https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-82-1
УДК 004.942+004.05

ПІХ Ірина
Національний університет «Львівська політехніка»
https://orcid.org/0000-0002-9909-8444
e-mail: iryna.v.pikh@lpnu.ua
МЕРЕНИЧ Юліан
Національний університет «Львівська політехніка»,
Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет»
https://orcid.org/0000-0002-3236-1308
e-mail: merenich.julian@uzhnu.edu.ua

ОНТОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СТРУКТУРИ ВЕБДОДАТКУ

У статті досліджено застосування онтологічного підходу до моделювання структури вебдодатків. На прикладі інтернет-магазину створено багаторівневу онтологічну модель, яка містить базові класи (Furniture, Customer, Price, Style та інші) та підкласи. Запроєктовано множину властивостей-відношень для опису зв'язків між елементами моделі та властивостей-даних для визначення атрибутів. Сформовані концепти та взаємозв'язки реалізовано у вигляді онтологічного графу. Він забезпечує наочність моделі, узгодженість, зручність для подальшого аналізу та модифікації.

Опрацювання даних здійснено за допомогою мови запитів SPARQL, яка дозволяє ефективно працювати з онтологічною інформацією, здійснювати пошук зв'язків між компонентами та формувати структуровані списки для аналізу. Використання розробленої моделі продемонстровано на прикладі транзакцій в інтернет-магазині, що підтверджує її практичну цінність. Модель також може бути адаптована для вирішення завдань інших предметних областей,.

Особливу увагу приділено автоматизації формального представлення знань, візуалізації результатів та оптимізації процесів. Продемонстровано ефективність онтологічного моделювання як інструменту для аналізу та інтеграції даних у складних інформаційних системах.

Ключові слова: онтологічне моделювання, вебдодаток, онтологія, SPARQL, структурування знань, інтернет-магазин.

PIKH Iryna
Lviv Polytechnic National University
MERENYCH Yulian
Lviv Polytechnic National University,
Uzhhorod National University

ONTOLOGICAL MODELING OF WEB APPLICATION STRUCTURE

This article delves into the application of the ontological approach in modeling the structural components of web applications, emphasizing the design and implementation of a multi-level ontological model. As a case study, an online store was chosen to illustrate the capabilities of this method. The model comprises foundational classes — including Furniture, Customer, Price, Style, and others — each of which is further refined through hierarchically organized subclasses to reflect the complexity and diversity of real-world entities. This structure enables a more nuanced representation of domain knowledge, essential for building adaptive and scalable web systems.

To formalize relationships among these elements, a comprehensive set of object properties was introduced, describing various types of interactions and associations. Additionally, datatype properties were used to specify attributes such as numerical values, textual descriptions, and stylistic parameters. These components were synthesized into an ontological graph using standard semantic web technologies, ensuring logical consistency, transparency, and extensibility. This graph-based representation serves not only as a knowledge repository but also as a foundation for semantic queries and automated reasoning.

SPARQL, a powerful query language for RDF-based data, was employed to retrieve, filter, and manipulate ontological data efficiently. Through SPARQL queries, relationships between products, customer preferences, pricing models, and stylistic categories were extracted and analyzed. This enabled the creation of structured data sets suitable for visualization, recommendation systems, and performance evaluation. The model's utility was validated through simulations of online store transactions, showcasing its ability to reflect realistic scenarios and decision-making processes.

Furthermore, the ontological framework was designed with adaptability in mind, allowing it to be reused and reconfigured for various application domains such as healthcare, education, or logistics. The study also addressed key challenges related to knowledge representation, including automation of ontology generation, graphical visualization of ontological graphs, and the streamlining of data processing workflows.

Overall, this research highlights the practical advantages of ontological modeling in web development. It supports data integration, semantic interoperability, and intelligent decision-making within complex information systems. The proposed methodology not only enhances conceptual clarity but also enables more efficient system evolution and maintenance. It provides a robust foundation for further research and development in the field of semantic technologies and intelligent web applications.

Keywords: ontological modeling, web application, ontology, SPARQL, knowledge structuring, online store.

