

Національна академія наук України  
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору

**ПРИХОДНЮК ВІТАЛІЙ ВАЛЕРІЙОВИЧ**

УДК 004.82 + 004.91 + 005.94 + 528.065/.067

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ ТРАНСДИСЦИПЛІНАРНОГО  
ПРЕДСТАВЛЕННЯ ГЕОПРОСТОРОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ – 2017

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Інституті телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, старший науковий співробітник,  
**Стрижак Олександр Євгенійович**,  
заступник директора з наукової роботи  
Національного центру «Мала академія наук України»

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Соловійова Катерина Олександрівна**,  
Харківський національний університет радіоелектроніки,  
завідувач кафедри соціальної інформатики

кандидат технічних наук, доцент  
**Крижановський Євгеній Миколайович**,  
Вінницький національний технічний університет  
доцент кафедри системного аналізу, комп'ютерного  
моніторингу та інженерної графіки

Захист відбудеться 25 січня 2018 р. о 13<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.255.01 в Інституті телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України (03186, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13, ауд. 601).

Із дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України (03186, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13).

Автореферат розіслано 22 грудня 2017 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради,  
кандидат технічних наук



О. Г. Лебідь

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність дослідження.** Швидке зростання об'ємів тематичної інформації і потреба в якісній її обробці викликає необхідність створення ефективних методів і засобів отримання, аналізу та перетворення такої інформації в зручну для опрацювання форму. Аналіз досліджуваної інформації ускладнюється тим, що значна її частина міститься в слабо структурованих або неструктурованих документах (зокрема, природномовних (ПМ) текстах), що викликає необхідність створення відповідних методів і засобів її структуризації. Таким чином, актуальним є завдання ідентифікації описаних у ПМ текстах об'єктів, а також їх характеристик і зв'язків між ними.

Надалі такий процес дозволить сформувати топологічну структуру тексту у вигляді онтології. Її можна використовувати для створення інформаційного середовища корпоративних систем і для надання допомоги фахівцю у виборі та прийнятті рішень за заданою проблематикою. Структуризація інформації сприятиме високоякісному її представленню та надасть низку переваг. Зокрема, її структуризація дозволяє виявляти приховані закономірності, які не можна віднайти іншими методами. Створення та застосування можливостей складних та знання-орієнтованих інформаційних систем розглядалися у дослідженнях Глушкова В. М., Гладуна В. П., Палагіна О. В., Широкова В. А., Хорошевського В. Ф., Поспелова Д. А., Овдій О. М., Гаврилової Т. А., Загорулька Ю. А., Малишевського А. В., Андона П. І., Валькмана Ю. Р., Соловйової К. О., Стрижака О. Є., Яловця А. Л., Gruber T., Guarino N., Noy N., Corcho O., Gomez-Perez A., Gruninger M., Fernandez-Lopez M., Happel H., McGuinness D., Lee J. та інших.

Під час роботи з геопросторовою інформацією наявна інформація найефективніше представляється за допомогою геоінформаційних систем (ГІС), що характеризуються найбільш природним для людини поданням як просторової, так і атрибутивної інформації про розташовані в просторі об'єкти. Тому робота з масивами такої інформації вимагає формування ГІС-додатків у якості кінцевих результатів. Застосуванню можливостей ГІС для представлення просторово-розподіленої інформації в процесі розв'язання задач присвячено роботи Васюхіна М. І., Довгого С. О., Красовського Г. Я., Лялька В. І., Мокіна В. Б., Палехи Ю. М., Попова М. О., Стрижака О. Є., Трофимчука О. М., Aronoff S, Smith B., Stock O. та інших.

Також у наш час розвивається трансдисциплінарний підхід щодо інтегрованого використання інформаційних, а особливо геопросторових ресурсів. Такий підхід репрезентує розширення наукового світогляду, що полягає в розгляді того чи іншого явища поза рамками будь-якої наукової дисципліни та забезпечує представлення інформаційного середовища на основі використання множинної часткової впорядкованості гіпервідношень між множинами таксономічних і операціональних властивостей онтологічних моделей предметних областей. Дослідженню трансдисциплінарності приділяють увагу такі науковці, як Князева О. М., Лисак Л. В., Мокій М. С., Палагін О. В., Пригожин І. Р., Стрижак О. Є., Широков В. А., Naken H., Kahneman D., Köhler W., Morin E., Nicolescu B., Piage J., Pink D., Polak F.,

Rose J., Stengers I., Whole A. та інші. Проте в даний момент ще не створено засобів для єдиного представлення об'єктів та процесів у трансдисциплінарному вигляді.

