УДК 004.77:640.43]:111.1
DOI: 10.31866/2617-796X.6.1.2023.283993

Ольга Ткаченко,
кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри інформаційних технологій,
Державний університет інфраструктури та технологій,
Київ, Україна
oitkachen@gmail.com
https://orcid.org/0000-0003-1800-618X

Олександр Грибок,
магістрант кафедри інформаційних технологій,
Державний університет інфраструктури та технологій,
Київ, Україна
sasha_prog@ukr.net
https://orcid.org/0009-0000-6355-0294

РОЗРОБКА ВЕБОРІЄНТОВАНИХ СИСТЕМ: ОНТОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД

Метою статті є дослідження, аналіз можливостей та обґрунтування створення веборієнтованої системи закладу харчування (піцерії) на основі використання онтологічного підходу, а також розробка відповідного програмного забезпечення. Досягнення мети проведеного дослідження передбачає виконання таких завдань, як формування багаторівневої онтологічної моделі предметної галузі (заклад харчування – піцерія) та розробка на її основі відповідної веборієнтованої системи.

Методами дослідження є основні методологічні підходи та технологічні засоби для розробки веборієнтованих систем на основі використання відповідної багаторівневої онтологічної моделі. Такими методами, зокрема, є: системний і порівняльний аналізи (для виявлення особливостей веборієнтованих систем закладів харчування), метод експертних оцінок (під час визначення об'єктів предметної галузі та відношень між ними).

Науковою новизною є дослідження та аналіз сучасних технологій розробки веборієнтованих систем і багаторівневого онтологічного моделювання різноманітних предметних галузей, зокрема закладів харчування (наприклад, піцерії), результати якого можна застосовувати під час розробки власного програмного продукту – веборієнтованої системи закладу харчування.

Висновки. У роботі досліджено відомі погляди на сучасний підхід до розробки веборієнтованих систем на основі використання онтологічного підходу. Запропоновану онтологічну модель закладу харчування (піцерії) описано як формальну специфікацію знань про обрану предметну галузь, її об'єкти та відношення між ними (для чіткого та повного представлення предметної галузі), що відіграє суттєву роль на різних етапах створення і модифікації веборієнтованої системи. Запропонований онтологічний підхід, який передбачає розробку відповідної багаторівневої онтологічної моделі, використано під час розробки веборієнтованої системи закладу харчування (піцерії).

© Ткаченко О. І.,
© Грибок О. В.

Використання онтологічної моделі під час розробки веборієнтованої системи закладу харчування (піцерії) сприяє зменшенню ризику виникнення помилок щодо структури системи, компонентного й елементного складу системи та її інформаційної бази; більш точному сприйняттю предметної галузі (закладів харчування, які спеціалізуються на різних кухнях народів світу (наприклад, українській, японській, американській), але надають перевагу італійській); використанню під час модельного представлення предметної галузі не тільки формалізованих засобів (формальних граматик, дескрипторних логік тощо), а й природних мов; здійсненню більш точних запитів до інформаційної бази системи (бази даних і відповідної бази знань).

Ключові слова: онтологія; онтологічна модель; інформаційна система; веборієнтована система; онтограф; редактор онтологій Protégé.

Вступ. Вимоги сучасного інформаційного суспільства обумовлюють підвищення складності інформаційних систем, які підтримують різні предметні галузі (домени) (Козак, 2010; Рогушина, 2017), та постійне поповнення й оновлення даних.

Підвищення складності інформаційних систем (у тому числі й веборієнтованих):

– висуває нові вимоги до процесів їх розробки, зокрема моделювання та конструювання;

– потребує швидкої безпомилкової адаптації та внесення змін у програмний продукт без втрати даних.

Сучасні інформаційні системи мають, зокрема:

– обробляти та генерувати великі обсяги даних різних форматів представлення, рівнів структуризації та з різних предметних галузей;

– використовувати сучасні інформаційні (інформаційні з елементами інтелектуалізації) технології (наприклад, хмарні);

– ґрунтуватися на модельному представленні об’єктів і процесів обраної предметної галузі чи декількох предметних галузей.

Серед моделей, які використовуються під час розробки програмних продуктів у різних предметних галузях, слід виділити, зокрема, такі моделі, як семантичні (Котов, 2012), ієрархічні (Базилевич та Франко, 2021), графові (Парасюк та Єршов, 2008) й онтологічні (Бабенко та Поляничко, 2004). Розробка інформаційних систем (веборієнтованих систем) на основі тих чи тих моделей є наразі актуальною проблемою, яка потребує свого ефективного вирішення.

У роботі розглянуто вирішення проблеми створення веборієнтованої системи на основі використання онтологічного підходу до опису об’єктів і процесів відповідної предметної галузі, у ролі якої виступає домен закладу харчування (піцерії). Відповідна онтологічна модель містить усі необхідні об’єкти та їх відношення між собою (для чіткого й повного представлення предметної галузі) та відіграє суттєву роль на етапах створення і модифікації веборієнтованої системи. Багато авторів розглядали проблеми розробки вебресурсів з використанням онтологічного підходу (Рогушина, 2018; Бойко, 2014; Піднебесна, 2020; Буров та Пасічник, 2015).

Сучасний користувач не хоче витрачати багато часу на виконання таких дій, як вибір замовлення та доставка їжі (зокрема, вибір піци, її замовлення). Тому роз-

робка відповідних програмних продуктів має виконуватися згідно зі всіма вимогами до сучасних інформаційних систем, у тому числі й веборієнтованих, здатних максимально ефективно обробляти запити та дані користувачів.

