школи) — застосовує конфігурацію до заголовної частини документа, де зчитуються ключові метадані про школу (назва, код, тип, місце розташування тощо);
 - о `contextClear()` — очищує контекст поточної обробки, щоб під час аналізу наступного файлу не виникло накладення даних.
 Об'єкт «Таблиця інвентарю» (рис. 4) відповідає за ідентифікацію, структурування і детальну семантичну обробку табличних даних інвентаризації обладнання навчальних кабінетів закладів освіти. Він здійснює попередню валідацію даних, зчитує ключові поля інвентарних таблиць, рекурсивно обробляє та стандартизує рядки даних, доповнює таблиці відсутніми елементами інвентарю відповідно до нормативних вимог, а також зберігає контекстну інформацію для наступних етапів аналізу.

Цей файл містить:

 - `match: isSchoolCabinet(...)` — спеціалізована процедура, яка визначає, чи належить конкретна таблиця документа до інвентаризації шкільних кабінетів. Процедура ґрунтується на:
 - о семантичній класифікації типів кабінетів, що здійснюється за допомогою функції `#lib::classify-cabinet`;
 - о географічній ідентифікації обласної приналежності;
 - о визначенні школи на основі її коду ЄДЕБО (`extractEDEBOCode`);
 - `preProcessBlock: removeSheetPrefix(!/.Розділ./)` — виконує попереднє очищення назв вкладок документів, видаляючи всі префікси, які не відповідають регулярному виразу, що починається зі слова «Розділ». Це дає змогу стандартизувати назви вкладок і зменшити кількість помилок, пов'язаних із некоректною структурою документів;
 - `parse: table(static (idx, idx2, rawName, info, count, year))` — процедура, що виконує первинне зчитування таблиці з чітко визначеною статичною структурою:
 - о `idx, idx2` — індекси позицій елементів таблиці;
 - о `rawName` — початкова (нормалізована пізніше) назва одиниці майна;
 - о `info` — додаткова інформація або примітки щодо одиниці майна;
 - о `count` — кількісні показники наявності інвентарю;
 - о `year` — рік закупівлі або отримання обладнання;
 - `transformFieldset: iterateFieldsetRecursively()` — механізм рекурсивної обробки кожного рядка таблиці. Виконує поетапну семантичну стандартизацію назв майна, кількісних полів і додаткових описів згідно з онтологічною моделлю, забезпечуючи спільність формату даних для наступного аналітичного процесу;
 - `postProcessFieldsetList` — фінальна постобробка структури таблиці після основної трансформації:
 - о `addMissingInventory(table (Обладнання, #Рядок майна:::table-fields))` — додає до результатної таблиці обладнання ті нормативні позиції, які були відсутні у вихідних даних, але мають бути наявні згідно з онтологічними нормативами. Це гарантує, що фінальний аналіз точно відобразить відповідність фактичного стану нормативним вимогам;
 - о `contextRetain (Код в ЄДЕБО, last-school)` — зберігає ключові контекстні параметри, зокрема «Код закладу в ЄДЕБО» та дані останнього обробленого закладу освіти. Це дає змогу здійснювати безперервну й коректну ідентифікацію та зіставлення інвентаризаційних даних у подальших вузлах обробки.
 Об'єкт «Рядок категорії» (рис. 5) відповідає за ідентифікацію та семантичну обробку рядків таблиць інвентаризації, які позначають категорії (групи) обладнання. Він визначає належність рядків до категоріальних заголовків, виконує семантичне зіставлення з нормативними категоріями, формує відповідні онтологічні вузли-контейнери та встановлює логічні зв'язки з підлеглими одиницями майна, а саме:
 - `matchFieldset` — задає умови визначення, що рядок таблиці є категорією обладнання:
 - о `style(rawName, bold)` — рядок має стилістичну ознаку (текст у полі `rawName` виділено жирним шрифтом), що типово для категоріальних заголовків;
 - о `hasNoField(count)` — рядок категорії не повинен містити значень у полі кількості (`count`), оскільки категорія є узагальненням, а не одиницею інвентарю;
 - о `notSameIndex(idx)` — перевіряє, чи індекс поточного рядка відрізняється від індексів попередніх записів, забезпечуючи правильне розмежування категорій;