Таким чином, дисертаційне дослідження має важливе наукове та практичне значення, оскільки спрямоване на вирішення актуальної науково-технічної проблеми, а саме підвищення ефективності формування ГІС на основі масивів слабо структурованої і неструктурованої інформації.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, темами, планами.** Дисертацію виконано в межах наукових тем Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору: «Розроблення програмно-апаратного комплексу безперервного контролю за станом здоров'я людини, що підключений до інформаційно-аналітичної телемедичної системи надання медичних послуг» 2013–2015 рр. (ДР № 0110U002721), «Науково-технологічні засади формування інформаційно-освітнього простору на основі використання комп'ютерних онтологічних описів мережних баз знань» 2013–2015 рр. (ДР № 0112U007539), «Створення інформаційних та алгоритмічних моделей і засобів трансдисциплінарної інтеграції мереж знань», 2014–2016 рр. (ДР № 0113U004981), «Створення програмно-інформаційних засобів інформаційно-аналітичного забезпечення мережецентричних ситуаційних центрів», 2016–2020 рр. (ДР № 0116U000794) та «Створення методів та технологічних засад формування інтерактивних баз знань», 2017–2021 рр. (ДР № 017U000005). Також дисертаційне дослідження є частиною наукових тем Національного центру «Мала академія наук України»: «Розробка методів і засобів формування та використання мережних систем знань для створення електронних площадок віртуальних навчально-дослідницьких лабораторій», 2014–2016 рр. (ДР № 0114U002173), «Створення інформаційно-аналітичної системи та методичних засобів моніторингу та оцінювання навчальних досягнень учнівської молоді на основі онтологій рішення задачі вибору», 2014–2016 рр. (ДР № 0114U002173), «Створення інформаційно-аналітичної системи та методичних засобів моніторингу та оцінювання навчальних досягнень учнівської молоді на основі онтологій рішення задачі вибору», 2015–2017 рр. (ДР № 0115U002523), «Науково-технологічні засади створення та використання онтологічних засобів формування мережецентричного середовища віртуальних навчально-дослідницьких лабораторій», 2017–2019 рр. (ДР № 0117U004042).

Роль автора в науково-дослідних роботах та проектах полягає в розробці методів, засобів та відповідної інформаційної технології трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації у формі інтерактивних документів та у вигляді онтологічних ГІС-додатків.

**Об'єкт дослідження** – інформаційні технології, що реалізують структурування природномовних документів та формування на їх основі онтологічних ГІС-додатків.

**Предмет дослідження** – моделі, методи та засоби трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації та формування на їх основі онтологічних ГІС-додатків.

**Метою дослідження** є створення онтологічної моделі і засобів трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації та формування на

їх основі онтологічних ГІС-додатків. Реалізація поставленої мети передбачає виконання комплексу завдань:

1. Проаналізувати та узагальнити існуючі методи та засоби використання онтологій при формуванні тематичних ГІС-додатків.

2. На прикладі онтологічних моделей ГІС-додатків, які базуються на множинності класів просторових об'єктів, розробити концептуальні моделі трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації.

3. Розробити методи трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації у процесі структуризації природномовних контекстів, які відображають семантичні властивості просторових об'єктів.

4. Дослідити системотехнічні принципи трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації та формування і функціонування на її основі онтологічних ГІС-додатків, класи просторових об'єктів яких мають велику кількість міждисциплінарних зв'язків та характеризуються гіпермножинністю.

5. Створити мережеві програмно-інформаційні засоби трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації на основі обробки природномовних текстів.

6. Створити інструментальні засоби формування трансдисциплінарних онтологічних додатків у середовищі ГІС.

7. Експериментально підтвердити ефективність роботи розроблених моделей і програмно-інформаційних засобів формування онтологічних ГІС-додатків на основі трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації.

**Методи та теоретичні засади дослідження.** Для розв'язання поставлених задач було використано такі методи: *для розробки методів розв'язання задач* – теорія складних систем, системний аналіз, теорія множин, теорія графів, лямбда-числення; *для формалізації представлення знань* – алгебро-логічний та аксіоматичний методи, теорія категорій; *для програмної реалізації інформаційної технології* – шаблони проектування та об'єктно-орієнтований аналіз.

**Наукова новизна дослідження визначається тим, що вперше:**

- створено модель трансдисциплінарного представлення документів на основі множинної часткової впорядкованості гіпервідношень між множинами онтологій і натуральних систем;
- розроблено онтологічну модель інтерактивного документа, як технологічної основи формування тематичних шарів у середовищі онтологічної ГІС на основі множинної типізації;
- розроблено метод структуризації природномовних текстів на основі правил, представлених за допомогою безтипових лямбда-виразів;
- розроблено предикативне представлення рекурсивного редуктора, призначеного для формування множин бінарних відношень між термінами, які визначають контексти документів, що обробляються;
- удосконалено теорію трансдисциплінарних онтологічних систем на основі безтипових лямбда-виразів;
- удосконалено методи підтримки взаємодії користувачів з просторово розподіленими інформаційними ресурсами, які застосовують засоби

онтологічної уніфікації представлення інформаційних одиниць предметних областей.

**Практичне значення** дисертаційного дослідження полягає в:

- реалізації програмних засобів формування тематичних бібліотек інтерактивних документів на основі процедур редукції природномовних текстів за допомогою правил, представлених у вигляді безтипових лямбда-виразів;
- реалізації процедури динамічного формування тематичних шарів онтологічних ГІС-додатків на основі онтологій інтерактивних документів;
- удосконаленні технологічних аспектів об'єктно-орієнтованого підходу до створення ГІС-додатків на основі формування тематичних шарів, що будуються з використанням онтологій трансдисциплінарних перетворень геопросторової інформації;
- удосконаленні мережевих інструментів ІТ-ТОДОС, що можуть бути використані для трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації у вигляді онтологічних ГІС-додатків.