Для збереження своїх клієнтів і залучення нових доцільно, щоб заклад харчування (піцерія) використовував сучасну веборієнтовану систему, яка б відповідала всім вимогам як користувача (клієнта), так і самого закладу харчування.

Веборієнтована система закладу харчування (піцерії) має надавати користувачам можливість:

– ознайомлюватися з меню (з описом страв, їхнім складом, калорійністю тощо);
– швидко здійснювати замовлення страв з меню закладу;
– сплачувати своє замовлення, визначатися зі способом доставки замовлення;
– оцінювати заклад, страви, обслуговування тощо.

Така веборієнтована система може сприяти залученню нових клієнтів, сприяючи подальшому розвитку закладу харчування (піцерії), збільшуючи в такий спосіб його прибутки. Тому актуальність проблем розробки веборієнтованих систем закладів харчування не викликає сумнівів. І постає проблема підвищення ефективності розробки таких систем, коли підґрунтям цієї розробки стають нові технології, концепції та підходи.

Використання онтологічного підходу сприяє модельному представленню предметної галузі, завдяки якому в систему можуть бути привнесені елементи інтелектуалізації.

Мета роботи полягає в дослідженні й аналізі можливостей розробки веборієнтованої системи закладу харчування (піцерії) на основі використання онтологічного підходу. Завдання проведеного дослідження: формування багаторівневої онтологічної моделі предметної галузі (заклад харчування – піцерія), розробка на її основі відповідної веборієнтованої системи.

Результати дослідження. Робота закладу харчування, а саме піцерії, передбачає:

• з боку закладу:
– закупівлю продуктів;
– перевірку якості продуктів;
– вибір страв та їх приготування;
– обслуговування клієнтів;
– перевірку якості обслуговування;
– формування замовлень клієнтів;
– отримання плати за замовлення;
– видачу готових замовлень клієнтові (або кур’єрові);
• з боку клієнтів:
◊ отримання інформації про меню закладу, зокрема:
– яка кухня (італійська, українська, європейська, японська чи інша);
– калорійність (дієтична, вегетаріанська страва і т. п.);
– компоненти страви;
– вартість страви;

◊ отримання інформації про програми лояльності закладу, зокрема:
– знижки до дня народження;
– знижки, що залежать від суми замовлення;
– знижки, що залежать від обсягів замовлення;
– акційні страви;
– вибір страв для свого замовлення;
– отримання інформації про способи сплати замовлення;
– отримання інформації про способи доставки замовлення;
– здійснення сплати за замовлення;
– оцінювання закладу в цілому або окремих його компонентів;
– очікування замовлення.

Отже, можна стверджувати, що в разі роботи піцерії має здійснюватися обробка великого обсягу інформації, яку необхідно ще й постійно оновлювати. Аналізуючи процеси роботи піцерії, можна зробити висновок, що для їх модельного представлення оптимальним буде використання онтологічного підходу і відповідно онтологічної моделі. Така модель може стати основою для ефективного проєктування відповідної веборієнтованої системи закладу харчування (піцерії).

На відмінну від інших підходів (Бойко, 2012), онтологічний підхід до проєктування веборієнтованої системи формалізовано описує строгу структуризацію процесів, що відбуваються в закладі харчування, забезпечуючи формування модельно-керованої архітектури веборієнтованої системи закладу харчування (піцерії).

Онтологію предметної галузі визначимо як (Овдій та Проскудіна, 2004; Мейтус, 2009):
– множину об’єктів та їхніх властивостей, ознак, атрибутів;
– множину відношень між об’єктами та правилами їх застосування;
– інтерпретацію кожного об’єкта та відношення.

Опис (специфікація) об’єктів (концептів) предметної галузі може здійснюватися в різний спосіб. Наприклад, як множина цих об’єктів (за умови скінченності кількості цих об’єктів) або як результат використання породжувальної граматики, правил висновку тощо. Зазвичай онтологія представляє не всі елементи предметної галузі. Вона є динамічною моделлю, що може модифікуватися (зокрема, розширюватися, збільшуватися, включаючи нові об’єкти та їх відношення).

Опис (специфікація) відношень охоплює функції та предикати, безпосередньо пов’язані з множиною об’єктів предметної галузі. Опису підлягають:
– відношення, що формують представлення одних об’єктів (понять) через інші;
– правила, що визначають можливості дедуктивного або індуктивного висновків дескрипторної логіки, яка використовується для визначення (опису, завдання) онтології.

Відношення використовуються надалі для опису семантики об’єктів предметної галузі.

Інтерпретація об’єктів чи відношень передбачає відображення описів (специфікацій) об’єктів і відношень предметної галузі, установлюючи відповідність між елементами онтології (об’єктами, відношеннями) і представленням (поданням) предметної галузі. Залежно від концепції побудови інформаційної (веборієнтова-

ної) системи, ця відповідність може бути відображена засобами формальної чи природної мови.

В онтологічній моделі закладу харчування (піцерії) відображаються класи й екземпляри класів об'єктів предметної галузі, їх властивості, відношення та обмеження використання. Властивості, як і класи, можуть бути відображені відповідною ієрархією.

Формально онтологічна модель О предметної галузі може бути представлена таким чином:

$$O <X,R,F,T>,$$

де X – множина об'єктів (понять, термінів, концептів) предметної галузі (у нашому разі це заклади харчування, які спеціалізуються на різних кухнях народів світу, але надають перевагу італійській); R – множина відношень між об'єктами предметної галузі; F – множина функцій інтерпретації об'єктів і відношень предметної галузі.