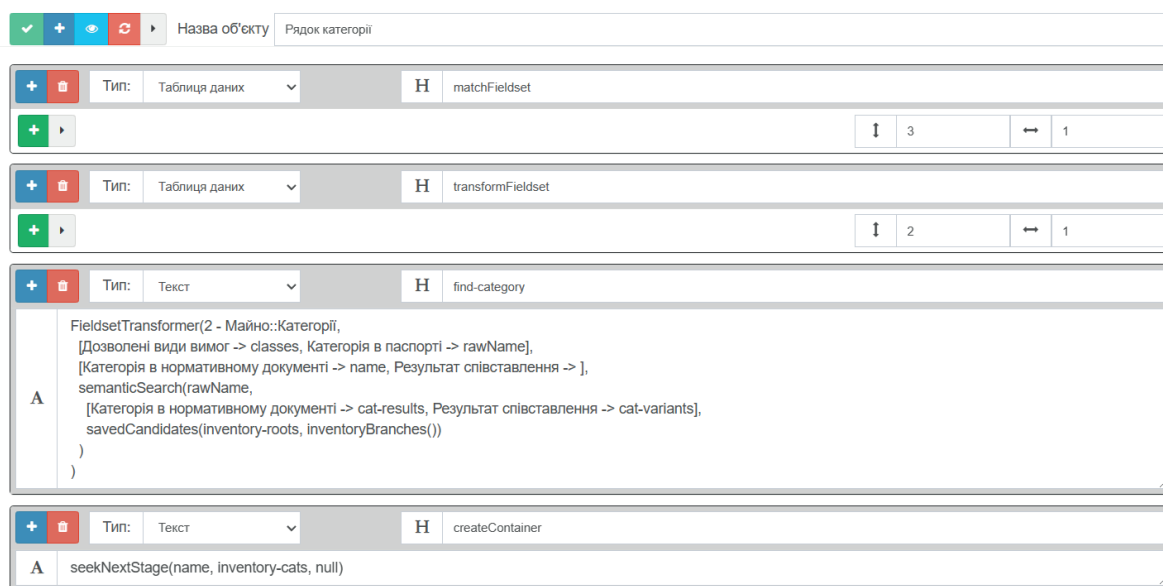


Рис. 5. Атрибути об'єкта «Рядок категорій»

- transformFieldset — механізм семантичної трансформації рядків категорій перед включенням до онтології:
 - o prevStageMarker(classes, inventory-roots) — додає інформацію про дозволені класи майна (classes) та ідентифікує кореневі вузли нормативного інвентарю (inventory-roots), що є попередньою стадією для семантичного зіставлення;
 - o alterFieldset(#current:::find-category) — застосовує спеціалізовану функцію для семантичного пошуку та перетворення назви категорії відповідно до нормативних вимог;
- find-category: FieldsetTransformer(...) — процедура семантичного зіставлення назви категорії з нормативною онтологією:
 - o використовує словник («2 — Майно::Категорії») для нормалізації та узгодження назв категорій;
 - o [Дозволені види вимог → classes, Категорія в паспорті → rawName] — вхідні поля, що визначають початкову категорію за її назвою в документі та класом дозволених вимог;
 - o [Категорія в нормативному документі → name, Результат співставлення →] — цільові поля, які отримують стандартизовану назву категорії після семантичного аналізу;
 - o semanticSearch(...) — виконує семантичний пошук за початковою назвою (rawName),

знаходячи найбільш відповідні нормативні категорії;

- o [Категорія в нормативному документі → cat-results, Результат співставлення → cat-variants] — зберігає результати семантичного пошуку (категорії з відповідними рівнями схожості);
- o savedCandidates(inventory-roots, inventoryBranches()) — проводить семантичний пошук серед збережених кандидатів (категорій), що вже ідентифіковані у процесі аналізу нормативної структури;
- createContainer — seekNextStage(name, inventory-cats, null) — після семантичного зіставлення створює онтологічний вузол-контейнер категорії, визначає його зв'язок з відповідними підлеглими вузлами (наприклад, одиницями майна) і переходить до наступної стадії обробки у дереві інвентаризаційних даних. Цей механізм дає змогу зберегти ієрархічну структуру категорій, забезпечуючи точність і зрозумілість результатів.

Об'єкт «Рядок майна» (рис. 6) відповідає за повну обробку, семантичне зіставлення та стандартизацію даних про окремі одиниці обладнання у таблицях інвентаризації. Він обробляє кожен рядок, перевіряє правильність заповнення полів, виконує семантичне порівняння назв одиниць майна з нормативними вимогами і створює онтологічні сутності, що детально описують фактичний стан забезпечення шкіл обладнанням.