Практичне значення одержаних результатів дослідження підтверджується актами про впровадження в наукову та прикладну діяльність: кафедри медичної інформатики Національної медичної академії післядипломної освіти ім. П. Л. Шупика, Інституту модернізації змісту освіти МОН, ПРАТ «ЕСОММ», ТОВ «Експерт-Центр», Національного музею Тараса Шевченка, Одеського науково-дослідного інституту судових експертиз Мін'юсту України, Інституту водних проблем меліорації НААН України, Комітету з питань будівництва, містобудування і житлово-комунального господарства Верховної ради України.

**Особистий внесок здобувача.** Всі результати, які становлять основний зміст дисертації, автор отримав самостійно. Роботи [5, 16–18] виконувались без співавторів. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, автору дисертації належать: узагальнена процедура формування таксономії документів [1, 7, 12–13]; технологія реалізації онтологічних перетворень [6]; узагальнена структура функціонування рекурсивного редуктора [2]; опис аплікативних правил, що задають перетворення ідентифікації [14–15]; опис предикатів ідентифікації географічної інформації, а також інтерфейсів керування редукцією текстів [3]; процедура інтеграції онтологічних додатків у певні типи інформаційних систем [4, 8–11].

**Апробація результатів.** Основні положення та результати дисертаційного дослідження було обговорено та викладено в доповідях на: XV і XVI Міжнародних конференціях «Системний аналіз та інформаційні технології» (м. Київ, 2013 р., 2014 р.); конференції «Управление знаниями и конкурентная разведка» (м. Харків, 2013 р., 2014 р., 2015 р., 2016 р., 2017 р.), XV і XVI Міжнародних науково-практичних конференціях «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях» (м. Київ, Пуща-Водиця, 2016 р., 2017 р.), XX Міжнародній науковій конференції «Knowledge-Dialogue-Solution» (м. Київ, 2014р), XVI Міжнародній науковій конференції «Інтелектуальний аналіз інформації» ім. Т. А. Таран (м. Київ, 2016 р.), II міжнародній науково-практичній конференції «Геоінформаційні технології у територіальному управлінні» (м. Одеса, 2015 р.), XIV міжнародній науково-

практичній конференції «Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем» (м. Київ, 2017 р.).

**Публікації.** За матеріалами дисертації надруковано 18 наукових праць, серед яких 6 статей у фахових наукових виданнях (із них: 1 – одноосібна, 2 – в наукових періодичних виданнях іноземних держав, 4 – у виданнях України, що включено до міжнародних наукометричних баз), 4 – монографії, 8 – в інших виданнях, збірниках і матеріалах наукових конференцій.

**Структура роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (150 позицій) та шести додатків. Загальний обсяг дисертації становить 267 сторінок, із них 148 сторінок основного тексту. Робота містить також 6 таблиць та 57 рисунків.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету дисертаційного дослідження, викладено короткий зміст дисертації та отриманих у ній результатів, виділено її наукову новизну та практичну значимість.

У першому розділі «Аналіз засобів обробки природномовних текстів і побудови ГІС-додатків» проведено аналіз літератури за темою дисертації, досліджено існуючі знанне-орієнтовані програмні засоби, що можуть використовуватись у процесі аналізу ПМ текстів.

Перелік проаналізованих засобів складається із 35 систем та включає такі програмно-інформаційні рішення обробки знань, як: Palantir Gotham, Convera Excalibur, Oracle Endeca Information Discovery, General Architecture for Text Engineering (GATE), SAS Text Analytics, а також найбільш популярні ГІС, наприклад, програмні продукти компаній ESRI та Intergraph і ГІС з відкритим кодом GRASS.

Запропоновано критерії оцінки ефективності використання вказаних програмних засобів, які отримано на основі виявлення та формалізації певних закономірностей щодо використання таких систем. На їх основі сформульовано задачу раціонального вибору, в процесі розв'язання якої виконано ранжування досліджених програмних засобів. Було використано 30 критеріїв, які об'єднано у такі класифікаційні групи: загальні параметри, технічні параметри, можливості системи, когнітивні параметри, спеціалізовані параметри. Було розглянуто такі критерії: клас системи, відкритість, підтримка української мови, когнітивні властивості (аналіз, структуризація, синтез, вибір), можливість інтеграції з ГІС, інтерактивність документів тощо.

За результатами ранжування, фрагмент яких показано в Табл. 1, було виявлено відповідність проаналізованих систем задачам трансдисциплінарної інтеграції, класифікації геопросторової інформації та формування онтологічних моделей геопросторових об'єктів. Зазначено, що більшість існуючих програмних засобів не можуть бути використані для розв'язання задачі через закритість вихідного коду, високу ціну, недостатню функціональність або неможливість роботи з українською мовою. За допомогою ранжування показано, що найбільш відповідною до поставлених задач є система ТОДОС (Трансдисциплінарний онтологічний діалог об'єктно-орієнтованих систем).

