

**О. В. Сілагін¹, В. О. Денисюк²**¹Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна²Вінницький національний аграрний університет, Вінниця, Україна

ОНТОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БАЗИ ЗНАТЬ З ОРГАНІЗАЦІЇ ПОДОРОЖЕЙ

В сучасних умовах розвитку суспільства, зростання ступеня та темпів інтеграції досягнень інформаційних технологій у галузі людського життя традиційні підходи побудови інформаційних систем стають надто громіздкими або перешкоджають бути ефективними. Одним з напрямків вирішення цієї проблеми є розроблення систем, що базуються на знаннях. Робота присвячена онтологічному моделюванню нової предметної області "організація подорожей". Розглядається онтологія у контексті обміну знаннями. Створена онтологія подорожей є доволі сучасною та актуальною на сьогоднішній день. Розроблена онтологічна модель бази знань даного напрямку може бути впроваджена на тематичних веб-ресурсах і значно полегшувати семантичний пошук інформації в межах предметної області в порівнянні з наявними. Визначено термінологічний словник з даної предметної області із використанням поняття терміносистеми. Проведено аналіз можливостей середовища розробки онтологій Protege для моделювання визначеної предметної області "подорожі". Обрано базовий принцип моделювання онтології у вигляді семантичної мережі. Запропонована мережа має можливість до розширення та поглиблення знань про предметну область "подорожі". Використання середовища Protege для реалізації онтологічної моделі бази знань дозволило використати такі переваги та особливості створеної моделі "організація подорожей", як: функціональність, транзитивність, рефлексивність, структуризація, повнота, достовірність та несуперечливість інформації. Обрано критерій оцінювання коректності онтологічної моделі бази знань. Проведено тестування розробленої онтологічної бази знань та підтверджено достатньо високий рівень її коректності в процесі пошуку інформації. Визначений за метрикою SUM середній показник (Average) по всім користувачам дорівнює значенню 82,95%, яке становить прийнятний показник онтологічної бази знань. При використанні класичної реляційної моделі організації баз даних для реалізації бази даних "подорожі" середній показник за метрикою SUM по 10 користувачам дорівнює значенню 73,68%. Розглянуто приклад розробленої онтології в Protege, надано графічне зображення базового графу онтологічної моделі "подорожі", модель містить 10 класів і підкласів, для кожного класу і підкласу визначено 2 властивості-відносини та від 2-х до 10-и властивостей даних, надано приклад класів онтологічної моделі "подорожі", надано приклад "властивості-відношення" онтологічної моделі "подорожі", надано приклад "властивості-даних" онтологічної моделі "подорожі". Сформульовані можливі напрями подальшого розвитку онтологічної моделі "організація подорожей".

Ключові слова: база даних; семантичний пошук; Protege, критерій.

Вступ / Introduction

Розвиток інформаційних систем, які базуються на знаннях є необхідною умовою та стійким процесом сучасності. Тому важливим стає підвищення їх продуктивності. Онтологічні моделі можуть бути впроваджені на тематичних веб-ресурсах та значно полегшити семантичний пошук інформації в межах предметної області. Розроблення онтологічних моделей бази знань різноманітних напрямків стає перспективним та актуальним. Разом із тим, дана тематика ідеально підходить для проведення дослідження можливостей редактору онтологій Protege, проектування або встановлення додаткових плагінів у майбутньому в разі необхідності та вирішення питання доцільності розширення функціональності середовища.

Об'єкт дослідження – розроблення онтологічної системи, що базується на знаннях.

Предмет дослідження – створення онтології подорожей, яка є доволі актуальною на сьогоднішній день.

Мета роботи – збільшення повноти та коректності семантичного пошуку інформації користувачами за рахунок створення нової онтологічної моделі бази знань про подорожі.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі *основні завдання дослідження*:

- дослідити предметну область для створення онтологічної моделі бази знань;
- створити базову графічну модель семантичної мережі;
- реалізувати онтологічну модель бази знань сучасними програмними засобами;
- провести тестування коректності пошуку інформації в реалізованій онтологічній базі знань;
- розглянути можливості розширення та перспективи розвитку онтологічної моделі бази знань.

Матеріали та методи дослідження. Першим кроком для створення онтології предметної області "організація подорожей" є побудова *термінологічного словника для предметної області "подорожі"*. Наступним кроком створення онтологічної системи "подорожі" є створення *базової графічної моделі семантичної мережі* у вигляді фрагменту семантичної мережі. Важливим кроком побудови онтологічної моделі "подорожі" є наступна її *реалізація засобами сучасного програмного забезпечення, а саме – Protege* (вільний, відкритий редактор онтологій і фреймворк для побудови бази знань); зафіксувати ключові концепти і терми, закодувати їх. Заключним кроком стане проведення *тестування коректності пошуку інформації* в реалізованій засобами Protege онтологічній базі знань та оцінка коректності пошуку за допомогою метрики *Single Usability Metrics*

(єдиний юзабіліті-показник, який поєднує стандартизовані показники ефективності, продуктивності та задовільності в єдину оцінку).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Онтологія у комп'ютерній лінгвістиці визначається як "специфікація концептуалізації" [4], [5]. Розглядається онтологія у контексті обміну знаннями. Отже, онтологія – це опис (як формальна специфікація програми) концепцій і відносин, які можуть існувати для агента або спільноти агентів. Це визначення узгоджується з використанням онтології як набору визначень концепцій, але є більш загальним. Призначена онтологія для забезпечення обміну знаннями та їх повторного використання. У цьому контексті онтологія – це специфікація, яка використовується для прийняття онтологічних зобов'язань, набір визначень формальної лексики. Хоча це не єдиний спосіб задати концептуалізацію, він має деякі позитивні властивості для обміну знаннями між програмним забезпеченням (наприклад, семантика, незалежна від читача та контексту). Практично, онтологічне зобов'язання – це угода використовувати словниковий запас (тобто ставити запити та робити твердження) у спосіб, який є послідовним (але не повним) щодо теорії онтології.