Стаття надійшла до редакції / Received 11.03.2025
Прийнята до друку / Accepted 14.04.2025

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Інтеграція сучасних досягнень інформаційних технологій у різні аспекти людської діяльності є одним з критичних чинників соціально-економічного прогресу. Проте традиційні підходи до проєктування вебдодатків потребують значних затрат часу і є недостатньо ефективними. Це зумовлено підвищенням складності інформації, потребою в інтеграції гетерогенних даних та вимогами до гнучкості і масштабованості систем. Одним із інноваційних підходів для подолання цих викликів є розроблення моделей, що базуються на знаннях, де ключову роль відіграють онтології.

Онтологія — це стандартизована концептуалізація множини даних. У загальному розумінні онтологія слугує основою для моделювання знань, визначаючи ключові поняття, їх атрибути, взаємозв'язки та залежності. Крім того, при розробленні онтології використовуються протоколи для ефективної взаємодії між агентами та створення єдиної методологічної бази для представлення й аналізу теоретичних основ.

Застосування онтології у процесі розроблення вебдодатків має кілька суттєвих переваг. По-перше, усувається необхідність повторного структурування інформації, що дозволяє суттєво зменшити тривалість початкових етапів проєктування застосунку. По-друге, онтологія забезпечує вищий рівень формалізації знань, що є важливим для інтеграції інформаційних ресурсів та реалізації міжсистемної взаємодії.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Впровадження онтологічного підходу у процес розроблення інформаційних систем створює нові перспективи для розроблення високоефективних, інноваційних та адаптивних рішень. Зокрема, у дослідженні [1] представлено онтологічну модель бази знань «Бібліотека», сформовану у середовищі Protégé. Наведено детальний опис етапів побудови онтології, що має велике значення для застосування у проєктах, пов'язаних із систематизацією даних. У [2] також розглянуто онтологічно-орієнтовані інструменти для управління знаннями в організаціях. У [3] здійснено систематичний огляд використання онтологій у рекомендаційних системах для електронного навчання. Таким чином, у дослідженнях [1–3] проведено ґрунтовний аналіз методів, але недостатньо уваги приділено реалізації та тестуванню розглянутих моделей. Натомість, ми демонструємо використання SPARQL-запитів, що підкреслюють практичну цінність одержаних результатів.

У дослідженні [4] увага зосереджена на мережевих аспектах онтологічного моделювання. Основною перевагою є представлення інструментів і методів інтеграції знань у розподілених системах. Однак обмежений акцент на прикладних аспектах може ускладнювати адаптацію до розв'язання практичних задач. З огляду на це, ми здійснили онтологічне моделювання конкретної предметної області, що має неабияке практичне застосування.

У [5] синтезовано онтологічну модель оцінювання ефективності функціонування наукових установ. Використано багатовимірний підхід адаптації онтологічних рішень до специфічних завдань наукової діяльності. [6] присвячене оцінюванню методів прототипування інтерактивних віртуальних систем, первинним етапом якого є онтологічний аналіз. Перевагою є інтеграція нечітких порівнянь у процес прийняття рішень. Проте недостатня візуалізація онтологічної структури ускладнює її використання в інтерактивних системах. Ми пропонуємо розробляти детальний онтологічний граф, що ілюструє зв'язки та відношення.

Дослідження [7] розглядає базову формальну онтологію (BFO). Представлено чітке визначення концептів та їх ієрархій. Основним обмеженням є розгляд лише одного підходу, що не дає змоги оцінити конкурентоспроможність у порівнянні з альтернативними методами.

Таким чином, проведений аналіз свідчить про значний прогрес у дослідженні та застосуванні онтологічного аналізу. Однак, незважаючи на існуючі досягнення, залишаються актуальними питання впровадження онтологічного моделювання у проєктування складних систем, зокрема вебдодатків.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Онтологічні моделі сприяють уніфікації ключових понять і концепцій, що підвищує ефективність комунікації між усіма учасниками проєкту, зокрема аналітиками, розробниками і користувачами. Завдяки структурованому і систематизованому представленню знань здійснюється якісний аналіз даних: виявлення прихованих закономірностей, прогнозування тенденцій та оптимізація рішень. Знижується ризик дублювання інформації, що сприяє підвищенню загальної ефективності системи [1–3].