У результаті проведеного аналізу також було виявлено, що на теперішній час не існує достатньо ефективних методів та засобів перетворення геопросторової інформації, представленої у вигляді описів природною мовою, у відповідні класи просторових об'єктів, які можуть бути репрезентовані у вигляді тематичних шарів ГІС-додатків.

Табл. 1. Фрагмент таблиці результатів ранжування

Програмний засіб	Значення	Когнітивні властивості		Можливості системи			
		Структуризація	Вибір	Формування інтерактивних документів	Інтеграція з ГІС	Таксономізація	Опрацювання Big Data
ТОДОС	0.819	Так	Так	Так	Так	Так	Так
Palantir Gotham	0.591	Так	Так		Так	Так	Так
Convera Excalibur	0.574	Так	Так		Так		Так
IBM Watson Analytics	0.422	Так	Так				Так
Томіта-парсер (Yandex)	0.395	Так				Можлива реалізація	

Також у першому розділі надається аналіз і порівняння існуючих у даний момент ГІС та визначені базові поняття трансдисциплінарності.

Результати першого розділу дали змогу сформуванню раніше невизначену задачу трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації та сформулювати основні завдання дисертаційного дослідження.

Основні результати розділу опубліковано в [1, 7, 10].

У другому розділі «**Модель трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації**» описано модель формування онтологічних ГІС-додатків на основі виділення тематичних шарів ГІС у процесі аналізу ПМ текстів. Формування таких додатків відбувається в рамках процесу структуризації тексту. Перетворення структуризації тексту  $F_{str}$  являє собою багатокроковий процес (1).

$$T^T \rightarrow T_{sn} \rightarrow O^1 \rightarrow O^2 \rightarrow O \quad (1)$$

У рамках даного процесу для тексту  $T^T$  визначається його первинна структура  $T_{sn}$ , яка послідовно перетворюється в тезаурус  $O^1$ , таксономію  $O^2$  і онтологію  $O$ . Перший крок даного процесу – лексичний аналіз  $T^T \rightarrow T_{sn}$ , в результаті якого текст представляється у вигляді послідовності речень  $T^T = \{S_1 \prec S_2 \prec \dots \prec S_{n_s}\}$ , які складаються з лексем (слів або символів, таких, як розділові знаки)  $L$ . Також у ході аналізу формується множина синтаксичних зв'язків  $R_{sn}$ . Безпосередньо процес лексичного аналізу забезпечується спеціальним лексичним аналізатором.



Отримана в результаті лексичного аналізу первинна структура тексту  $T_{sn} = \langle L, R_{sn} \rangle$  є вхідною інформацією для власне рекурсивної редукції, що проходить поетапно. В рамках відповідних етапів формуються множина об'єктів  $X$ , зв'язків  $R$  і функцій інтерпретації  $F$  результуючої онтології (2).

$$O = \langle X, R, F \rangle \quad (2)$$

Рекурсивна редукція записується в термінах  $\lambda$ -теорії. Вона є комбінацією  $\lambda$ -термів виду:

$$(\lambda x.t(x))a = t(a) \quad (3)$$

Редукція ПМ тексту виконується за допомогою оператора редукції  $F_{rd}$  рекурсивно. Оператор редукції – комбінація кількох операторів, що представляють етапи аналізу ПМ тексту:

$$F_{rd} = F_{l^*} \circ F_x \circ F_{smr} \circ F_{ct}, \quad (4)$$

де  $F_{l^*}$  – оператор агрегації (5), що виконує допоміжну функцію, перетворюючи множину лексем  $L$  у множину конструктів  $L^*$ . Конструкти є особливою формою лексем і об'єднують в собі послідовності слів або символів (наприклад, словосполучення). Особливістю конструктів є те, що з точки зору подальшої обробки вони можуть розглядатися як лексеми (одне слово чи символ). Таким чином, множина  $L \cup L^*$  може використовуватися як аналог множини  $L$ , зокрема, в якості вхідних даних для оператора (5).

$$F_{l^*} : L \cup L^* \rightarrow L^* \quad (5)$$

$F_x$  – оператор ідентифікації концептів  $X$ :

$$F_x : L \cup L^* \rightarrow L \cup L^* \cup X \quad (6)$$

$F_{smr}$  – оператор ідентифікації онтологічних зв'язків  $R$ , що поділяються на зв'язки між концептами  $R_{sem}$  і допоміжні зв'язки між концептом і його контекстами  $R_{sem}^*$ :

$$F_{smr} : L \cup L^* \cup X \rightarrow \langle X, R_{sem}^* \cup R_{sem} \rangle \quad (7)$$

$F_{ct}$  – оператор ідентифікації контекстів, які в подальшому виступають в якості атрибутів концептів  $A_X$ :

$$F_{ct} : \langle X, R_{sem}^* \rangle \rightarrow A_X \quad (8)$$

На множині лексем  $L$  визначено відношення слідування лексем  $\prec$ , що являє собою відношення строгого лінійного порядку. Його розширення на множину  $L^*$  можна представити у вигляді (9), однак  $L^*$  не буде лінійно впорядкованою, як показує умова (10).