Сукупність формально представлених знань базується на концептуалізації: об'єкти, концепції та інші сутності, які, як передбачається, існують у певній області інтересу, і відносини, які існують між ними. Концептуалізація – це абстрактний, спрощений погляд на світ, який ми хочемо представити з певною метою. Кожній базі знань, системі, заснованих на знаннях, або агенту на рівні знань властива певна концептуалізація, явно чи неявно.

Онтологія – це явна специфікація концептуалізації. Для систем штучного інтелекту (ШІ) "існує те, що можна представити". Коли знання про предметну область представлено в декларативному формалізмі, набір об'єктів, які можуть бути представлені, називається всесвітом дискурсу. Цей набір об'єктів і зв'язки між ними, які можна описати, відображаються в репрезентативному словнику, за допомогою якого програма, заснована на знаннях, представляє знання. Отже, у контексті ШІ можливо описати онтологію програми, визначивши набір репрезентативних термінів. У такій онтології визначення пов'язують назви сутностей у всесвіті дискурсу (наприклад, класи, відносини, функції чи інші об'єкти) із зрозумілим для людини текстом, який описує, що означають назви, та формальними аксіомами, які обмежують інтерпретацію та добре сформоване використання цих термінів. Формально онтологія – це твердження логічної теорії [4]. Використовуються загальні онтології для опису онтологічних зобов'язань для набору агентів, щоб вони могли спілкуватися про область дискурсу, не обов'язково оперуючи глобальною теорією. Агент використовує онтологію, якщо його спостережувані дії узгоджуються з визначеннями в онтології. Ідея онтологічних зобов'язань заснована на перспективі рівня знань. Рівень знань – це рівень опису знань агента, який не залежить від представлення на рівні символів, що використовується всередині агента. Знання приписують агентам шляхом спостереження за їхніми діями; агент щось "знає", якщо він діє так, ніби володіє інформацією, і діє раціонально для досягнення

своїх цілей. "Дії" агентів (в тому числі сервери баз знань і системи, засновані на знаннях) можна побачити через функціональний інтерфейс "скажи та запитай", де клієнт взаємодіє з агентом, роблячи логічні твердження (розповідає), і подавати запити (запитує).

Прагматично загальна онтологія визначає словниковий запас, за допомогою якого агенти обмінюються запитом та твердженнями. Онтологічні зобов'язання – це домовленості щодо використання спільного словникового запасу узгодженим і послідовним чином. Агенти, що мають спільний словниковий запас, не повинні спільно використовувати базу знань; кожен знає те, чого не знає інший, і агент, який займається онтологією, не зобов'язаний відповідати на всі запити, які можуть бути сформульовані в спільному словнику. Прихильність до загальної онтології є гарантією узгодженості, але не повноти щодо запитів і тверджень, які використовують словниковий запас, визначений в онтології. Онтології часто ототожнюють з таксономічними ієрархіями класів, але визначенням класів і відношенням підрахунку, але онтології не обов'язково обмежуються цими формами. Онтології також не обмежуються консервативними визначеннями, тобто визначеннями в традиційному логічному розумінні, які тільки вводять термінологію і не додають жодних знань про світ. Щоб визначити концептуалізацію, необхідно сформулювати аксіоми, які обмежують можливі інтерпретації визначених термінів.

Розширені визначення онтології за Губертом такі:

- експліцитна специфікація концептуалізації, де як концептуалізація виступає опис безлічі об'єктів предметної області та зв'язків між ними;
- знання, формально представлені на основі концептуалізації (формально онтологія складається з термінів, організованих у таксономію, їх визначень та атрибутів, а також пов'язаних з ними аксіом та правил виведення);
- формальна специфікація концептуалізації, що розділяється, яка має місце в деякому контексті предметної області;
- база знань, що описує факти, які передбачаються завжди істинними в рамках певного суспільства на основі загальноприйнятого сенсу словника, що використовується.

Поняття онтології знань набуло важливого практичного значення останнім часом у сферах ШІ, управління знаннями та розробки складних спеціалізованих інформаційних ресурсів. Для спеціалістів з різних сфер є необхідним структурування знань у межах предметної області їх дослідження. Детальна формалізація знань має на меті побудову концептуальної схеми предметної області. Така схема будується на основі двох базових термінів, а саме набору понять та інформації про дані поняття [4], [5]. Нагадаємо, що спеціалізовані (предметно-орієнтовані) онтології (онтології предметних областей-про) – це подання якої-небудь галузі знань або частини реального світу. У такій онтології містяться спеціальні для цієї галузі значення термінів.

На сьогодні більшістю автоматизованих систем успішно реалізується побудова детальних карт набору понять, але більш складним завданням є правильна подача усієї можливої інформації про поняття. Властивості об'єктів, відношення між ними, обмеження усіх відомих видів (з урахуванням типу даних і обмежень на взаємодію певних об'єктів між собою), аксіоми – є значимими

блоками інформації. Редактор онтологій Protege [8] є одним із найпотужніших засобів формалізації знань, що може реалізовувати значну більшість взаємодій об'єктів. Також Protege є системою з можливістю розширення функціональності, що дає змогу розвинути та доповнюватися.

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Першим кроком для створення онтології предметної області "організація подорожей" є побудова *термінологічного словника для предметної області "подорожі"*. Терміносистему розглядають як систематизовану сукупність термінів певної предметної області, що створюється експертами на основі теорії та має властивостями системності, повноти, несуперечливості, відносної стабільності, відкритості та динамічності [9]. При наявності декількох теорій в одній предметній області можуть існувати множина терміносистем. З розвитком онтології потрібно розвивати кожен з них окремо, але ос-

нова повинна бути спільною (єдиною). Нагадаємо, що термінологічний словник – один із різновидів лінгвістичного словника, в якому зібрано та систематизовано терміни й визначення певної галузі знання.