Моделювання структури вебдодатку здійснене на прикладі інтернет-магазину. Вибір предметної області обумовлений її складною багаторівневою структурою, що містить різноманітні категорії даних, зокрема інформацію про товари, користувачів, замовлення та процеси опрацювання транзакцій. Це дозволяє дослідити й продемонструвати можливості онтологічного підходу до формалізації знань, оскільки потребує побудови чітко визначених взаємозв'язків між елементами системи. Крім того, проєктування інтернет-магазинів є актуальною практичною задачею. Відповідно, результати моделювання не лише теоретично значимі, але й практично цінні, оскільки отримані моделі можуть бути адаптовані для реальних комерційних

систем. Процес побудови онтології розпочинається з чіткого визначення та формалізації основних елементів, таких як «клас», «властивості-відношення», «властивості-дані» та «екземпляр».

Клас — це категорія об'єктів, що характеризуються спільними атрибутами або властивостями. Класи виконують ключову функцію в організації знань. Кожен клас може містити підкласи, які його деталізують, або бути підкласом вищого рівня. Завдяки цьому утворюється багаторівнева ієрархія [8]. Для розроблення онтологічної моделі визначено низку базових класів (рис. 1), що репрезентують основні концепції предметної області. До них належать: Brand, Customer, Furniture, Furniture Material, Price, Size, Style, Texture. Кожен із цих класів поділяється на підкласи. Наприклад, клас Furniture має такі підкласи: Cheap Furniture, Expensive Furniture, Heavy Furniture, Lamps, Lightweight Furniture, Metallic Furniture, Soft Furniture, Wooden Furniture, а також Named Furniture. Клас Furniture Material деталізується підкласами: Glass Material, Leather Material, Metal Material, Pillow Fillers Material, Plastic Material, Wood Material.

Сформовано властивості-відношення (рис. 2, а), що визначають взаємозв'язки між компонентами онтології: hasBrand, hasBrandPreference, hasMaterial, hasPricePreference, hasSize, hasSizePreference, hasStyle, hasStylePreference, hasTexture, isBiggerThan, isBrandOf, isMaterialOf,isSmallerThan, purchasedByCustomer, purchasedFurniture.

Властивості-дані (рис. 2, б) дозволяють доповнити модель атрибутами, що описують значення параметрів об'єктів. Відповідно, виокремлено такі приклади властивостей-даних: hasCountryOfOrigin, hasDiscount, hasEmail, hasNameAndSurname, hasPhone, hasPrice, hasWeight, numberOfFurnituresPurchased, paymentMethod.