$$\forall l_1 \in L_{l_1}^*, \forall l_2 \in L_{l_2}^*, l_1 \prec l_2 \Rightarrow l_1^* \prec l_2^* \quad (9)$$

$$\exists l_1 \in L_{l_1}^*, \exists l_2, l_3 \in L_{l_2}^*, l_2 \prec l_1 \prec l_3 \quad (10)$$

Відношення (9) можна розширити і на множину  $L \cup L^*$ . Також на даній множині визначено відношення:

$$l_1 \in L \cup L^*, l_2 \in L^*, l_1 \in \tilde{L}_{l_2}^* \Rightarrow l_1 R l_2 \quad (11)$$

Рефлексивне замикання відношення (9) і рефлексивне транзитивне замикання відношення (11) являються відношеннями часткового порядку на  $L \cup L^*$ .

Сумарне перетворення (4), що являє собою комбінацію перетворень (5) – (8) має такий вигляд:

$$F_{rd} : \langle L \cup L^* \cup X, A_X, L_{sem}^* \cup L_{sem} \rangle \rightarrow \langle L \cup L^* \cup X, A_X, L_{sem}^* \cup L_{sem} \rangle \quad (12)$$

Для повного аналізу тексту необхідно рекурсивно використовувати (12). Для цього в  $\lambda$ -теорії використовується оператор нерухомої точки  $Y$ . Він застосовується до допоміжної функції  $F'$ , що задає умову завершення  $x = F_{rd}x$ . Для даного оператора виконується співвідношення  $F'(YF') = YF'$ , що і означає рекурсивне виконання функції  $F'$ .

Кожна з складових  $F_{rd}$  є перетворенням, заданим відповідною базою  $G$  правил виконання даного перетворення. Правило  $g \in G$  має уніфіковану для всіх етапів структуру:

$$g = \langle f_{ap}^g, f_{tr}^g \rangle, \quad (13)$$

де  $f_{ap}^g$  – функція застосовності, що визначає, чи може правило бути застосоване до певного набору вхідної інформації;

$f_{tr}^g$  – функція перетворення, що задає перетворення вхідної інформації.

Задане правилом  $g$  перетворення  $F_g : X \rightarrow Y$  має такий вигляд:

$$F_g(x) = \begin{cases} f_{tr}^g(x), f_{ap}^g(x) \\ x, \neg f_{ap}^g(x) \end{cases} \quad (14)$$

Виконання функції застосовності  $f_{ap}^g$  має вигляд (15) і полягає у перевірці певної умови – умови застосовності виду (16). Умова означає існування гомеоморфізму між орієнтованим графом, утвореним вхідною послідовністю лексем (а також синтаксичними зв'язками між ними) і певним еталонним орієнтованим графом  $G_{ap}$ , що являє собою обраний користувачем підграф первинного представлення  $T_{sn}^e$  певного тексту. В якості  $T_{sn}^e$  може виступати первинне представлення як поточного тексту  $T_{sn}$ , так і будь-якого іншого тексту (наприклад, тезауруса ПдО).

$$f_{ap} = (\lambda x_1, x_2 \dots x_{n_g} . t_{ap}(x)) a_1, a_2 \dots a_{n_g} = t_{ap}(a_1, a_2 \dots a_{n_g}) \quad (15)$$

$$t_{ap} = c_{p_1}(x_1) \& \dots \& c_{p_n}(x_{n_g}) \& r_{k_{11}}(x_1, x_1) \& \dots \& r_{k_{n_g n_g}}(x_{n_g}, x_{n_g}) \quad (16)$$

Присутні в виразі (16) одномісні предикати – це предикати ідентифікації лексем. Такий предикат задає умову, якій повинна відповідати певна лексема (або конструкт) з вхідної множини. Предикат має структуру (17).

$$c_p(l) = \begin{cases} 1, p = 0 \vee p = l^T \vee p \in P_l \\ 0, p \neq 0 \wedge p \neq l^T \wedge p \notin P_l \end{cases} \quad (17)$$

Двомісний предикат – це предикат ідентифікації зв'язків. Такий предикат визначає, чи міститься між двома заданими лексемами зв'язок заданого типу. Предикат має вигляд (18).

$$r_k(l_1, l_2) = \begin{cases} 1, k = 0 \vee \langle l_1, l_2, k \rangle \in R_{sn} \\ 0, k \neq 0 \wedge \langle l_1, l_2, k \rangle \notin R_{sn} \end{cases} \quad (18)$$

База правил задає перетворення  $F$ , що має такий вигляд:

$$F_G(L) = \bigcup_{\tilde{L} \in P(L)} \bigcup_{g \in G} F_g^*(\tilde{L}) \quad (19)$$

Важливою перевагою такого підходу є те, що для створення умов виду (16) легко розробляти процедуру автоматизованого створення, оскільки така процедура зводиться до простої в реалізації функції вибору підграфу  $G_{ap} \subset T_{sn}^e$ . Дану процедуру можна ще більше спростити, сформувавши спеціалізовані еталонні тексти, які містять виключно приклади вживання деяких словесних конструкцій. В такому випадку можна виключити крок вибору підграфу, прийнявши  $G_{ap} = T_{sn}^e$ .