На цьому кроці створюємо структуризовану мінімальну таблицю з основними дефініціями майбутньої онтології. Необхідно врахувати основні поняття, відокремити їх від другорядних і обрати найбільш яскраві приклади певних термінів у вигляді класів і створити їх ієрархію. Ієрархія доповнюється по мірі поглиблення і розширення онтології. Базис ієрархії повинен дати достатнє уявлення про структуру предметної області користувачеві або розробнику, яким би нескінченно малим не був його набір знань у даному напрямі. У табл. 1 надано базовий набір знань та уявлень для подальшого розуміння предметної області "подорожі". Особливість обраної предметної області полягає у тому, що вона торкається як внутрішніх до країни так і зовнішніх подорожей.

Табл. 1. Мінімальний термінологічний словник для уявлення про наповнення онтології "подорожі" /
Minimum glossary for presentation about filling the ontology of "travel"

Термін	Дефініція	Приклади властивостей відношення	Приклади властивостей даних	Тип даних	Приклади індивідів
1	2	3	4	5	6
Місцевість	маршрут подорожі або кінцева точка призначення для відпочинку	мати країну розташування, мати привабливість (екзотичність), мати клімат, мати чіткі географічні координати на мапі (географічне місце розташування), мати політичний устрій, мати юридичне та державне підпорядкування, мати культурні особливості, мати національні особливості, історичні особливості, мати дружність до подорожуючих, мати мови місця подорожі, мати розвиток різноманітних інфраструктур	Україна, Кіпр, Закарпаття, морський круїз Середземним морем	string (можливо Real для GPS-координат)	Суходол, узбережжя, водна подорож, космічна мандрівка
Екзотичність	цінність з точки зору мандрівника	мати вищу ступінь цікавості, мати незначну зацікавленість, мати не цікавість	відвідування пірамід Гізи, відпочинок на Балі, відвідування Мачу-Пікчу, тур до Північного полюсу	string (можливо boolean)	подорож морем для людини, яка ні разу там не була, перший стрибок з парашутом
Країна	край, область, район, місто, село, поселення	мати відповідну місцевість або їх набір, мати столицю, мати основи для формування екзотичності	частина світу, до якої належить дана країна, Європа, Азія, Африка, Австралія, Америка	string	Карпати, Поділля, Прованс, Іль-де-Франс, Сардинія, Сицилія
Новизна подорожі	вперше, повторне, традиційне (можливо поєднати з екзотичністю)	мати властивість бути невідомим, мати властивість бути відомим, мати властивість бути широковідомим	не обирати, можливо обрати, обрати подорож	String	вперше у космосі, та сама місцевість але новий маршрут, той самий маршрут, але з іншими супутниками або без них
Тип мандрівки	активний відпочинок з пішохідними мандрівками, відпочинком у пансіонаті, сафарі, полювання або квест, комбінований тип	мати властивість вимагати від мандрівника відповідної фізичної підготовки	фізично невеликі витрати, фізично прийнятні витрати, занадто великі фізичні витрати	String	засмагання на пляжі, пішохідний тур горами, зимове загонне полювання, регата, космічний тур на МКС
Кількість мандрівників	враховує кількість подорожуючих у групі	мати арифметичне значення	поодинокі подорожі для інтровертів або любителів самотності, колективна подорож для екстравертів (активних і енер-	Integer	від самостійної подорожі до колективного круїзу

1	2	3	4	5	6
			гійних людей)		
Популярність	як часто такими подорожами цікавляться мандрівники та приймають в них участь	мати відповідний рейтинг серед мандрівників	не цікаво, цікаво	Boolean (можливо String)	пішохідні подорожі у Сахарі, пішохідна подорож Римом
Вік мандрівника	Фізичний вік подорожуючого	мати відповідну кількість років за віком	немовля, діти, підлітки, середній вік, зрілий вік	Integer	до 1 року, від 1 року, конкретне значення віку
Важкість маршруту	необхідна фізична підготовка та кількість і якість необхідної амуніції (може бути пов'язана із вартістю подорожі)	мати відповідну зацікавленість мандрівника здійснити подорож	не важка подорож, важка подорож	String (можливо Integer)	навколо Світу автостопом, сходження на Еверест, автобусний тур красвидами Карпат
Спеціальна підготовки	Додатковий час на підготовку мандрівника (може бути пов'язаним із фізичною, психологічною та інтелектуальною підготовками мандрівника, оволодінням ним специфічними навичками)	мати спеціальну підготовку за окремими видами спорту, мати спеціальну підготовку за декількома видами спорту, мати підготовку на рівні аматора у видах спорту, мати наукову ступінь, мати відповідну кваліфікацію за областями знань	мандрівник спроможний до подорожі, мандрівник неспроможний до подорожі	Boolean (можливо String)	майстер спорту з бігу, олімпійський чемпіон з біатлону, мандрівник вміє плавати, пересічний пішохід
Спеціальне обладнання	Амуніція чи спорядження	мати специфічні параметри для виконання особливих дій	спорядження туристське, аквалангіста, альпініста, засоби виживання, засоби евакуації	Boolean (можливо String)	Валіза, туристський намет, гідрокостюм, акваланг, льодоруб та карабіни, медична аптечка, медичні носі або медичний гвинтокрил
Зброя	Вогнепальна чи холодна зброя для мисливства, сафарі або самозахисту	мати властивості зброї (довжина клинка ножа, калібр або швидкість рушниць, дальність ураження)	цей тип зброї підходить чи не підходить до подорожі	Boolean (можливо String)	ніж, рушниця, арбалет
Об'єми багажу	Параметри багажу, який мандрівник може взяти із собою у подорож (у літрах метрах кубічних, метрах погонних, у кг, у штуках)	мати фізичні розміри та параметри, мати кількість обумовлених речей	великий дозволений розмір або вага, недостатній об'єм валізи	Real (можливо Integer)	один велосипед на пасажирів, валіза з розмірами 40x30x20 см вагою не більше 10 кг
Строки подорожі	часові параметри даної подорожі	мати обмежені часові рамки	достатній час для подорожі, лімітований час для подорожі, можливий часовий діапазон подорожі, пора року для подорожі	Integer (можливо Real)	хвилини, години, тиждень, 12 діб, місяць або з початкової дати до наступної дати за календарем
Вартість подорожі	орієнтовна чи точна вартість подорожі	мати обмежені вартісні рамки	дешеве місце у кемпінгу чи хостелі, дорогий VIP-номер у готелі 5 зірок	Real	100 умовних грошових одиниць за всю подорож, 100 умовних грошових одиниць за день подорожі
Способи оплати	повна, по частинам, часткова оплата, пільги, знижки, автостопом (умовно безкоштовно)	мати прийнятні для мандрівника умови оплати	накопичувальна система знижок та пільг, знижка для постійних клієнтів	String	оплата карткою, оплата кешем