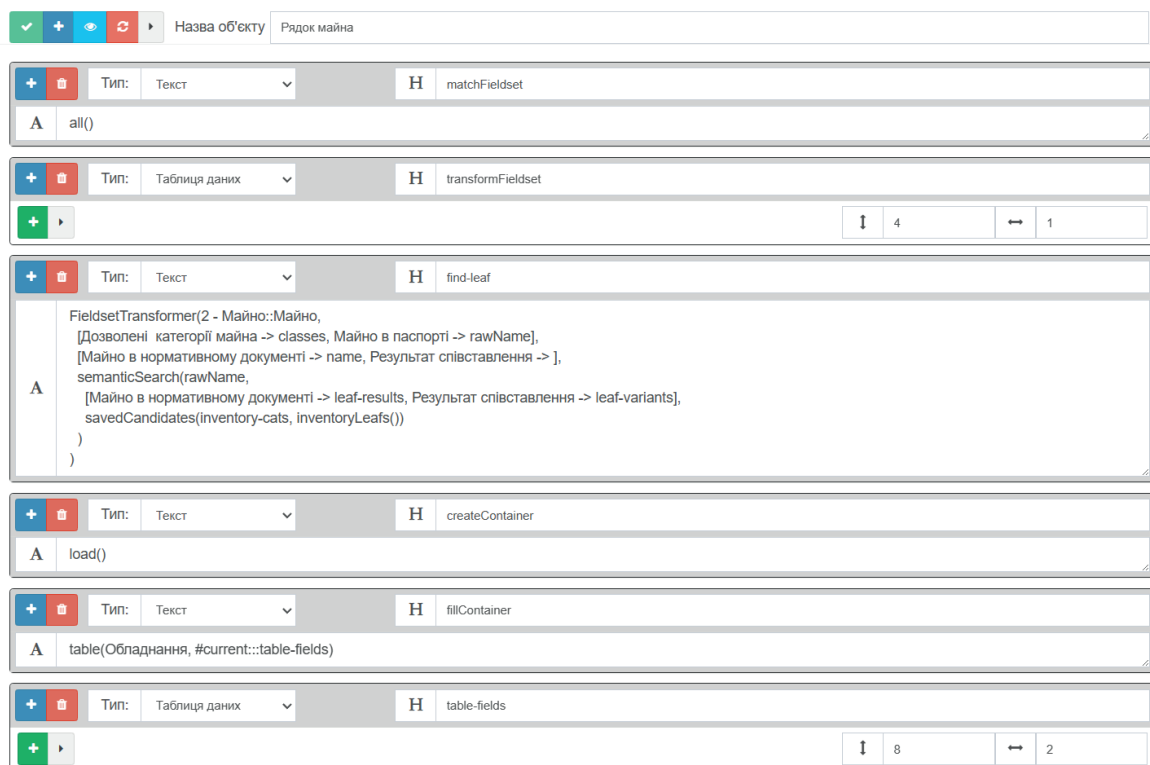


Рис. 6. Атрибути об'єкта «Рядок майна»

Робота об'єкта «Рядок майна» налаштовується таким чином:

- `matchFieldset: all()` — визначає, що процедура обробки застосовується до кожного рядка таблиці, який не був розпізнаний як категоріальний заголовок. Це гарантує повноту охоплення всіх одиниць інвентарного майна;
- `transformFieldset` — визначає семантичну та структурну трансформацію кожного рядка майна:
 - о `validate([count → integer-positive-required])` — перевіряє, щоб поле `count` (кількість) обов'язково було заповнене цілим позитивним числом. Це запобігає помилкам, пов'язаним із некоректними даними про наявність обладнання;
 - о `prevStageMarker(classes, inventory-cats)` — позначає рядок інформацією про дозволені класи майна (`classes`) та попередньо ідентифіковані категорії (`inventory-cats`). Це забезпечує контекст для семантичного порівняння та правильного розміщення одиниці майна в нормативній структурі;
 - о `alterFieldset(#current::: find-leaf)` — застосовує процедуру семантичного зіставлення назви майна з нормативними одиницями майна (листяними вузлами онтології);
- `savedInventoryLeaf(seekNextStage (name, null, inventory (rawName)))` — після семантичного зіставлення зберігає одиницю майна як окремий вузол, зв'язуючи її з відповідним нормативним об'єктом;
- `find-leaf` — `FieldsetTransformer(...)` — процедура семантичного зіставлення назв одиниць майна з нормативними елементами в онтології (здійснюється через словник «2 — Майно:: Майно», який містить еталонні назви):
 - о `[Дозволені категорії майна → classes, Майно в паспорті → rawName]` — вхідні поля, що визначають початкову назву майна та класифікацію;
 - о `[Майно в нормативному документі → name, Результат співставлення →]` — результуючі поля, що отримують стандартизовану назву після аналізу;
 - о `semanticSearch(...)` — виконує семантичний пошук за назвою одиниці майна (`rawName`), зіставляючи з нормативними термінами;