На основі структурованого за допомогою процесу (1) документа можна побудувати натуральну систему виду {дія  $\rightarrow$  результати}, яка забезпечує інтерактивну взаємодію з його змістом. Такий документ визначається як інтерактивний. Його можна представити у вигляді такої пари:

$$\langle O, SN \rangle \quad (20)$$

де  $O$  – онтологія, що представляє собою структуризоване представлення певного документа;

$SN$  – побудована на основі  $O$  натуральна система.

Розглянемо натуральні системи  $SN$ , що характеризуються набором з  $n$  «дій»  $\tilde{x}^1 \dots \tilde{x}^n$  і одним «результатом»  $\tilde{y}$ , що зв'язані залежністю виду (21).

$$\tilde{y} = \tilde{f}(\tilde{x}^1 \dots \tilde{x}^n) = D(Q_n(Q_{n-1}(\dots Q_1(Q_o(X), \tilde{x}^1), \dots, \tilde{x}^{n-1}), \tilde{x}^n)) \quad (21)$$

Допоміжні функції  $Q_i$  дозволяють керувати відображенням інформації, виконуючи певні її перетворення відповідно до дій (команд) користувача, тоді як функція відображення  $D$  дозволяє відобразити користувачеві результати перетворень. Прикладами функцій  $Q_i$  є функція ієрархічної фільтрації  $Q_h$  (22), що дозволяє виділяти множину зв'язаних між собою об'єктів, і функція атрибутивної фільтрації  $Q_a$  (23), яка дозволяє виділяти множину об'єктів, що мають певну множину атрибутів.

$$Q_h(X, x^*) = \{\bar{x} \in X \mid \bar{x}R x^* \vee (\exists \tilde{x}, \tilde{x}R x^* \wedge \bar{x} \in Q_h(\tilde{x}))\} \quad (22)$$

$$Q_a(X, A) = \{\bar{x} \in X \mid A \cap A_{\bar{x}} = A\} \quad (23)$$

Іншим прикладом допоміжної функції є функція контекстної зв'язки, що дозволяє встановлювати зв'язки між об'єктами, які належать онтологіям різних

інтерактивних документів, а також між об'єктами та не інтерактивними документами певного інформаційного середовища. Дана функція є комбінацією двох функцій.

Функція індексації має вигляд:

$$Q_I(T) = \{ \langle V(l), V(T), L_l \rangle \mid l \in L_T \}, \quad (24)$$

де  $T$  – певний текст, що представляє документ або його фрагмент;  $L_T$  – набір лексем, що формує текст  $T$ ;  $V(l), V(T)$  – числові ідентифікатори лексеми  $l$  і тексту  $T$  відповідно;  $L_l$  – контекст лексеми  $l$ , що являє собою набір лексем, розташованих в тексті близько до  $l$ .

Функція індексації використовується для визначення множини документів, з якими в подальшому можуть бути встановлені зв'язки.

Результати (24) використовуються функцією пошуку:

$$Q_S(I, l) = \{ T \mid \langle V(\tilde{l}), V(T), L_{\tilde{l}} \rangle \in I, V(l) = V(\tilde{l}) \rangle \quad (25)$$

де  $I$  – індекс, що є результатом роботи  $Q_I$ ;  $V(l), V(T)$  – числові ідентифікатори лексеми  $l$  і тексту  $T$  відповідно;  $L_l$  – контекст лексеми  $l$ .

Сама функція контекстної зв'язки має вигляд:

$$Q_C(l) = Q_S\left(\bigcup_{T \in C} Q_I(T), l\right), \quad (26)$$

де  $C$  – певна множина документів, які представлені у вигляді текстів.

Розширенням функції контекстної зв'язки є перетворення трансдисциплінарного представлення. Воно здійснюється за допомогою функції вигляду (27).

$$Q_{TI}(C) = \bigcup_{x \in X_C} \{ Q_C(x) \} \quad (27)$$

Застосування функції (26) формує множину об'єктів з різних онтологій, що представляє певне гіпервідношення між відповідними об'єктами. За допомогою сформованих таким чином гіпервідношень можна побудувати трансдисциплінарне представлення онтологій (28), що належать множині інтерактивних документів  $C$ .

$$C \xrightarrow{Q_{TI}} \langle \bigcup_i X_i, \bigcup_i R_i \cup Q_{TI}(C), \bigcup_i F_i \rangle \quad (28)$$

Для побудови систем, що використовують трансдисциплінарне представлення інформації, важливими є такі твердження:

*Твердження 1.* На основі однієї онтології  $O$ , що належить множині інтерактивних документів  $C$ , можна сформувані довільну кількість натуральних систем.

*Твердження 2.* Комбінація незалежних натуральних систем  $SN_i$ , що приймають на вхід один і той же набір «дій», є натуральною системою.

Для трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації у вигляді множини інтерактивних документів виду (20) введемо клас натуральних систем, які задаються над афінним простором і використовують вирази (27) і (28).