Наступним кроком створення онтологічної системи "подорожі" є створення базової графічної моделі семантичної мережі. Розглянемо цей крок створення на фрагмента семантичної мережі. Після виявлення ключових концептів доцільно побудувати ієрархії предметної області, в коренякої буде знаходитись терміносистема, а у вузлах – номенклатура. За модель представлення знань номенклатури використовуємо семантичну мережу знаків-фреймів.

Для побудови семантичної мережі використаємо об'єднання знаків-фреймів Φ_i :

$$S = U_i \Phi_j, \quad (1)$$

де S – семантична мережа, тобто інформаційна модель предметної області, що має вигляд орієнтованого графу, вершини якого відповідають об'єктам предметної області, а ребра задають відносини між ними. Об'єктами можуть бути поняття, події, властивості, процеси. Отже, семантична мережа є одним із способів подання знань.

Будемо вважати, що загалом сформовано множину термінів *Term*. Це означає, що потужність множини $\Phi = \{\Phi_j\}$ більша потужності множини *Term*. Графічне

зображення фрагменту семантичної мережі *S* для побудови онтології подорожі надане на рис. 1. Дугам семантичної мережі відповідає значення "це-є" (англ. "is-a").

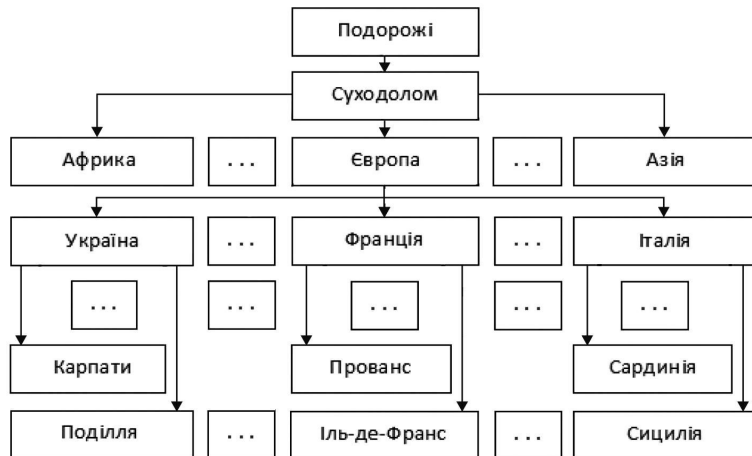


Рис. 1. Фрагмент семантичної мережі для побудови онтології подорожі / A fragment of the semantic network for building a travel ontology

Надалі проведемо кодування бази онтології подорожі. Розпочинати потрібно із налаштування ієрархії класів та підкласів, потім надати їм властивості відношень та властивості даних (визначити усі необхідні типи даних зі списку або створити нові за потреби), а після цього перейти до створення окремих індивідів у межах кожного класу.

Наступним кроком побудови онтологічної моделі "подорожі" є реалізація онтологічної моделі бази знань засобами *Protege*. У *Protege* наявні дуже масштабні можливості для роботи з відношеннями, а надання їм властивостей транзитивності, рефлексивності, функціональності та інших дає змогу значно спростити проблеми, що часто постають у межах предметної області. Розглянемо конкретні приклади щоб довести практичне значення встановлення подібних властивостей. Однією із властивостей інформації є повнота. Про це важливо повідомити користувача засобами встановлення відношення еквівалентності. Функція "Same Individual As" реалізує цю можливість у *Protege*.

Функцію "Disjoint With" варто застосовувати при забороні використання суперечливих понять або термінів. Неприйнятним є її застосовувати як розмежування термінів, адже різниця між ними досить нечітка, і одна подорож може поєднувати декілька з них. Але використання "Disjoint With" при визначенні статусу подорожі є необхідним для забезпечення вимоги несуперечливості аби уникнути ситуації, коли подорож не може бути одночасно неактивною та активною. Треба пам'ятати, що подорож може мати одночасно статус "Active" і "Changed_name", бути активним, але змінити назву, тому ставити функцію "Disjoint With" між цими двома категоріями категорично заборонено. Під час розробки онтології подорожі необхідно врахувати реалізацію пошуку індивідів за певними критеріями. Для цього зручно використовувати Class Expression Editor, як інструмент для написання виразів у межах певного класу. Наприклад, користувач хоче знайти подорож у межах автобусного туру Карпатами, в якому при цьому вік подорожуючих становив 40 років. Для цього у межах даної подорожі потрібно скласти наступну умову: "Voyager and have age value 40". Далі здійснюється пошук усіх індивідів-подорожі, у яких можливо приймати участь подоро-

жуючим віком 40 років. Варто зазначити, що перед цим у всіх індивідів були прописані дані про вікові обмеження, а тип даних віку був позначений як "int". З іншим типом даних система видасть помилку та не працюватиме із значенням "40" цілого типу. У *Protege* є потужний засіб для створення запитів на пошук інформації, а саме – вбудований конструктор мови запитів SPARQL [11].