Вибір саме онтологічної моделі обумовлюється, зокрема, тим, що така модель:

– надає достатньо високий рівень виразності структуризації предметної галузі (її об'єктів, що відображаються відповідними даними та знаннями), що забезпечує прозорість процесів розв'язання завдань проєктування веборієнтованої системи закладу харчування (піцерії);

– легко відображається за допомогою редактора онтологій Protégé мовою OWL DL (Патракеєв та Денисюк, 2019; Protégé, n.d.; McGuinness and Van Harmelen eds., 2004);

– сприяє достатньо простій інтеграції веборієнтованої системи закладу харчування (піцерії) з багатьма різними інтелектуальними застосунками та сервісами, які підтримують семантичну обробку інформації.

Онтологічний підхід до створення веборієнтованої системи закладу харчування (піцерії) є основою методології розробки програмного забезпечення цієї системи, забезпечуючи, зокрема:

• надання користувачеві (клієнту закладу харчування) можливості:

– здійснювати онлайн-замовлення, отримуючи достатньо повну інформацію про ті чи ті страви з меню закладу;

– брати участь у формуванні своєї індивідуальної страви, додаючи або видаляючи ті чи ті інгредієнти;

– оцінювати страви, які є в меню закладу;

– оцінювати обслуговування, яке відбувається як в онлайн-режимі, так і під час відвідування закладу;

– оцінювати сам заклад, надаючи йому, зокрема, рейтингову оцінку;

– брати участь у формулюванні побажань щодо різних складників функціонування закладу (наприклад, додавання нових страв, додавання страв інших кухонь, оновлення чи зміни рецептури наявної страви, обслуговування, дизайну, музичного супроводження, місця розташування закладу тощо);

• надання закладу харчування (піцерії) можливості, зокрема:

– оперативно реагувати на зміни ринку продуктів (наприклад, коли виникають проблеми з постачанням продуктів, їх якістю, ціною тощо);

– оперативно модифікувати меню згідно з побажаннями та вимогами користувачів (клієнтів закладу);

– визначати сумісності та несумісності використання інгредієнтів у процесі приготування тієї чи тієї страви;

– отримувати нових постачальників продуктів (через одержання інформації з веборієнтованої системи закладу щодо орієнтації закладу, продуктів харчування, які використовуються під час приготування страв, тощо);

– отримувати нових клієнтів (через одержання достатньо великого обсягу інформації з веборієнтованої системи закладу);

– оперативно реагувати на зауваження та рекомендації щодо обслуговування, засобів оплати, меню, місця розташування тощо.

Онтологічний підхід до створення бази знань про піцерію передбачає розробку спеціальної онтології – формальної моделі знань про піцерію та складові компоненти (елементи) її функціонування.

Розроблена онтологічна модель предметної галузі (піцерії) для організації замовлення з боку клієнта охоплює такі основні класи, як:

1. Ресторани.
2. Види кухонь.
3. Рейтинг.
4. Дієта.

Відображення онтографа онтологічної підмоделі *замовлення*, яке здійснене за допомогою використання редактора онтологій Protégé (Патракеєв та Денисюк, 2019, Protégé, n.d.), наведено на рис. 1.

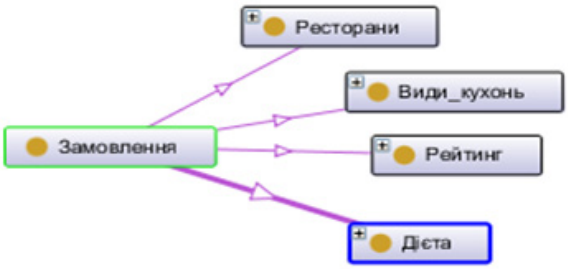

Рис. 1. Основні класи онтологічної моделі *замовлення*

Клас *ресторани* містить інформацію про ресторани різних кухонь, страви яких користувач може додати у своє замовлення.

Клас *види кухонь* містить 4 підкласи кухонь різних країн, зокрема таких, як українська, італійська, американська, японська (рис. 2).

Клас *рейтинг* містить інформацію рейтингу ресторану.

Клас *дієта* містить два підкласи:

– калорійність (містить опис кількості жирів, білків, вуглеводів у кожній страві меню);

– рекомендації (містить рекомендації щодо споживання страв меню).

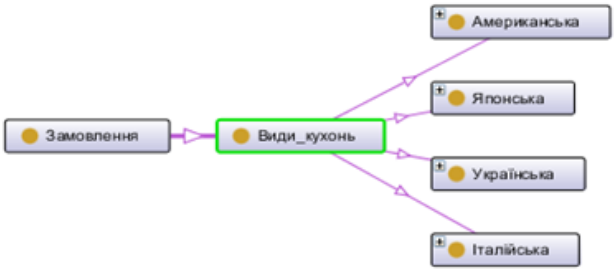

Рис. 2. Основні підкласи класу *види кухонь*

Українська кухня є багатою і різноманітною, відображає традиції та звичаї українського народу, має свої унікальні особливості, що обумовлено, зокрема, впливом харчових уподобань різних регіонів та історичних періодів.

Традиційними стравами української кухні є борщ і вареники. Ці страви мають різні варіанти приготування та споживання залежно від регіону країни. Для тих, хто полюбляє м'ясні страви, українська кухня надає величезний вибір, включаючи, зокрема, різного виду ковбаси (варені, копчені, смажені, з різних інгредієнтів тощо), крученики, котлети.

Онтологічна підмодель *українська* (для опису української кухні) використовує такі категорії страв:

1. Гарніри.
2. Гриль-меню.
3. Перші страви.
4. Салати.
5. Напої.