Онтологічне відображення ГІС-додатка будується на основі функціонального представлення афінного простору у вигляді натуральної системи. Функціональне

представлення здійснюється за допомогою спеціалізованого перетворення  $\check{G}_A$ , що дозволяє включити до складу інтерактивного документа всі перетворення афінного простору  $t$  в якості функцій виду:

$$Q_t(O) = \check{G}_A^{-1}(t(\check{G}_A(O))) \quad (29)$$

Включивши до множини допоміжних функцій функції виду (29), можна формувати онтологічні ГІС-додатки. Онтологічні ГІС-додатки – особливий клас інтерактивних документів, що призначені для представлення геопросторової інформації і визначаються:

$$\langle X_g, R_g, A^{op}, S, O \rangle, \quad (30)$$

де  $X_g$  – множина географічних сутностей, над якими виконуються аналітичні операції для розв’язання задачі;  $R_g$  – множина відношень між географічними об’єктами, які визначають тип виконуваних операцій;  $A^{op}$  – множина аналітичних операцій над географічними об’єктами, виконуваних у процесі розв’язання задачі;  $S$  – множина станів задачі, які візуалізуються на карті в процесі її розв’язання.

*Твердження 3.* Кожну ГІС можна представити у вигляді певної натуральної системи.

*Твердження 4.* Сукупність усіх ГІС можна представити у вигляді гіпермножини натуральних систем.

Основні результати розділу опубліковано в [1–7, 10, 12, 14–16].

В третьому розділі «Архітектура системи трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації» описано архітектуру відповідної системи, що базується на інформаційній та функціонально-компонентній моделях системи.

Інформаційну модель системи представлено сукупністю модулів  $\Pi_{R_i}$ , що інтегрується з підмножиною  $\Pi_T^R \subset \Pi_T$  модулів системи ТОДОС, які використовуються в процесі трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації. Загальний склад системи має такий вигляд:

$$\Pi_R = \sum_{i=1}^n \Pi_{R_i} \cup \sum_{i=1}^m \Pi_{T_i}^R \quad (31)$$

При цьому реалізується відображення  $G_{\Pi_R}$  інтеграції функцій окремих програмних модулів системи:

$$G_{\Pi_R} : \bigcup_{i=1}^n S_{R_i} \cup \bigcup_{i=1}^m S_{T_i}^R \rightarrow F_R \quad (32)$$

Дане відображення перетворює об’єднання множини функцій  $S_{R_i}$  кожного з її програмних модулів  $\Pi_{R_i}$  в узагальнену (цільову) функцію  $F_R$  – трансдисциплінарне представлення геопросторової інформації.

Функціонально-компонентна модель програмної системи трансдисциплінарної інтеграції геопросторової інформації має такий вигляд:

$$S_R = \langle M_D, M_S, M_P, M_C, P_0(M_D, M_S) \rangle \quad (33)$$

Елементи, що входять в дану модель:  $M_D$  – модель, що задає поведінку системи;  $M_S$  – модель, що задає структуру системи;  $M_P$  – модель, що задає структуру програмних сутностей;  $M_C$  – модель (схема) компонентів програмної системи;  $P_0(M_D, M_S)$  – предикат цілісності системи.

Модель поведінки системи включає в себе множину UML-діаграм варіантів використання, множину UML-діаграм активності та множину UML-діаграм взаємодії. UML-діаграму варіантів використання програмної системи трансдисциплінарної інтеграції геопросторової інформації зображено на Рис. 1. Дана діаграма показує, які процеси виконуються в рамках кожної з підсистем, і які користувачі відповідають за кожен із процесів.