Основними видами таких запитів є: SELECT, CONSTRUCT, ASK, та DESCRIBE. SELECT запит – це найбільш поширений із даних різновидів запитів. Результати виведення запиту подаються у зручному для користувача табличному вигляді. є однією з ознак правильності побудови онтології. Однією із ознак правильності побудови онтології є коректність виведення запитів. Інструмент Ontograf у *Protege* дає можливість вивести онтологію у найбільш зрозумілому, наочному та простому вигляді графічного відображення семантики предметної області.

Нагадаємо, що сьогодні штучний інтелект – це обширна область досліджень і розробок інтелектуальних систем, призначених для роботи в областях діяльності людини, що важко формалізуються. В даний час прийнято виділяти декілька напрямів розвитку штучного інтелекту: Один з напрямів пов'язаний з розробкою інтелектуальних систем, заснованих на знаннях. У даному напрямі займаються розробкою моделей представлення знань, створенням баз знань.

З огляду на зазначене вище нами побудовано онтологічну модель "подорожі" у середовищі *Protege*. Модель містить 10 класів і підкласів. Для кожного класу і підкласу визначено 2 властивості-відносини та від 2-х до 10-и властивостей-даних.

На рис. 2 надано приклад класів онтологічної моделі "подорожі". На рис. 3 надано приклад "властивості-відношення" онтологічної моделі "подорожі". На рис. 4 надано приклад "властивості-дані" онтологічної моделі "подорожі".

Оцінювання коректності семантичного пошуку інформації в онтологічній базі знань "подорожі". Існує визначення оцінки онтології у контексті технологій сумісного використання знань [3], згідно з якими критеріями можуть виступати вимоги до специфікації, питання компетенції, і / або реальний світ.

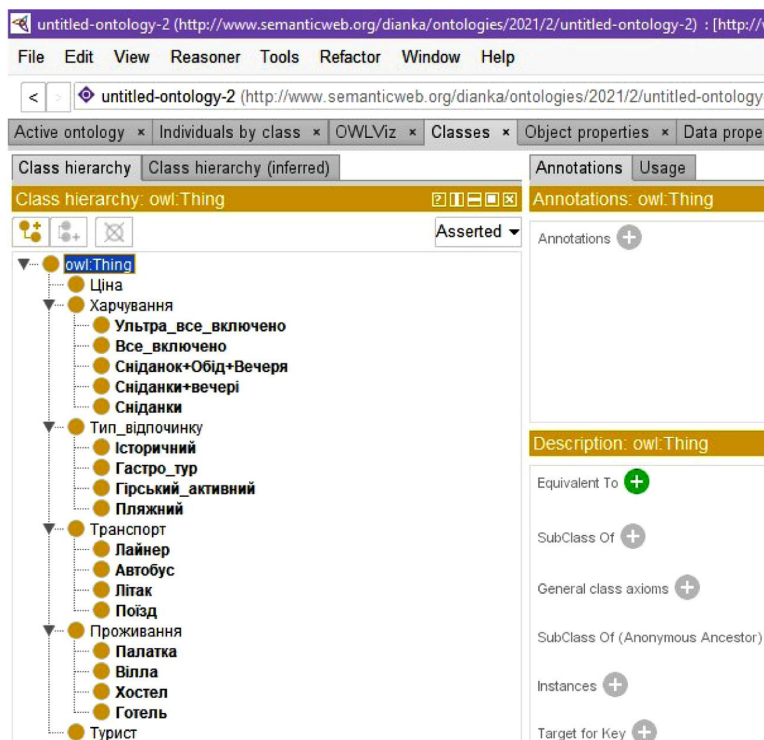


Рис. 2. Класи онтологічної моделі "подорожі" / Classes of the ontological model of "travel"

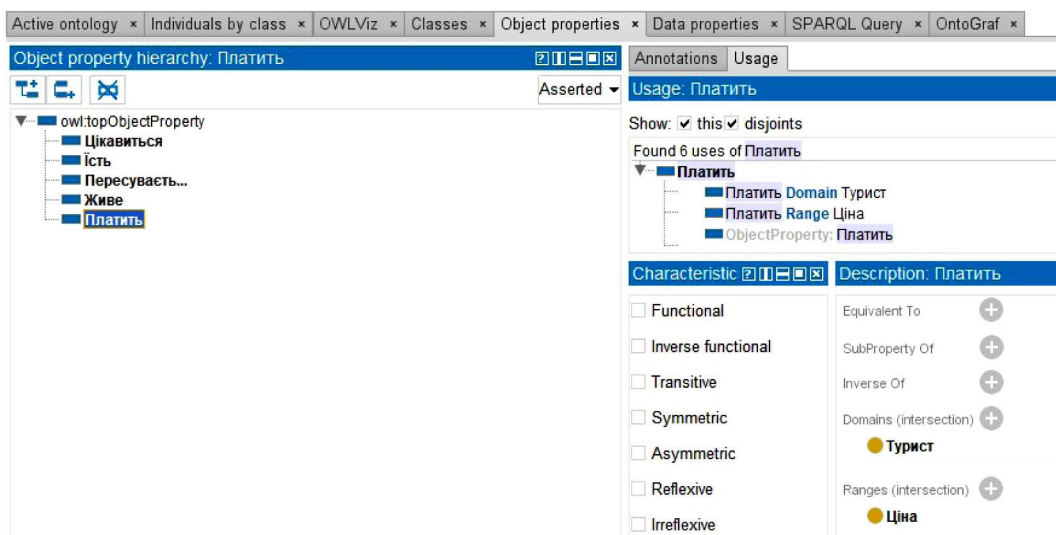


Рис. 3. Властивості-відношення онтологічної моделі "подорожі" / Object Properties of the ontological model of "travel"