Онтограф онтологічної підмоделі *українська* (для опису української кухні), що побудований у редакторі онтологій Protégé, представлено на рис. 3.

Онтологічна підмодель *італійська* (для опису італійської кухні) – складна система понять і відношень, яка дає змогу достатньо повно описати сутність і характеристики цієї кухні. Ця підмодель містить у собі різноманітні категорії, що відображають важливі аспекти італійської кулінарії.

Клас *італійська* містить підклас *піци*, у якому більш детально описано традиційну й дуже популярну у світі італійську страву (рис. 4).

Онтологічна підмодель *піци* – система понять і відношень, яка сприяє розумінню сутності та характеристик цієї класичної італійської страви. Вона охоплює, зокрема, такі категорії, як *інгредієнти*, *тісто_для_піци*, *розмір_піци*, *бортик* (для опису типу бортика піци), традиції приготування та регіональні особливості (рис. 5).

Тісто_для_піци – категорія, що відображає варіації тіста для піци, наприклад, найбільш популярними є пухке й тонке тісто.

Бортик – категорія, що відображає варіації бортика для піци; найпопулярнішими є звичайний, філадельфія та бортик хот-дог.

Розмір_піци – категорія, що відображає варіації розміру піци.

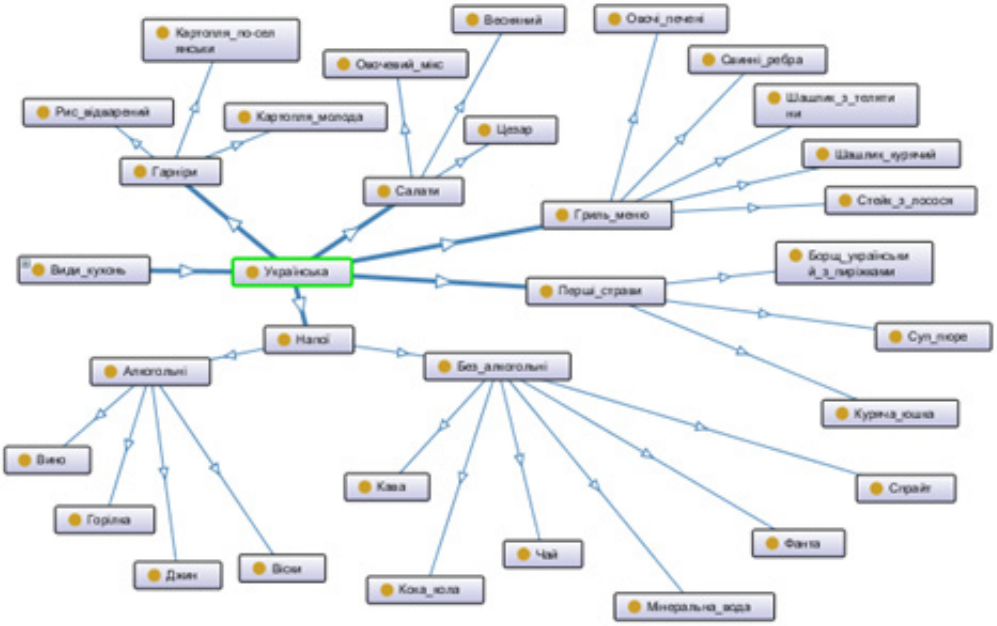

Рис. 3. Онтологічна підмодель *українська*

Рис. 4. Підкласи класу *італійська*

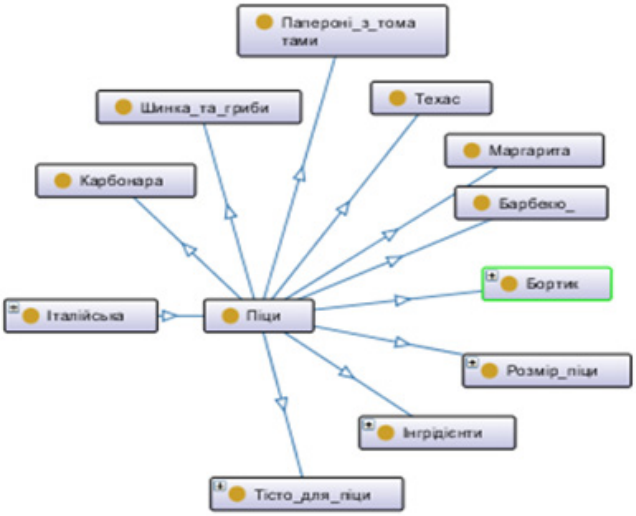

Рис. 5. Онтограф онтологічної підмоделі *піци*

Інгредієнти – невід'ємний складник будь-якої піци. Найбільш популярними інгредієнтами є овочі, м'ясо, сир, соус. Онтограф підмоделі *інгредієнти*, зображений на рис. 6, описує, зокрема, такі об'єкти, як:

– тісто – складник піци, що є основою для створення її коржа; може мати різні види (тонке, товсте, пухке тощо) та різні складники (борошно, воду, дріжджі, сіль тощо);

– соус – складник піци, що наноситься на корж перед додаванням інших компонентів; соус може бути різних видів (томатний, білий, песто тощо);

– сир – складник піци, яка є однією з її основних компонентів. Сир може бути різних видів (моцарела, пармезан, чедер, гауда тощо).

У підмоделі *піци* визначені відношення між складниками (інгредієнтами). Наприклад, тісто може мати варіанти (тонке, середнє та товсте), а розмір піци може впливати на кількість складників, які використовуються. Крім того, можуть бути визначені відношення між типами піц, які можуть мати спільні складники (наприклад, м'ясо, овочі). Кожен складник має свій смак і впливає на характеристики піци в цілому.