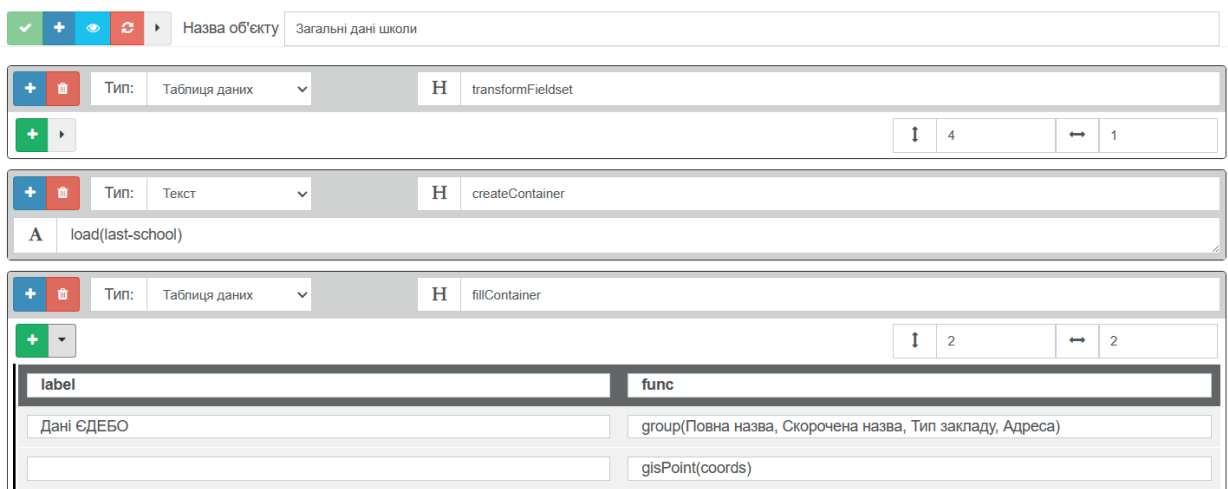


Рис. 7. Атрибути об'єкта «Загальні дані школи»

- о [Майно в нормативному документі → leaf-results, Результат співставлення → leaf-variants] — зберігає найбільш релевантні нормативні назви майна із відповідними коефіцієнтами схожості;
 - о savedCandidates(inventory-cats, inventory-Leafs ()) — здійснює пошук серед попередньо збережених нормативних кандидатів, що забезпечує швидкість і точність зіставлення;
 - createContainer: load() — створює онтологічний вузол-контейнер для одиниці майна після завершення семантичного зіставлення та підготовки всіх полів. Вузол включає стандартизовані ідентифікатори, назви й додаткові характеристики обладнання;
 - fillContainer: table(Обладнання, #current:::table-fields) — наповнює створений контейнер таблицею даних про обладнання, забезпечуючи повну інформацію для подальшої обробки та аналізу;
 - table-fields — набір полів, що формують фінальну структуру таблиці з даними про майно:
 - о ID майна: inventoryLeafField(id) — унікальний ідентифікатор одиниці майна згідно з нормативною онтологією;
 - о назва: inventoryLeafField(name) — стандартизована назва майна, яка визначена нормативною онтологією після семантичного зіставлення;
 - о назва в паспорті: rawName — початкова назва одиниці майна, як вона вказана у вхідному документі (паспорті);
 - о кількість: count — фактична кількість одиниць обладнання, що перебуває на балансі навчального закладу;
 - о вимоги до кількості: inventoryLeafField(null) — нормативні вимоги щодо кількості обладнання, визначені нормативною документацією (якщо є);
 - о характеристика: info — додаткова інформація або технічні характеристики одиниці майна;
 - о вимоги до майна: inventoryLeafField(null) — нормативні вимоги або стандарти, яким повинне відповідати обладнання (якщо є);
 - о рік: year — рік закупівлі або надходження обладнання до закладу освіти, що дає змогу оцінювати актуальність і термін експлуатації обладнання.
- Об'єкт «Загальні дані школи» (рис. 7) відповідає за отримання, структурування та семантичну обробку загальної інформації про навчальний заклад, що міститься у заголовній частині інвентаризаційного документа.
- Цей атрибут файлу здійснює вилучення ключових ідентифікаційних параметрів, формує стандартизовану адресу закладу, виконує геокодування для отримання географічних координат, а також створює спеціалізований онтологічний контейнер із загальними метаданими про школу:
- transformFieldset — визначає семантичну та структурну трансформацію загальних даних школи:
 - о funcField(Код в ЄДЕБО, contextLoad(Код в ЄДЕБО)) — завантажує та зберігає в контекст