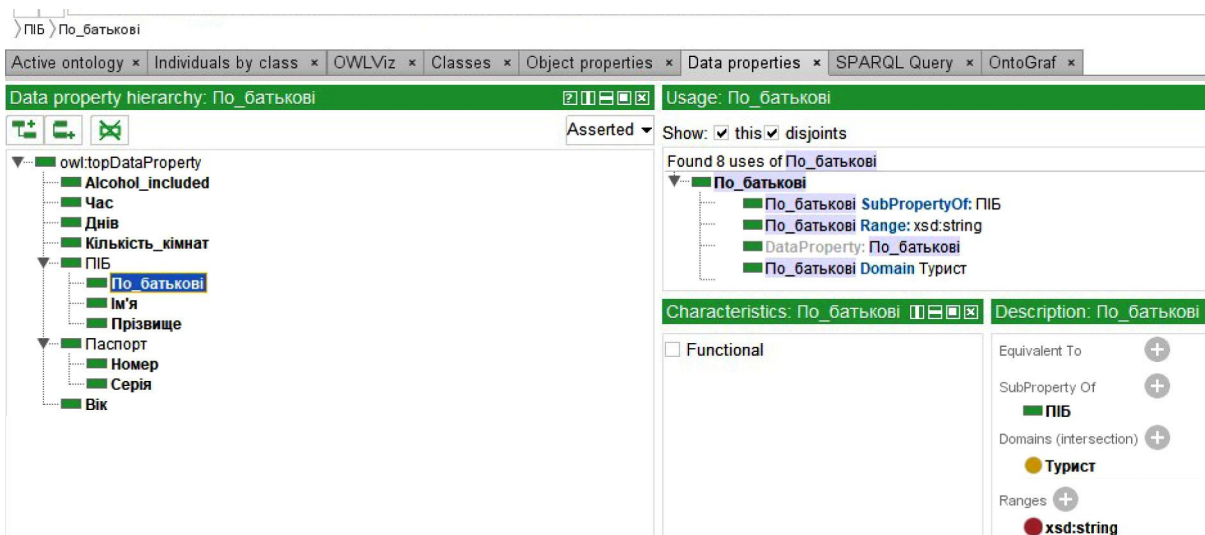


Рис. 4. Приклад "властивості-дані" онтологічної моделі "подорожі" / Example of "Data properties" of the ontological model of "travel"

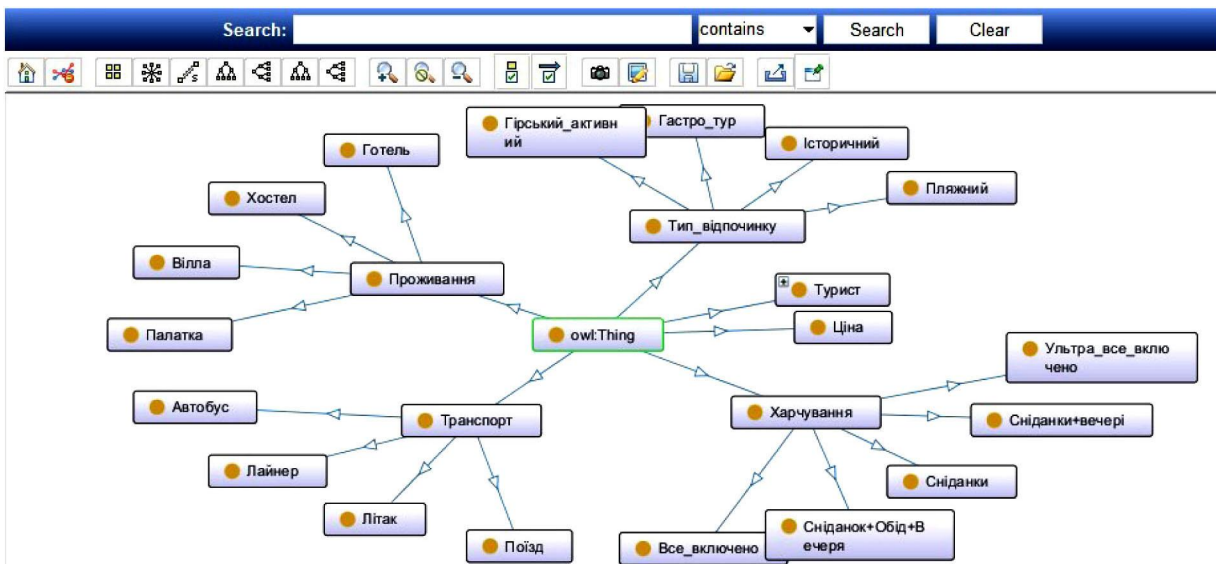


Рис. 5. Базовий граф онтологічної моделі "подорожі" / Basic graph of the ontological model of "travel"

Рис. 6. Вікно індивідів з детальною інформацією індивіда класу "Турист" (приклад – Турист_2) / Window of individuals with detailed information of the individual of the class "Tourist" (example – Tourist_2)

За для більш повного охоплення оцінки онтології обрано метрику Single Usability Metrics (SUM) [10]:

$$S = \frac{SM_{completion} + SM_{satisfaction} + SM_{times} + SM_{errors}}{4}, \quad (2)$$

де: *Completion* – булеве значення і позначає досягнення мети здобуття інформації користувачем; *Satisfaction* – рівень задоволення від структуризації інформації у даній онтології; *Errors* – показує виникнення певних суперечливостей або інших помилок при отриманні інформації; *Times* – показує середню кількість запитів для отримання тієї чи іншої інформації. Нагадаємо, семантичний пошук – процес знаходження документів за їх змістом. Тут здійснюється переклад змісту документів і запитів з природної мови на інформаційно-пошукову мову і складання пошукових образів документа і запиту, тобто відбувається складання пошукового опису, в якому вказується додаткова умова пошуку.