У підмоделі *піци* визначаються правила й обмеження для складання піци. Наприклад, певні компоненти не можна використовувати разом, або певні типи піци не можуть мати деякі складники.

Загальний вигляд онтологічної підмоделі *італійська* (для опису італійської кухні) зображено на рис. 7.

Деякі аспекти функціонування веборієнтованої системи закладу харчування, розробленої за допомогою онтологічного підходу, зображені на рис. 8 (головне вікно), рис. 9 (вікно вибору ресторану), рис. 10 (вікно надання інформації про піци в закладі «Піца Day»).

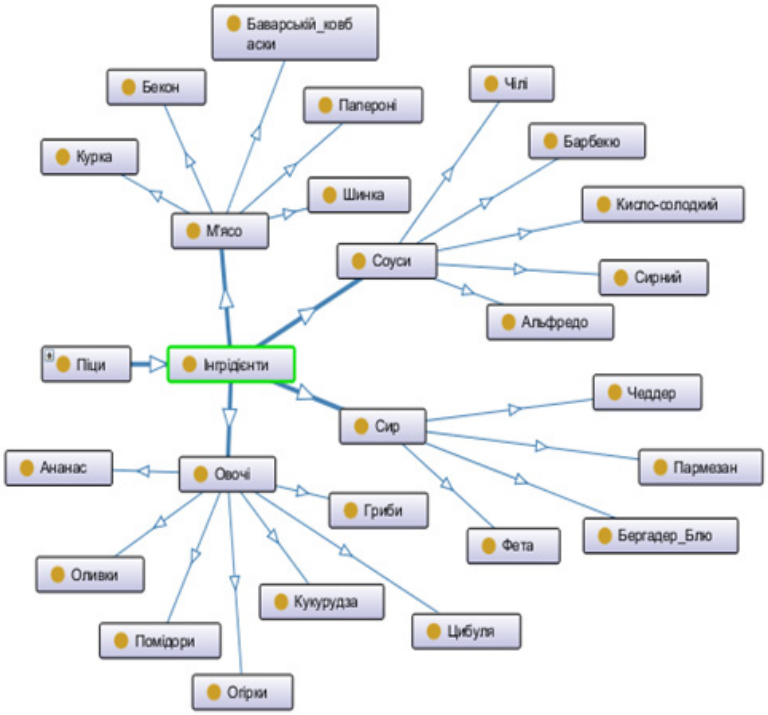

Рис. 6. Онтологічна підмодель *інгредієнти*

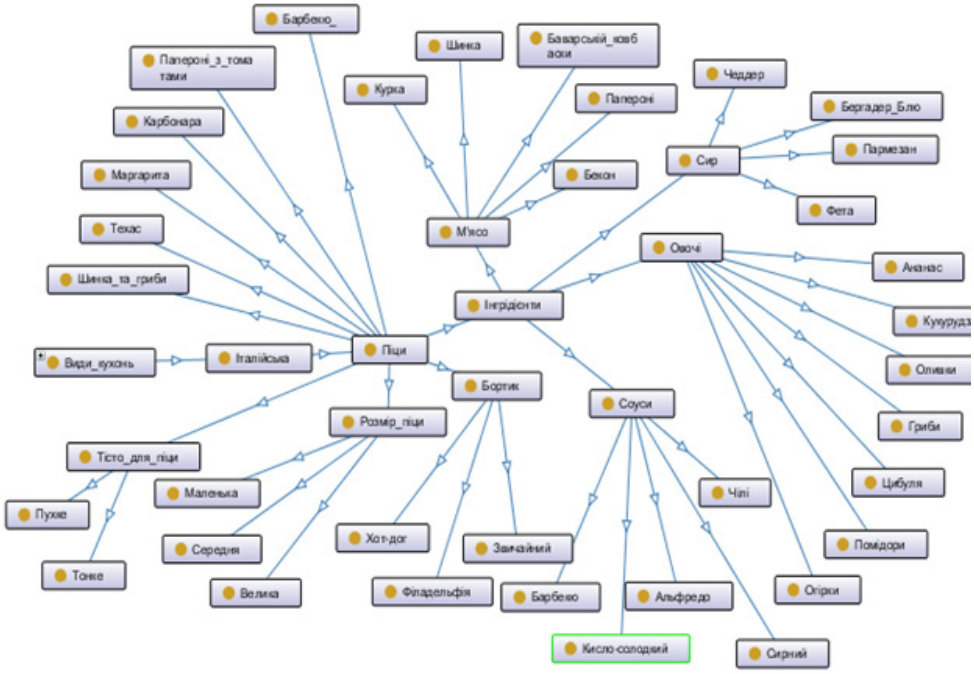

Рис. 7. Онтограф підмоделі *італійська*

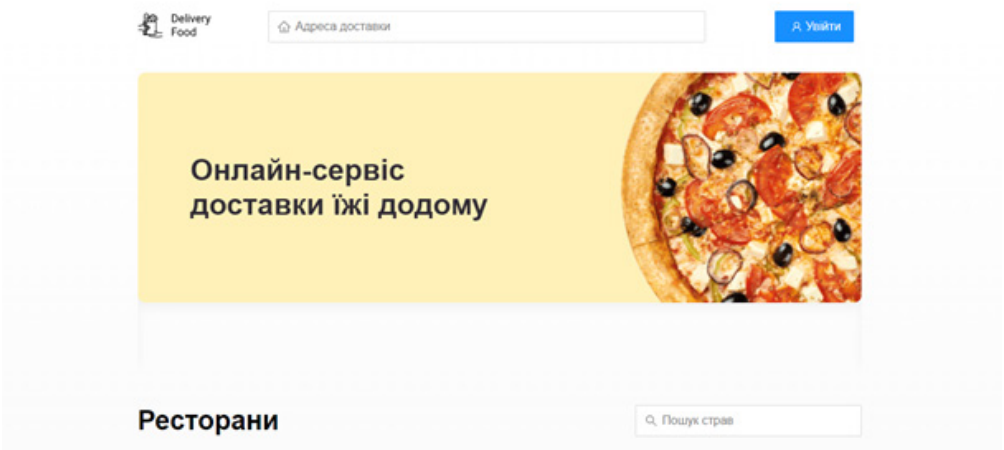

Рис. 8. Головне вікно веборієнтованої системи закладу харчування

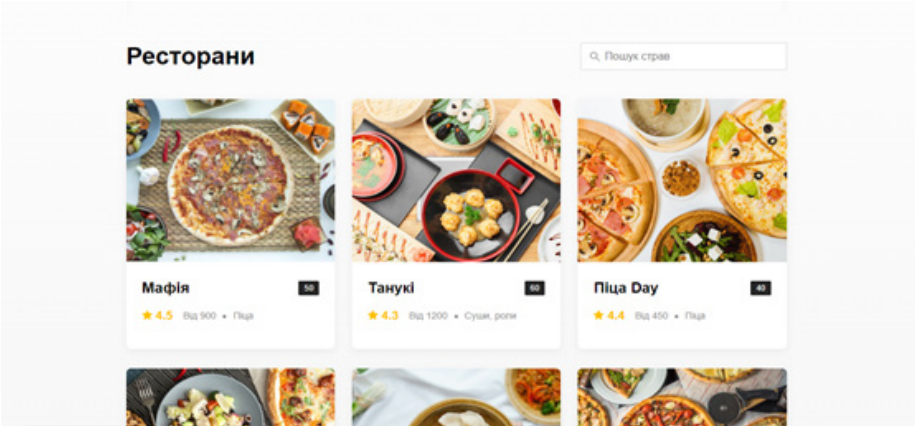

Рис. 9. Вікно вибору ресторанів у веборієнтованій системі закладу харчування

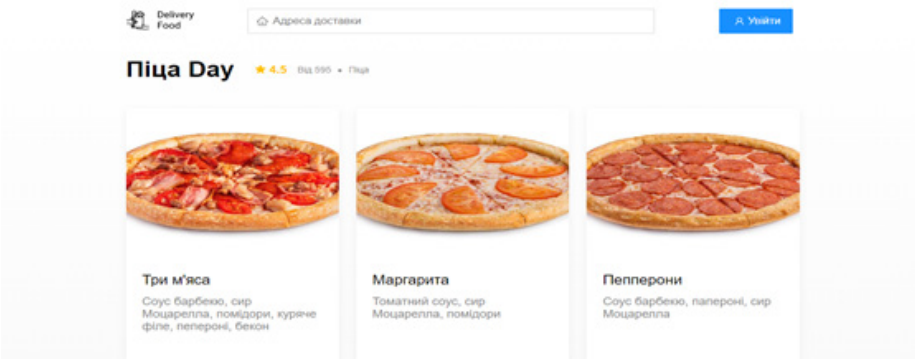

Рис. 10. Вікно надання інформації про види піц у закладі «Піца Day»

Висновки. Онтологічну модель закладу харчування (піцерії) описано як формальну специфікацію знань про обрану предметну галузь, її об'єкти та відношення між ними. Цю модель використано під час розробки веборієнтованої системи закладу харчування (піцерії).

Використання онтологічної моделі під час розробки веборієнтованої системи закладу харчування (піцерії) сприяє:

– зменшенню ризику виникнення помилок щодо структури системи, компонентного й елементного складу системи та її інформаційної бази;