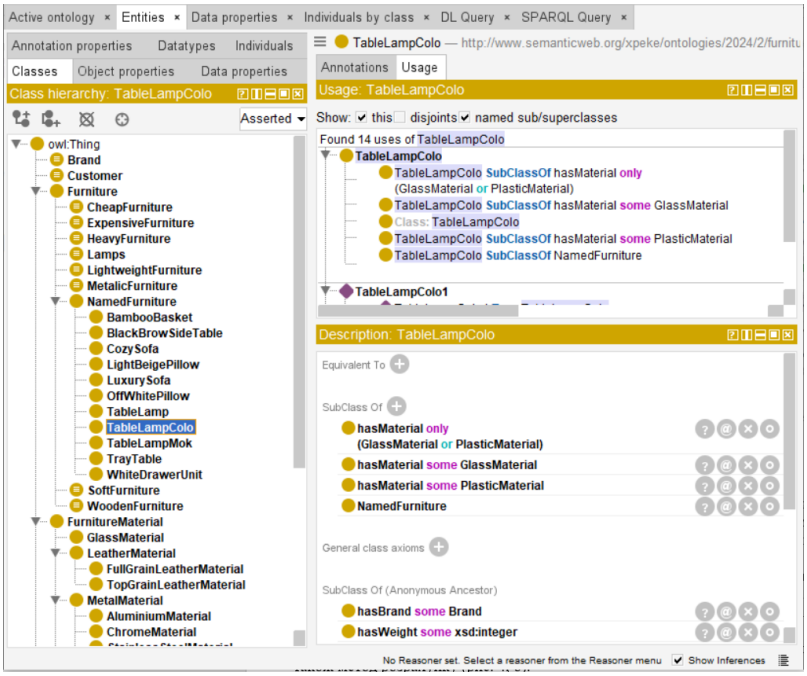
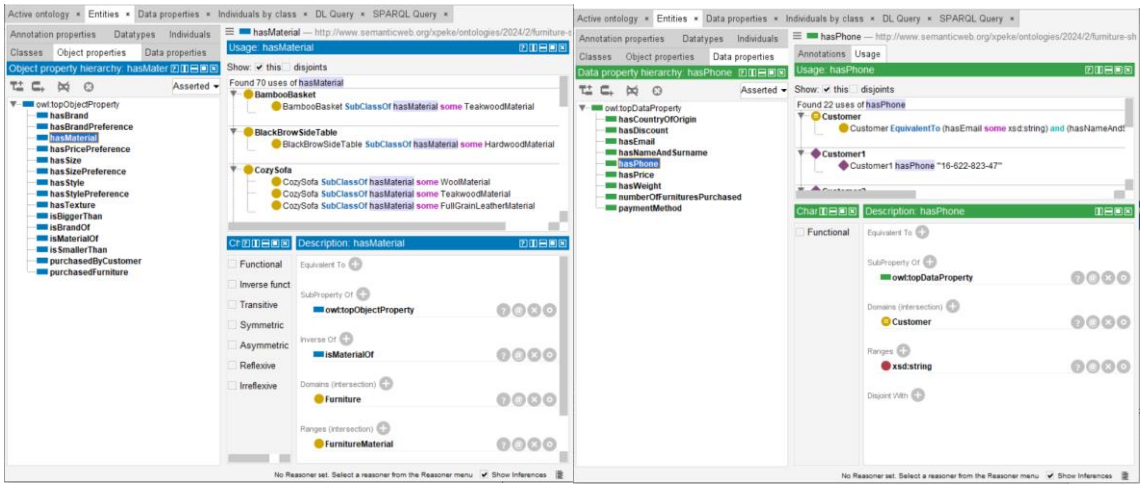


Рис. 1. Фрагмент таксономії предметної області

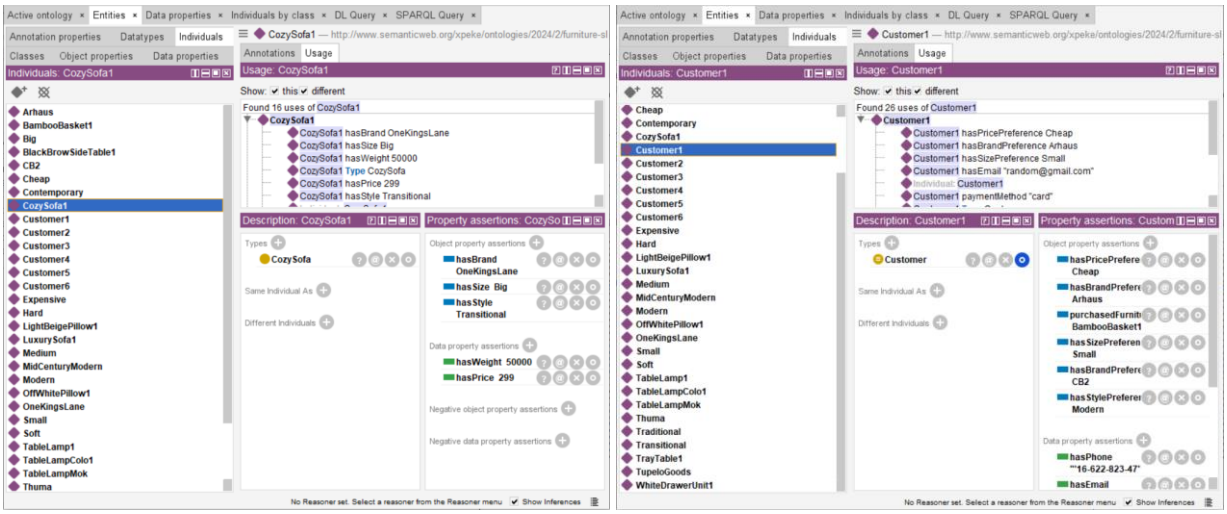


а) **б)**

Рис. 2. Властивості онтологічної моделі: а) — властивості-відношення; б) — властивості-дані

Екземпляри відображають елементи або сутності з чітко визначеними характеристиками, що можуть бути представлені як унікальні одиниці даних. Основною метою використання екземплярів є створення якісної та кількісної моделей для опису реальних об'єктів у межах комп'ютерних систем [8].