поточний код навчального закладу згідно з базою ЄДЕБО, що є ключовим ідентифікатором для зв'язку всіх подальших інвентарних записів із цим закладом;

- о alterFieldset (#lib:::load-edebo) — застосовує спеціалізовану процедуру завантаження й стандартизації додаткових метаданих закладу на основі бази ЄДЕБО (повна назва, скорочена назва, тип закладу тощо);
- о funcField (Адреса, joined (" ", " ", Населений пункт, Юридична адреса)) — формує стандартизовану повну адресу закладу освіти шляхом з'єднання окремих полів (населеного пункту та юридичної адреси). Це забезпечує однорідний і зручний для використання формат адресних даних;
- alterFieldset(#lib:::geocode) — застосовує процедуру геокодування, яка перетворює стандартизовану адресу на географічні координати (широту та довготу), що допоможе візуалізувати освітні заклади на карті та проводити просторовий аналіз щодо ресурсного забезпечення;
- createContainer: load(last-school) — створює окремий онтологічний контейнер для даних школи, що дає змогу пов'язати всі інвентарні дані, які будуть оброблятися далі, із цим конкретним закладом освіти;
- fillContainer — наповнення створеного контейнера:
 - о дані ЄДЕБО: group(Повна назва, Скорочена назва, Тип закладу, Адреса) — наповнює ключовими метаданими школи, отриманими з ЄДЕБО, єдину стандартизовану групу для зручності подальшого використання;
 - о gisPoint(coords) — долучає географічні координати школи до поточного контейнера (GIS-point).

З урахуванням зазначеного обґрунтуємо теоретико-методичні засади створення інтерактивної онтологокерованої системи аналітичного оцінювання матеріально-технічного забезпечення ЗЗСО.

1. *Комплексно-системний підхід до освітньої інфраструктури ЗЗСО.* Побудова системи базується на принципі цілісного охоплення всіх рівнів ресурсного забезпечення ЗЗСО (від матеріальних об'єктів до цифрових інструментів). Такий підхід передбачає розгляд матеріально-технічної бази як складної взаємопов'язаної

системи, в якій кожен елемент (обладнання, приміщення, мережеві технології, інструменти підтримки інклюзії) оцінюється з урахуванням функціональної взаємодії.

2. *Онтологічне моделювання знань про освітнє середовище.* Застосування онтологічного підходу дає змогу структуровано формалізувати знання про об'єкти оцінювання, їхні характеристики, взаємозв'язки, критерії якості та нормативні вимоги. Онтологія виступає не лише як база даних, а й як інтелектуальна система, що підтримує логічні висновки, семантичну узгодженість та адаптацію до змін у нормативній і ресурсній базі освіти.

3. *Методологія багатомірної аналітики та оцінювання.* Система побудована на принципах багатокритеріального оцінювання, що дає змогу враховувати різноманітні параметри (технічний стан обладнання, рівень відповідності державним стандартам, доступність для учнів з особливими освітніми потребами, сучасність технологій, ступінь зношеності). Оцінювання здійснюється за допомогою формальних моделей, експертних шкал, нечіткої логіки та методів агрегування даних.

4. *Технологічна основа й архітектура реалізації.* Для реалізації системи використовуються сучасний інструментарій: мови опису онтологій (OWL, RDF), засоби семантичного веб-програмування, інструменти інтелектуального аналізу (data mining, machine learning для виявлення закономірностей у даних), а також хмарні сервіси для збереження та обробки інформації. Система є масштабованою, гнучкою до модифікацій і здатною до автономного навчання.