Для визначення коректності пошуку інформації онтологічна база знань була надана 10 користувачам, кожен з яких реалізував 10 запитів у реалізованій онтоло-

гічній базі знань. У табл. 2 наведено результати опитування за даною метрикою.

Табл. 2. Результати опитування щодо коректності розробленої онтології / The results of the survey on the correctness of the developed ontology

User	Completion	Satisfaction	Times	Errors	Average, %
1	1	4	3	0	89,25
2	0	5	5	1	65,25
3	0	4	3	2	73,75
4	1	5	4	0	90,00
5	1	4	12	0	77,75
6	0	5	3	1	68,50
7	1	5	4	0	100,0
8	1	5	9	0	78,50
9	1	5	3	2	86,50
10	1	5	2	0	100,0

Визначений за метрикою SUM середній показник (Average) по всім користувачам дорівнює значенню 82,95%, яке становить прийнятний показник онтологічної бази знань. При використанні класичної реляційної

моделі організації баз даних для реалізації бази даних "подорожі" середній показник за метрикою SUM по 10 користувачам дорівнює значенню 73,68%.

Для прикладу, у отриманій онтологічній моделі "подорожі" було визначено для кожного класу 2-5 індивідів, для кожного індивіда задано 2-5 властивостей-відносини/властивостей-даних. На рис. 6 надано вікно ін-

дивідів з детальною інформацією індивіда класу "Турист" (приклад). На рис. 7 надано більш детальний граф онтології "подорожі" в порівнянні з рис. 5. Також було протестовано онтологічну модель в Protege за допомогою SPARQL-запитів, створивши 5-7 SPARQL-запитів (рис. 8).

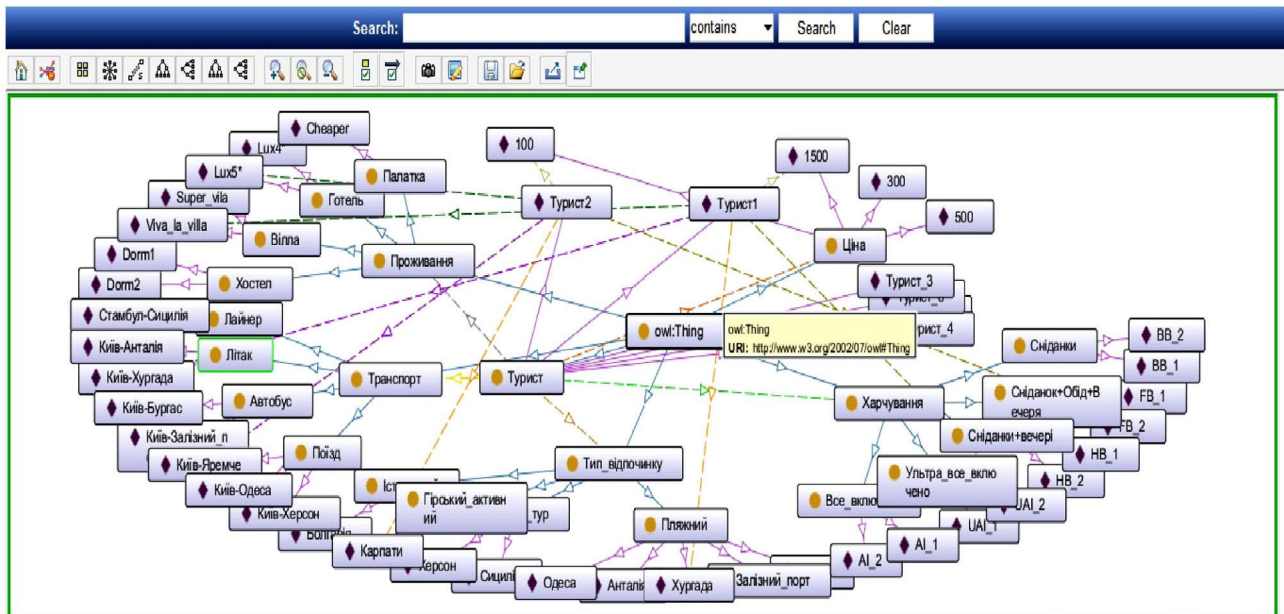


Рис. 7. Детальний граф онтологічної моделі "подорожі" / Detailed graph of the ontological model of "travel"

```
SPARQL query:
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
SELECT ?subject ?object
WHERE {
  ?subject rdfs:subClassOf ?object
}
```

subject	object
Готель	Проживання
Хостел	Проживання
Вілла	Проживання
Палатка	Проживання
Поезд	Транспорт
Літак	Транспорт
Автобус	Транспорт
Сніданок	Харчування
Сніданок+вечері	Харчування
Сніданок+Обід+Вечера	Харчування
Все включено	Харчування
Ультра_все_включено	Харчування

```
SPARQL query:
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX kgorf: <http://www.semanticweb.org/dankal/ontologies/2021/2/untitled-ontology-2#>
SELECT ?time ?subject
WHERE {
  ?subject rdfs:type kgorf:Лайнер.
  ?subject kgorf:Час ?time.
}
```

time	subject
"37"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>	Стамбул-Сичулія

Рис. 8. Запити на вивід усіх підкласів до відповідних класів / Requests for output of all subclasses to the corresponding classes

Обговорення результатів дослідження. Застосування формальних методів для дослідження систем, що використовують дані та знання, має довгу історію. Найчастіше дослідники використовують формальні методи, що ґрунтуються на алгебраїчному підході, теорії множин та логіці предикатів першого порядку [2], [7], [1], [6]. Так, Кодд [2] на основі логіки предикатів першого порядку та алгебри множин розробив реляційну алгебру, яку було використано для побудови теоретич-

них основ реляційних баз даних, зокрема мови запитів до баз даних SQL.