– більш точному сприйняттю предметної галузі (закладів харчування, які спеціалізуються на різних кухнях народів світу, але надають перевагу італійській);

– використанню під час модельного представлення предметної галузі не тільки формалізованих засобів (мов, граматик, дескрипторних логік тощо), а й природних мов;

– здійсненню більш точних запитів до інформаційної бази системи (бази даних і відповідної бази знань).

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

Бабенко, Л.П. та Поляничко, С.Л., 2004. Онтологічні моделі опису готових ресурсів у розробці програм. *Проблеми програмування,* [online] 2-3, с.173-179. Доступно: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/2281/24%20-%20Babenko.pdf?sequence=1> [Дата звернення 27 березня 2023].

Базилевич, Р.П. та Франко, А.В., 2021. Ієрархічна модель систем автоматизованого генерування модульних тестів. *Науковий вісник НЛТУ України,* [online] 31 (5), с.96-101. Доступно: <https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2021/31_5/17.pdf> [Дата звернення 24 березня 2023].

Бойко, Н.І., 2012. Моделювання Web-орієнтованих систем та напрямки розвитку Web-ресурсів. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Інформаційні системи та мережі,* [online] 743, с.16-25. Доступно: <http://science.lp.edu.ua/sites/default/files/Papers/02_136.pdf> [Дата звернення 22 березня 2023].

Бойко, Н.І., 2014. Методи та інструменти моделювання інформаційних процесів. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Інформаційні системи та мережі,* [online] 805, с.361-367. Доступно: <http://science.lp.edu.ua/sites/default/files/Papers/40_81.pdf> [Дата звернення 27 березня 2023].