5. *Формування доказової бази для управлінських рішень.* Однією з ключових функцій системи є підтримка процесу прийняття стратегічних і тактичних рішень щодо модернізації освітньої інфраструктури. Генерація візуалізованих звітів, автоматичне виявлення критичних зон, формування карт освітніх ризиків — усе це сприяє підвищенню обґрунтованості управлінських дій на національному, регіональному й локальному рівнях.

Отже, розроблена інтерактивна онтологокерована система аналітичної оцінки матеріально-технічного забезпечення ЗЗСО дає змогу забезпечити об'єктивність, прозорість і обґрунтованість управлінських рішень у сфері освітньої інфраструктури. Застосування онтологічного

підходу передбачає глибоку структурування знань і взаємозв'язок між ресурсами, що сприяє ефективному моніторингу та прогнозуванню потреб.

Висновки та перспективи наукових досліджень. Проведене дослідження засвідчило актуальність і необхідність розроблення та впровадження інтерактивної онтологокерованої системи для аналітичного оцінювання матеріально-технічного забезпечення ЗЗСО. Інтеграція онтологічного підходу в процеси збирання, структурування та інтерпретації даних про матеріально-технічне забезпечення дає змогу перейти до якісно нового рівня управлінської аналітики. Онтологічна система створює цілісне уявлення про складові освітнього середовища, забезпечує семантичну взаємодію між об'єктами, категоріями та нормативними критеріями. Це, у свою чергу, відкриває можливості для автоматизованого оцінювання відповідності матеріально-технічного стану шкіл освітнім стандартам, виявлення прогалин і потреб, формування обґрунтованих рішень щодо модернізації ресурсної бази.

На особливу увагу заслуговує функціонал інтерактивної взаємодії користувача із системою. Забезпечення зручної візуалізації даних, гнучкої побудови запитів і підтримки інтерпретації результатів аналітики робить онтологокеровану систему доступним та ефективним інструментом для керівників ЗЗСО, органів управління освітою, аналітичних центрів.

У процесі дослідження було виявлено також низку суперечностей, що потребують подальшого розв'язання. Зокрема, йдеться про брак єдиних цифрових стандартів для опису елементів матеріально-технічного забезпечення, недостатній рівень підготовки персоналу до роботи з онтологічними системами, а також ризики фрагментованості інформації в умовах децентралізованого управління освітою.

Перспективи подальших наукових досліджень полягають у розширенні онтологічної моделі за рахунок включення додаткових доменів, зокрема педагогічного та фінансового забезпечення, що допоможе сформуванню багаторівневої системи стратегічного управління. Важливим напрямом також є розроблення методик інтеграції системи з національними інформаційними платформами (ЄДЕБО, ProZorro, eData тощо) для автоматизації оновлення даних та посилення міжвідомчої взаємодії.

Список використаних джерел

- Selwyn N., Hillman T., Bergviken-Rensfeldt A., Perrotta C. Making Sense of the Digital Automation of Education. *Postdigital Science and Education*. 2023. № 5. Pp. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42438-022-00362-9>.
- Poltoratskyi M., Konnova O. Use of semantic web technologies for validation of educational models. *Information Technologies and Learning Tools*. 2025. Vol. 106. № 2. Pp. 94–106. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v106i2.5985>.
- Chimalakonda S., Nori K. V. An ontology based modeling framework for design of educational technologies. *Smart Learning Environments*. 2020. Vol. 7. 28. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40561-020-00135-6>.
- Gilani S., Quinn C., McArthur J. J. A review of ontologies within the domain of SMART and ongoing commissioning. *Building and Environment*. 2020. Vol. 182. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107099>.
- Demertzi V., Demertzis K. A Hybrid Adaptive Educational eLearning Project based on Ontologies Matching and Recommendation System. *arXiv preprint*. 2020. arXiv:2007.14771. URL: <https://arxiv.org/abs/2007.14771> (дата звернення: 22.07.2025).
- Nadutenko M., Prykhodniuk V., Shyrokov V., Stryzhak O. Ontology-Driven Lexicographic Systems. *Advances in Information and Communication. FICC 2022. Lecture Notes in Networks and Systems / ed. K. Arai*. 2022. Vol. 438. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-98012-2_16 (дата звернення: 22.07.2025).
- Приходнюк В. В., Стрижак О. Є. Множинні характеристики онтологічних систем. *Математичне моделювання в економіці*. 2017. № 1–2 (8). С. 47–61. URL: <https://nasplib.isoftware.kiev.ua/items/823f08b5-4973-4556-90f3-86e951874502> (дата звернення: 22.07.2025).
- Silva C., Belo O., Barros V. Methodology for the development of an ontology network on the Brazilian national system for the evaluation of higher education (ONTOSINAES). *Journal of Information Systems and Technology Management*. 2018. Vol. 15. URL: <https://www.redalyc.org/journal/2032/203261710001/html/> (дата звернення: 22.07.2025).
- OWL 2 Web Ontology Language Document Overview (Second Edition). *W3C Recommendation*. 2012. URL: <https://www.w3.org/TR/owl2-overview/> (дата звернення: 22.07.2025).
- EduCOR: An Educational and Career-Oriented Recommendation Ontology / E. Ilkou et al. *The Semantic Web — ISWC 2021. ISWC 2021. Lecture Notes in Computer Science / eds. A. Hotho et al*. 2021. Vol. 12922. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-88361-4_32 (дата звернення: 22.07.2025).