Отже, за результатами виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – вперше розроблено онтологічну модель бази знань з організації подорожей; розроблена онтологія предметної області "подорожі", яка реалізована у вигля-

ді бази знань; отримано прийнятний результат тестування реалізованої бази знань та виконана метрична оцінка коректності семантичного пошуку.

Практична значущість результатів дослідження – більша прийнятністю запропонованої онтологічної моделі у порівнянні з традиційною.

Для перспективних досліджень є цікавим та новим розглянути інші сфери використання онтологій для збільшення достовірності та прийнятності моделей баз знань.

Висновки / Conclusions

Досягнута мета дослідження, підвищення коректності семантичного пошуку інформації, за рахунок застосування в реалізації бази знань нової онтологічної моделі "подорожі". У порівнянні з реляційною моделлю організації баз даних використання нової онтології дає змогу підняти коректність пошуку на 9%.

References

[1] Beniaminov, E. M. (2003). *Algebraic methods in the theory of databases and knowledge representations*. Moscow: Scientific World, 184 p. [In Russian].

- [2] Codd, E. F. (1972). Relational Completeness of Data Base Sublanguages. *Database systems*, 54(2), 65–98.
- [3] Gomez-Perez, Juristo, N., Pazos, J. (1995). Evaluation and assessment of knowledge sharing technology. *Towards Very Large Knowledge Bases*, 289–296.
- [4] Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontologies. *Knowledge Acquisition*, 5(2), 199–220. <https://doi.org/10.1006/knac.1993.1008>
- [5] Gruber, Tom (2008). Ontology. Entry in the Encyclopedia of Database Systems. Springer-Verlag. Retrieved from: <https://tomgruber.org/writing/definition-of-ontology>
- [6] Koo, B., & Simmons, W. (2009). Algebra of systems: a metalanguage for model synthesis and evaluation. *IEEE Transactions on systems, man and cybernetics*, 39(3), 23–41.
- [7] Plotkin, B. I. (1991). *Universal algebra, valgebraic logic and databases*. Moscow: Science, 446 p. [In Russian].
- [8] Protege. Retrieved from: <https://protege.stanford.edu/>
- [9] Pryntsypy pobudovy bankiv danykh. Retrieved from: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fitki/10savchuk_organizaciya_bazdanih_znan/gl_14.html
- [10] Raschet SUM. Podkhod ot Dzhefa Soro. Retrieved from: <https://v-shliachkov.medium.com/raschet-sum-podkhod-ot-dzhefa-soro-c1ecf796f1b2>
- [11] SPARQL Query Language for RDF. Retrieved from: <https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

O. V. Silagin¹, V. O. Denysiuk²

¹Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, Ukraine

²Vinnitsia National Agrarian University, Vinnitsia, Ukraine

ONTOLOGICAL MODELLING OF THE KNOWLEDGE BASE OF THE TRAVEL ORGANIZATION

In modern conditions of society development, increasing degree and pace of integration of information technology achievements in the field of human life, traditional approaches to building information systems become too cumbersome or cease to be effective. One of the ways to solve this problem is to develop knowledge-based systems. The work is devoted to ontological modeling of a new subject area "travel organization". The ontology is considered in the context of knowledge exchange. The created travel ontology is quite modern and relevant today. The developed ontological model of the knowledge base in this area can be implemented on thematic web resources and greatly facilitate the semantic search for information within the subject area in comparison with existing ones. A terminological dictionary from this subject area is defined using the concept of terminological system. An analysis of the possibilities of the Protege ontology development environment for modeling a specific subject area of "travel". The basic principle of ontology modeling in the form of a semantic network is chosen. The proposed network has the opportunity to expand and deepen knowledge about the subject area of "travel". The use of the Protege environment to implement the ontological model of the knowledge base allowed to use the advantages and features of the created model of "travel organization", such as: functionality, transitivity, reflectivity, structuring, completeness, reliability and consistency of information. The criterion for assessing the correctness of the ontological model of the knowledge base is chosen. Testing of the developed ontological knowledge base was carried out and a rather high level of its correctness in the process of information retrieval was confirmed. The average metric on the SUM metric for all users is equal to 82.95%, which is an acceptable indicator of the ontological knowledge base. When using the classical relational model of database organization to implement the "travel" database, the average SUM metric for 10 users is 73.68%. An example of the developed ontology in Protege is considered, a graphic representation of the basic graph of the ontological mode "travel" is given, the model includes 10 classes and subclasses, for each class and subclass 2 properties-relations and from 2 to 10 properties-data are defined, an example is given classes of the ontological model of "travel", an example of "properties-relations" of the ontological model of "travel" is given, an example of "properties-data" of the ontological model of "travel" is given. Possible directions of further development of the ontological model "travel organization" are formulated.

Keywords: database; semantic search; Protege; criterion.

Інформація про авторів:

Сілагін Олексій Віталійович, канд. техн. наук, доцент, кафедра комп'ютерних наук. Email: avsilagin@vntu.edu.ua;

<https://orcid.org/0000-0001-7170-8012>

Денисюк Валерій Олександрович, канд. техн. наук, доцент, кафедра комп'ютерних наук та економічної кібернетики.

Email: vad64@i.ua; <https://orcid.org/0000-0003-1057-3518>

Цитування за ДСТУ: Сілагін О. В., Денисюк В. О. Онтологічне моделювання бази знань з організації подорожей. *Український журнал інформаційних технологій*. 2022, т. 4, № 1. С. 44–52.

Citation APA: Silagin, O. V., & Denysiuk, V. O. (2022). Ontological modelling of the knowledge base of the travel organization. *Ukrainian Journal of Information Technology*, 4(1), 44–52. <https://doi.org/10.23939/ujit2022.01.044>