Козак, І.А., 2010. Інфраструктура онтологічного моделювання інформаційних систем віртуальних організацій. В: *Структурні зміни в економіці та освіті під впливом інформаційно-комунікаційних технологій*, Матеріали міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції. Полтава, Україна, 3-14 червня 2010. [online] Полтава, с.46-49. Доступно: <https://core.ac.uk/download/pdf/300239563.pdf> [Дата звернення 25 березня 2023].

Котов, І.А., 2012. Семантичні мережі як компонент уніфікованої моделі подання знань в інтелектуальних системах. *Технологічний аудит та резерви виробництва,* [online] 5(2)(7), с.21-22. Доступно: <https://core.ac.uk/download/pdf/288833104.pdf> [Дата звернення 26 березня 2023].

Мейтус, В.Ю., 2009. Інтелектуальні системи, онтології та онтологічні простори. *Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки,* [online] 99, с.4-14. Доступно: <https://core.ac.uk/download/pdf/149242313.pdf> [Дата звернення 26 березня 2023].
Овдій, О.М. та Проскудіна, Г.Ю., 2004. Онтології у контексті інтеграції інформації: представлення, методи та інструменти побудови. *Проблеми програмування*, [online] 2-3, с.353-365 Доступно: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/1683/48%20-%20Ovdiy.pdf> [Дата звернення 22 березня 2023].
Парасюк, І.М. та Єршов, С.В., 2008. Моделе-орієнтовані методи побудови та оцінювання програмних архітектур на основі нечітких графів. *Проблеми програмування*, [online] 2-3, с.181-190. Доступно: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/1451/24%20-%20 parasuk. df?sequence=1> [Дата звернення 27 березня 2023].
Патракеєв, І. та Денисюк, Б., 2019. Моделювання баз знань в редакторі онтологій PROTÉGÉ. *Містобудування та територіальне планування*, [online] 71, с.271-282. Доступно: <http://mtp.knuba.edu.ua/article/view/220746> [Дата звернення 26 березня 2023].
Піднебесна, Г.А., 2020. Конструювання комплексу інструментальних засобів індуктивного моделювання з використанням онтологій. *Control Systems and Computers,* [online] 6, с.46-54. Доступно: <http://usim.org.ua/arch/2020/6/7.pdf> [Дата звернення 26 березня 2023].
Рогушина, Ю.В., 2017. Використання онтологічних знань інтелектуальними агентами. *Проблеми програмування,* [online] 2, с.82-95. Доступно: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/144478/07-Rogushina.pdf?sequence=1> [Дата звернення 24 березня 2023].
Рогушина, Ю.В., 2018. Теоретичні засади застосування онтологій для семантизації ресурсів Web. *Проблеми програмування*, [online] 2-3, с.197-203. Доступно: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/144600> [Дата звернення 10 березня].
McGuinness, D. and Van Harmelen, F. eds., 2004. OWL Web Ontology Language: Overview. *W3C Recommendation*, [online] 10 February. Available at: <http://www.w3.org> [Accessed 10 March 2023].
Protégé, n.d. [online] Available at: <http://protrgrwiki.stanfotd.edu/index.php/ ProtégéUserDocs> [Accessed 10 March 2023].

REFERENCES

Babenko, L.P. and Polianychko, S.L., 2004. Ontolohichni modeli opysu hotovykh resursiv u rozrobtsi prohram [Ontological models of description of ready-made resources in program development]. *Problems in Programming*, [online] 2-3, pp.173-179. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/2281/24%20-%20Babenko.pdf?sequence=1> [Accessed 27 March 2023].
Bazylevych, R.P. and Franko, A.V., 2021. Iierarkhichna model system avtomatyzovanoho heneruvannia modulnykh testiv [Hierarchical model of systems for automated generation of unit tests]. *Scientific bulletin of UNFU*, [online] 31 (5), pp.96-101. Available at: <https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2021/31_5/17.pdf> [Accessed 24 March 2023].
Boiko, N.I., 2012. Modeliuvannia Web-oriientovanykh system ta napriamky rozvytku Web-resursiv [Modeling of Web-oriented systems and directions of development of Web-resources]. *Journal of Lviv Polytechnic National University. Information systems and networks,* [online] 743, pp.16-25. Available at: <http://science.lp.edu.ua/sites/ default/files/Papers/02_136.pdf> [Accessed 22 March 2023].

Boiko, N.I., 2014. Metody ta instrumenty modeliuvannia informatsiinykh protsesiv [Methods and tools for modeling information processes]. *Journal of Lviv Polytechnic National University. Information systems and networks*, [online] 805, pp.361-367. Available at: <http://science.lp.edu.ua/sites/default/files/Papers/40_81.pdf> [Accessed 27 March 2023].

Kotov, I.A., 2012. Semantychni merezhi yak komponent unifikovanoi modeli podannia znan v intelektualnykh systemakh [Semantic networks as a component of a unified model of knowledge representation in intelligent systems]. *Technology audit and production reserves,* [online] 5(2) (7), pp.21-22. Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/288833104.pdf> [Accessed 26 March 2023].

Kozak, I.A., 2010. Infrastruktura ontolohichnoho modeliuvannia informatsiinykh system virtualnykh orhanizatsii [Infrastructure of ontological modeling of information systems of virtual organizations]. In: *Strukturni zminy v ekonomitsi ta osviti pid vplyvom informatsiino-komunikatsiinykh tekhnolohii* [Structural changes in the economy and education under the influence of information and communication technologies], Materials of the international scientific and practical Internet conference. Poltava, Ukraine, 3-14 June 2010. [online] Poltava, pp.46-49. Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/300239563.pdf> [Accessed 25 March 2023].