11. De Nicola A., Villani M. L. Smart City Ontologies and Their Applications: A Systematic Literature Review. *Sustainability*. 2021. Vol. 13 (10). 5578. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13105578> (дата звернення: 22.07.2025).
 12. UFO: Unified Foundational Ontology / G. Guizzardi et al. *Applied Ontology*. 2021. Vol. 1. Pp. 1–3. URL: https://nemo.inf.ufes.br/wp-content/uploads/ufo_unified_foundational_ontology_2021.pdf (дата звернення: 22.07.2025).
- References**
1. Selwyn, N., Hillman, T., Bergviken-Rensfeldt, A., & Perrotta, C. (2023). Making Sense of the Digital Automation of Education. *Postdigital Science and Education*, 5, 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42438-022-00362-9>.
 2. Poltoratskyi, M., & Konnova O. (2025). Use of semantic web technologies for validation of educational models. *Information Technologies and Learning Tools*, 106 (2), 94–106. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v106i2.5985>.
 3. Chimalakonda, S., & Nori, K. V. (2020). An ontology based modeling framework for design of educational technologies. *Smart Learning Environments*, 7, 28. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40561-020-00135-6>.
 4. Gilani, S., Quinn, C., & McArthur, J. J. (2020). A review of ontologies within the domain of SMART and ongoing commissioning. *Building and Environment*, 182. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107099>.
 5. Demertzi, V., & Demertzi, K. (2020). A Hybrid Adaptive Educational eLearning Project based on Ontologies Matching and Recommendation System. *arXiv preprint*, arXiv:2007.14771. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/2007.14771>.
 6. Nadutenko, M., Prykhodniuk, V., Shyrov, V., & Stryzhak, O. (2022). Ontology-Driven Lexicographic Systems. K. Arai (Ed.), *Advances in Information and Communication. FICC 2022. Lecture Notes in Networks and Systems*, 438. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-98012-2_16.
 7. Prykhodniuk, V. V., & Stryzhak, O. Ye. (2017). Mnozhyhni kharakterystyky ontolohichnykh system [Multiple characteristics of ontological systems]. *Matematychni modeliuvannia v ekonomitsi — Mathematical modeling in economics*, 1–2 (8), 47–61. Retrieved from <https://nasplib.isoftware.kiev.ua/items/823f08b5-4973-4556-90f3-86e951874502> [in Ukrainian].
 8. Silva, C., Belo, O., & Barros, V. (2018). Methodology for the development of an ontology network on the Brazilian national system for the evaluation of higher education (ONTOSINAES). *Journal of Information Systems and Technology Management*, 15. Retrieved from <https://www.redalyc.org/journal/2032/203261710001/html/>.
 9. OWL 2 Web Ontology Language Document Overview (Second Edition). (2012). *W3C Recommendation*. Retrieved from <https://www.w3.org/TR/owl2-overview/>.
 10. Ilkou, E., Abu-Rasheed, H., Tavakoli, M., Hakimov, S., Kismihók, G., Auer, S. et al. (2021). EduCOR: An Educational and Career-Oriented Recommendation Ontology. A. Hotho et al. (Eds.), *The Semantic Web — ISWC 2021. ISWC 2021. Lecture Notes in Computer Science*, 12922. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-88361-4_32.
 11. De Nicola, A., & Villani, M. L. (2021). Smart City Ontologies and Their Applications: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 13 (10), 5578. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13105578>.
 12. Guizzardi, G., Benevides, A. B., Fonseca, C. M., Porello, D., Almeida, J. P. A., & Sales, T. P. (2021). UFO: Unified Foundational Ontology. *Applied Ontology*, 1, 1–3. Retrieved from https://nemo.inf.ufes.br/wp-content/uploads/ufo_unified_foundational_ontology_2021.pdf.