Наприклад, виокремлено екземпляр Cozy Sofa з такими властивостями: бренд, розмір, стиль, вага та ціна (рис. 3, а). Аналогічно, визначено екземпляр покупця з унікальним ідентифікатором, якому притаманні такі характеристики: цінові вподобання, вподобання щодо бренду, вподобання щодо розміру, улюблений стиль, контактні дані (номер телефону, електронна пошта), персональні дані (ім'я та прізвище), кількість придбаних товарів, а також метод розрахунку (рис. 3, б).



а) **б)**

Рис. 3. Екземпляри онтологічної моделі: а) — екземпляр CozySofa1; б) — екземпляр Customer1

Для обробки даних, представлених у форматі RDF, використана спеціалізована мова запитів SPARQL. Наприклад, сформовано запит для отримання інформації про те, який покупець придбав певний товар (рис. 4). У результаті виконання запиту сформовано структурований список з даними про товари та відповідних покупців (рис. 5).

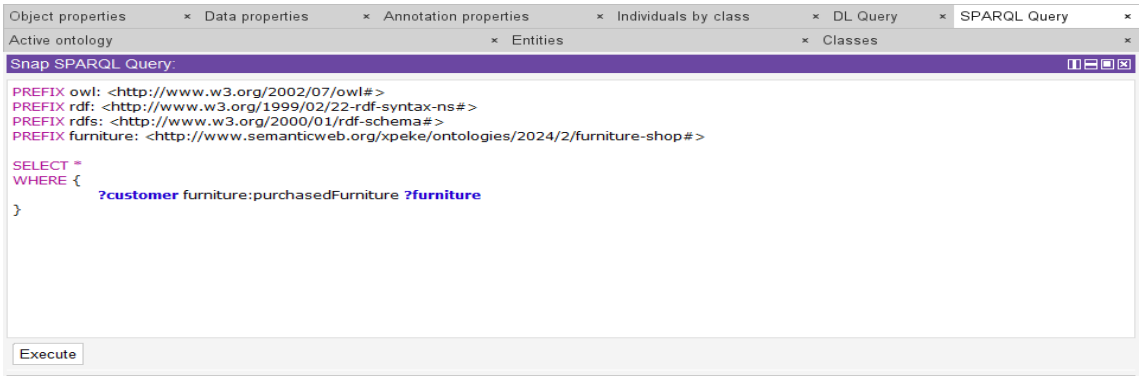


Рис. 4. SPARQL-запит для одержання даних про товар та покупців

?furniture	?customer
furniture:BambooBasket1	furniture:Customer1
furniture:TrayTable1	furniture:Customer2
furniture:CozySofa1	furniture:Customer2
furniture:OffWhitePillow1	furniture:Customer3
furniture:LightBeigePillow1	furniture:Customer3
furniture:TableLamp1	furniture:Customer3
furniture:BlackBrowSideTable1	furniture:Customer4
furniture:LuxurySofa1	furniture:Customer5
furniture:WhiteDrawerUnit1	furniture:Customer5
furniture:TableLampColo1	furniture:Customer6
furniture:TableLampMok	furniture:Customer6

Рис. 5. Результат виконання SPARQL-запиту

У представленому SPARQL-запиті для позначення вибірки імен використано префікс furniture. Конструкція SELECT визначає змінні, значення яких повинні бути отримані в результаті виконання запиту. Блок WHERE задає умови відбору даних, де зв'язки між покупцями та товарами формалізовані за допомогою

властивості, що описує відношення між сутностями: furniture:purchasedFurniture. Це дозволяє аналізувати взаємозв'язки розробленої онтології.

Одним з ключових етапів онтологічного аналізу є візуалізація даних за допомогою онтологічних графів (рис. 6).