McGuinness, D. and Van Harmelen, F. eds., 2004. OWL Web Ontology Language: Overview. *W3C Recommendation*, [online] 10 February. Available at: <http://www.w3.org> [Accessed 10 March 2023].

Meitus, V.Iu., 2009. Intelektualni systemy, ontolohii ta ontolohichni prostory [Intellectual systems, ontologies and ontological spaces]. *NaUKMA Research Papers. Computer Science*, [online] 99, pp.4-14. Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/149242313.pdf> [Accessed 26 March 2023].

Ovdii, O.M. and Proskudina, H.Iu., 2004. Ontolohii u konteksti intehratsii informatsii: predstavlennia, metody ta instrumenty pobudovy [Ontologies in the context of information integration: representations, methods and tools of construction]. *Problems in Programming*, [online] 2-3, pp.353-365 Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/1683/48%20-%20Ovdiy.pdf> [Accessed 22 March 2023].

Parasiuk, I.M. and Yershov, S.V., 2008. Modele-oriientovani metody pobudovy ta otsiniuvannia prohramnykh arkhitektur na osnovi nechitkykh hrafiv [Model-oriented methods of building and evaluating software architectures based on fuzzy graphs]. *Problemy prohramuvannia*, [online] 2-3, pp. 181-190. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/1451/24%20-%20 parasuk. df?sequence=1> [Accessed 27 March 2023].

Patrakeiev, I. and Denysiuk, B., 2019. Modeliuvannia baz znan v redaktori ontolohii PROTÉGÉ [Modeling knowledge bases in the PROTÉGÉ ontology editor]. *Urban development and spatial planning*, [online] 71, pp.271-282. Available at: <http://mtp.knuba.edu.ua/article/view/220746> [Accessed 26 March 2023].

Pidnebesna, H.A., 2020. Konstruiuvannia kompleksu instrumentalnykh zasobiv induktyvnoho modeliuvannia z vykorystanniam ontolohii [Construction of a set of inductive modeling tools using ontologies]. *Control Systems and Computers*, [online] 6, pp.46-54. Available at: <http://usim.org.ua/arch/2020/6/7.pdf> [Accessed 26 March 2023].

Protégé, n.d. [online] Available at: <http://protrgrwiki.stanfotd.edu/index.php/ ProtégéUserDocs> [Accessed 10 March 2023].

Rohushyna, Yu.V., 2017. Vykorystannia ontolohichnykh znan intelektualnymy ahentamy [Use of ontological knowledge by intelligent agents]. *Problems in Programming*, [online] 2, pp.82-95. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/144478/07-Rogushina.pdf?sequence=1> [Accessed 24 March 2023].

Rohushyna, Yu.V., 2018. Teoretychni zasady zastosuvannia ontolohii dlia semantyzatsii resursiv Web [Theoretical foundations of the application of ontologies for the semanticization of Web resources]. *Problemy prohramuvannia*, [online] 2-3, pp.197-203. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/144600> [Accessed 10 March].

UDC 004.77:640.43]:111.1

Olha Tkachenko,
PhD in Physics and Mathematics,
Associate Professor at the Department of Information Technologies,
State University of Infrastructure and Technology,
Kyiv, Ukraine
oitkachen@gmail.com
https://orcid.org/0000-0003-1800-618X

Oleksandr Hrybok,
Master's Student at the Department of Information Technologies,
State University of Infrastructure and Technology,
Kyiv, Ukraine
sasha_prog@ukr.net
https://orcid.org/0009-0000-6355-0294

DEVELOPMENT OF WEB-ORIENTED SYSTEMS: ONTOLOGICAL APPROACH

The purpose of the article is to study, analyze the possibilities and substantiate the creation of a web-oriented system of a catering establishment (pizzeria) based on the ontological approach, as well as to develop the corresponding software. Achieving the aim of the study involves the following tasks: forming a multi-level ontological model of the subject area (catering establishment – pizzeria) and developing an appropriate web-oriented system on its basis.

The research methods are the main methodological approaches and technological tools for web-based systems development based on the use of an appropriate multi-level ontological model. Such methods include, in particular, systemic and comparative analyses (to identify the features of web-oriented systems of catering establishments) and the expert evaluation method (in determining the objects of the subject area and the relations between them).

The scientific novelty is the study and analysis of modern technologies for the development of web-oriented systems and multi-level ontological modelling of various subject areas, including catering establishments (e.g., pizzerias), the results of which can be used in the development of their software product – a web-oriented system of a catering establishment.

Conclusions. The paper investigates the known views on the modern approach to the development of web-oriented systems based on the implementation of the ontological approach. The proposed ontological model of a catering establishment (pizzeria) is described as a formal specification of knowledge about the selected subject area, its objects and the relationship between them (for a clear and complete representation of the subject area), which plays a significant role at different stages of creating and modifying a web-oriented system. The proposed ontological approach, which involves the development of an appropriate multi-

level ontological model, has been used in the design of a web-based system for a restaurant (pizzeria).

The use of an ontological model in the development of a web-based system of a catering establishment (pizzeria) helps to reduce the risk of errors in the structure of the system, the component and elemental composition of the system and its information base; more accurate perception of the subject area (catering establishments specializing in different cuisines of the peoples of the world (for example, Ukrainian, Japanese, American, but preferring Italian); use in the model representation of the subject area not only formalized means (formal grammar, descriptive logic, etc.) but also natural languages; making more precise queries to the system's information base (database and the corresponding knowledge base).

Keywords: ontology; ontological model; information system; web-oriented system; ontographer; Protégé ontology editor.

04.04.2023