V. V. Prykhodniuk,
O. S. Kuzmenko,
V. V. Gorburokov

IMPLEMENTATION OF AN INTERACTIVE ONTOLOGY-BASED SYSTEM FOR ANALYTICAL ASSESSMENT OF MATERIAL AND TECHNICAL SUPPORT IN GENERAL SECONDARY EDUCATION INSTITUTIONS: ASPECTS OF EFFICIENCY

Abstract. *The digitalisation of the education management system requires new tools for effective monitoring and analysis of the resource provision of general secondary education. The article establishes the theoretical and methodological foundations for developing an interactive ontology-based system that focuses on the analytical assessment of material and technical support for schools. The purpose of the research is to develop an intelligent digital tool that automates the process of collecting, structuring, interpreting, and analysing data on the state of educational infrastructure, with the subsequent formation of recommendations for management decisions. Based on an analysis of modern*

approaches to assessing the material and technical condition of a general secondary education institution, it is found that most of them do not provide a comprehensive vision, are fragmentary, and do not take into account the semantic relationships between the objects of assessment. The expediency of applying an ontological approach is proved, which allows for formalising the knowledge of the subject area, ensuring logical consistency and transparency of data, and improving the quality of management analytics. The proposed system has a modular architecture, including: 1) a module for data entry and verification; 2) an ontological core for representing knowledge about resource support objects; 3) an analytics module for multidimensional evaluation (based on the criteria of completeness, compliance, functionality); 4) a management decision support module that generates conclusions and recommendations based on the established development priorities. The object of the research is the process of analytical evaluation of the material and technical support of general secondary education institutions, and the subject is the model, digital tools and technologies for the implementation of an interactive ontology-based system. The results of the research are of practical importance for educational authorities, heads of general secondary education institutions and developers of information and analytical systems. Prospects for further research include expanding the ontological base of the system, its integration with national digital platforms, and testing within pilot educational districts.

Keywords: *ontologically controlled system, analytical evaluation, general secondary education institutions, material and technical base, innovativeness.*

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Приходнюк Віталій Валерійович — канд. техн. наук, старший дослідник, завідувач відділу створення і використання інтелектуальних мережних інструментів, НЦ «Мала академія наук України», м. Київ, Україна, tangens91@gamdil.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-2108-7091>

Кузьменко Ольга Степанівна — д. пед. наук, професор, учений секретар секретаріату Вченої ради, Донецький державний університет внутрішніх справ, м. Кропивницький, Україна; провідний науковий співробітник відділу інформаційно-дидактичного моделювання, НЦ «Мала академія наук України», м. Київ, Україна, Kuzimenko12@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4514-3032>

Горборуков В'ячеслав Вікторович — канд. техн. наук, старший дослідник, доцент кафедри мультимедійних систем, Національний університет «Кієво-Могилянська академія»; науковий співробітник відділу створення і використання інтелектуальних мережних інструментів, НЦ «Мала академія наук України», м. Київ, Україна, slavon07@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-2758-7724>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Prykhodniuk V. V. — PhD in Engineering, Senior Researcher, Head of the Department of Creation and Use of Intelligent Network Tools, NC “Junior Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine, tangens91@gamdil.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-2108-7091>

Kuzmenko O. S. — D. Sc. in Pedagogy, Professor, Academic Secretary of the Secretariat of the Academic Council, Donetsk State University of Internal Affairs, Kropyvnytskyi, Ukraine; Leading Researcher of the Department of Information and DidacticModelling, NC “Junior Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine, Kuzimenko12@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4514-3032>

Gorborukov V. V. — PhD in Engineering, Senior Researcher, Associate Professor at the Department of multimedia Systems, National University of Kyiv-Mohyla Academy; Researcher at the Department of Creation and Use of Intelligent Network Tools, NC “Junior Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine, slavon07@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-2758-7724>

Рукопис надійшов до редакції / Received 23.07.2025

Рукопис прийнято до друку / Accepted 28.11.2025



Licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License