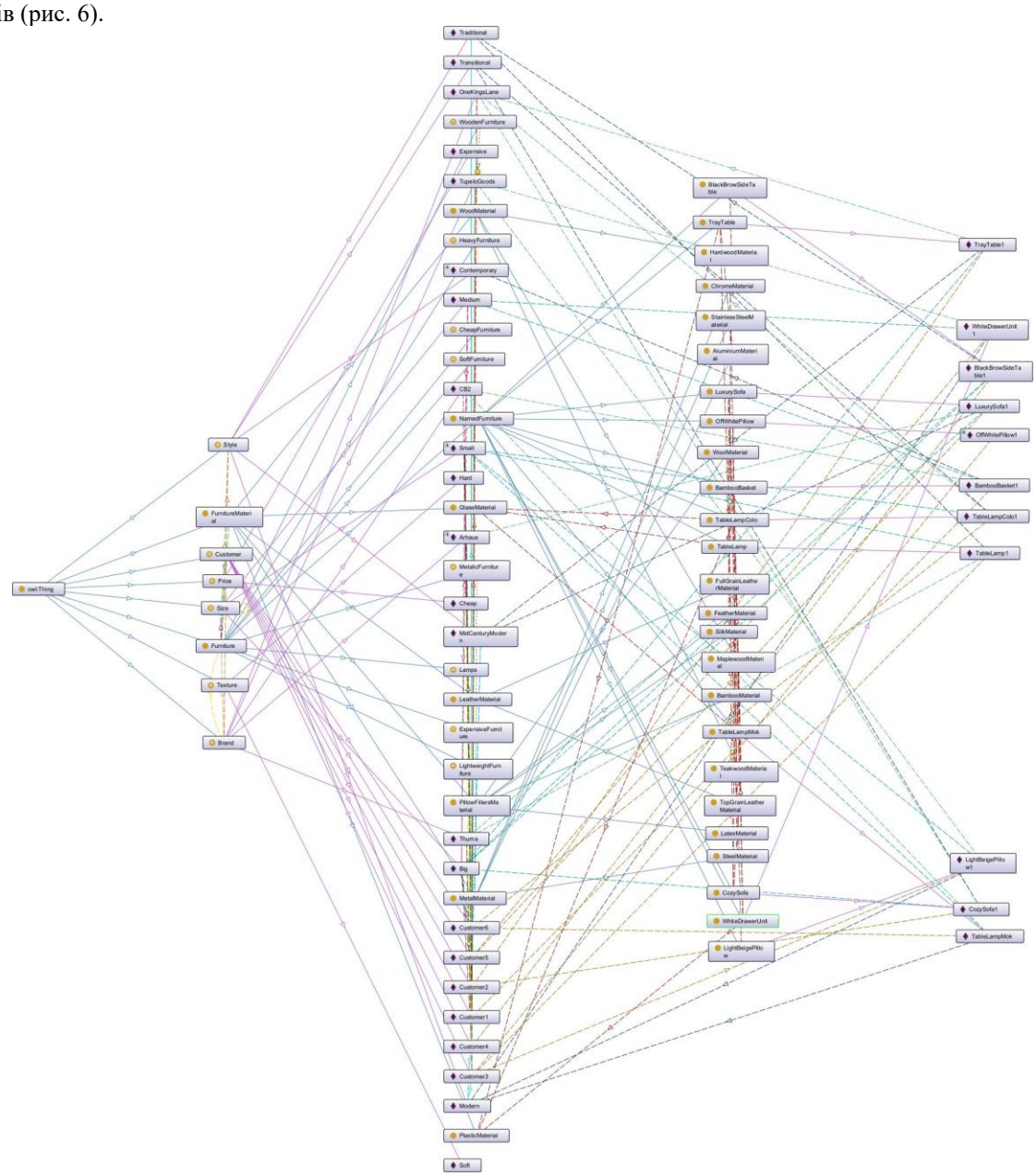


Рис. 6. Онтологічний граф класів та екземплярів

Візуалізація сприяє спрощенню розуміння структури онтології та її взаємозв'язків, забезпечує зручність у модифікації елементів. Зокрема, графи полегшують процес додавання, видалення чи редагування концептів і властивостей, сприяють швидкому виявленню помилок. Такий підхід підвищує ефективність роботи з онтологією, забезпечуючи її узгодженість і точність.

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ У ДАНОМУ НАПРЯМІ

У дослідженні продемонстровано ефективність використання онтологічного моделювання для формалізації структури вебдодатків на прикладі інтернет-магазину. Результати показали, що застосування онтологічного підходу забезпечує уніфікацію розуміння ключових понять, оптимізує комунікацію між учасниками проєкту та сприяє підвищенню загальної ефективності системи. Завдяки чітко структурованому представленню даних сформовано ієрархію класів, підкласів та екземплярів, визначено властивості-відношення та властивості-дані, що дозволило деталізувати взаємозв'язки між елементами предметної

області. Візуалізація результатів у вигляді онтологічних графів значно спростила розуміння структури онтології, забезпечила її гнучкість і узгодженість.

Застосування мови запитів SPARQL для обробки онтологічних даних дозволило створити структуровані списки, які підтримують аналіз взаємозв'язків між компонентами системи. Це підкреслює практичну значущість отриманих результатів.

Подальший розвиток дослідження може бути направлений на інтеграцію онтологічного підходу з сучасними інструментами машинного навчання для детальнішого аналізу даних, а також на розробку рекомендаційних систем.

Література

1. Сілагін О., Сілагін Є., Денисюк В., Денисюк А. Розробка онтологічної моделі бази знань «Бібліотека» на базі середовища Protégé. *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія.* 2023. № 3. С. 12–21.
2. Osman M. A., Noah S. A. M., Saad S. Ontology-based knowledge management tools for knowledge sharing in organization — a review. *IEEE Access*, 2022. № 10. Pp. 43267–43283.
3. Rahayu N. W., Ferdiana R., Kusumawardani S. S. A systematic review of ontology use in E-Learning recommender system. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2022. № 3.
4. Suárez-Figueroa M. C., Gomez-Perez A., Motta E., Gangemi A. Ontology engineering in a networked world. *Ontol. eng. a networked world*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012. Pp. 1–6.
5. Глоба Л. С., Новогрудська Р. Л., Задоєнко Б. О. Онтологічна модель оцінки ефективності функціонування наукових установ. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління»*. 2020. № 45. С. 21–34.
6. Kudriashova A., Pikh I., Senkivskyy V., Merenych Y. Evaluation of prototyping methods for interactive virtual systems based on fuzzy preference relation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. № 5(4 (131). Pp. 71–81.
7. Otte J. N., Beverley J., Ruttenberg A. BFO: Basic formal ontology. *Applied Ontology*. 2022. № 17(1). Pp. 17–43.
8. Ontology Metrics. Protégé 5 Documentation. URL: http://protegeproject.github.io/protege/views/ontology-metrics/.

References

1. Silahin O., Silahin Ye., Denysiuk V., Denysiuk A. Development of an ontological model of the knowledge base "Library" using the Protégé environment. *Information Technologies and Computer Engineering.* 2023. № 3. Pp. 12–21.
2. Osman M. A., Noah S. A. M., Saad S. Ontology-based knowledge management tools for knowledge sharing in organization — a review. *IEEE Access*. 2022. № 10. Pp. 43267–43283.
3. Rahayu N. W., Ferdiana R., Kusumawardani S. S. A systematic review of ontology use in E-Learning recommender system. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2022. № 3.
4. Suárez-Figueroa M. C., Gomez-Perez A., Motta E., Gangemi A. Ontology engineering in a networked world. *Ontol. eng. a networked world*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012. Pp. 1–6.
5. Hloba L. S., Novogrudska R. L., Zadoienko B. O. Ontological model for evaluating the efficiency of scientific institutions. *Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Mathematical Modeling. Information Technologies. Automated Control Systems"*. 2020. № 45. P. 21–34.
6. Kudriashova A., Pikh I., Senkivskyy V., Merenych Y. Evaluation of prototyping methods for interactive virtual systems based on fuzzy preference relation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. № 5(4 (131). Pp. 71–81.
7. Otte J. N., Beverley J., Ruttenberg A. BFO: Basic formal ontology. *Applied Ontology*. 2022. № 17(1). Pp. 17–43.
8. Ontology Metrics. Protégé 5 Documentation. URL: http://protegeproject.github.io/protege/views/ontology-metrics/.