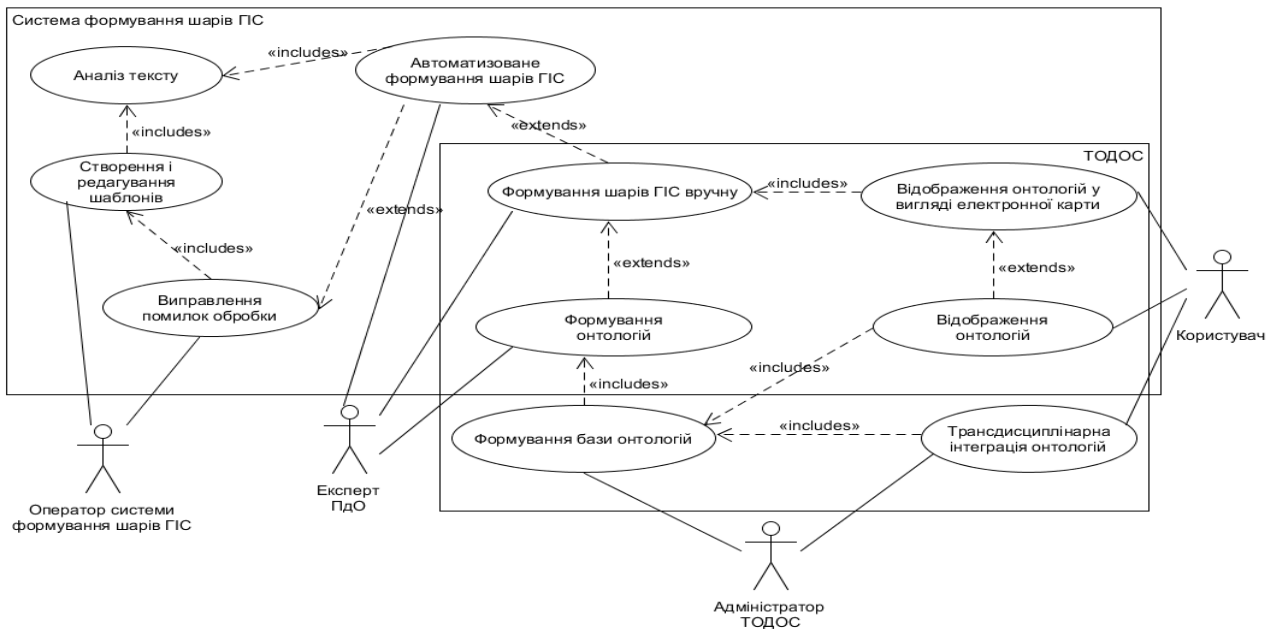


Рис. 1. Способи використання системи

На основі діаграми варіантів використання будується діаграма активності, яку показано на Рис. 2.

Діаграма активності описує алгоритм роботи з програмною системою трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації. Як показано на діаграмі, при роботі з системою користувач може як переглядати, так і створювати онтології. Перегляд онтології можливий як за допомогою стандартних інтерфейсів ТОДОС, так і у вигляді онтологічного ГІС-додатка. Створювати онтологію можна як вручну (за допомогою редактора онтологій), так і автоматизовано (за допомогою рекурсивного редуктора). Крім того, можна переглядати трансдисциплінарне представлення онтологій у вигляді трансдисциплінарного куба.

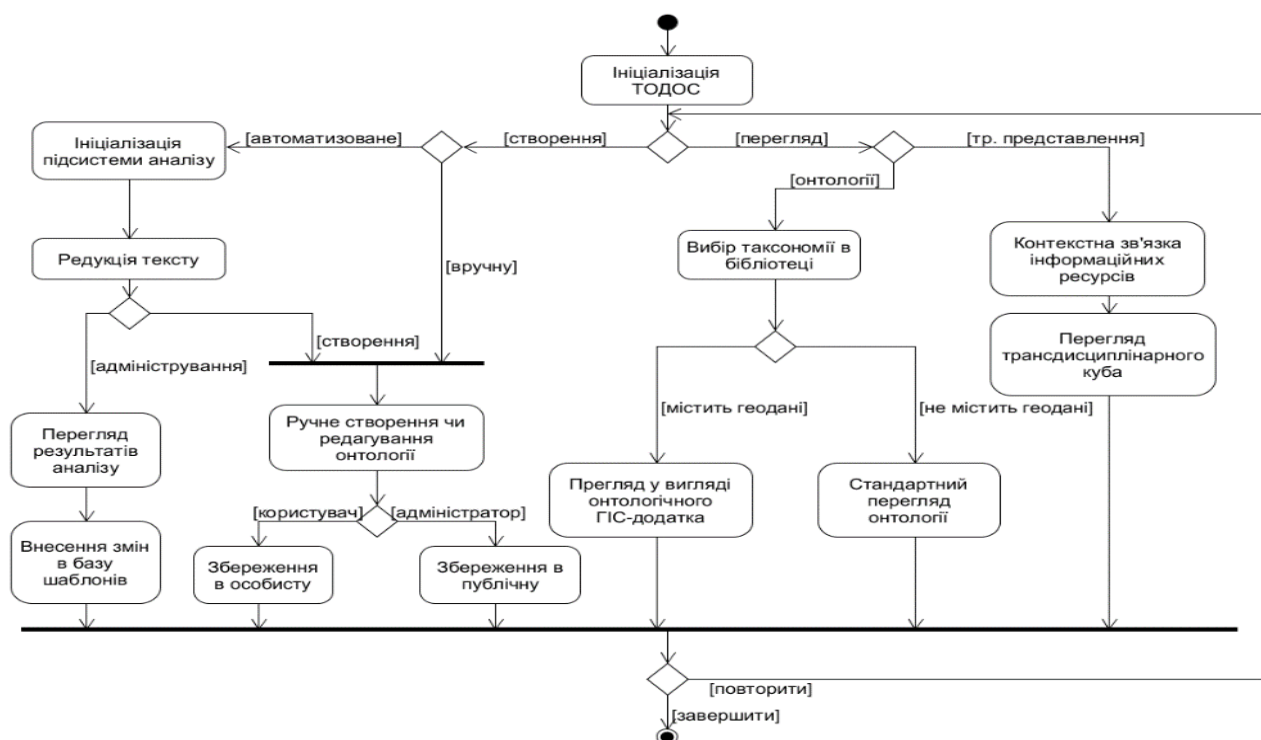


Рис. 2. Діаграма активності системи

На основі вищенаведених моделей сформовано архітектуру програмної системи трансдисциплінарного представлення інформації (Рис. 3). Вона показує склад, структуру та особливості функціонування даної системи.

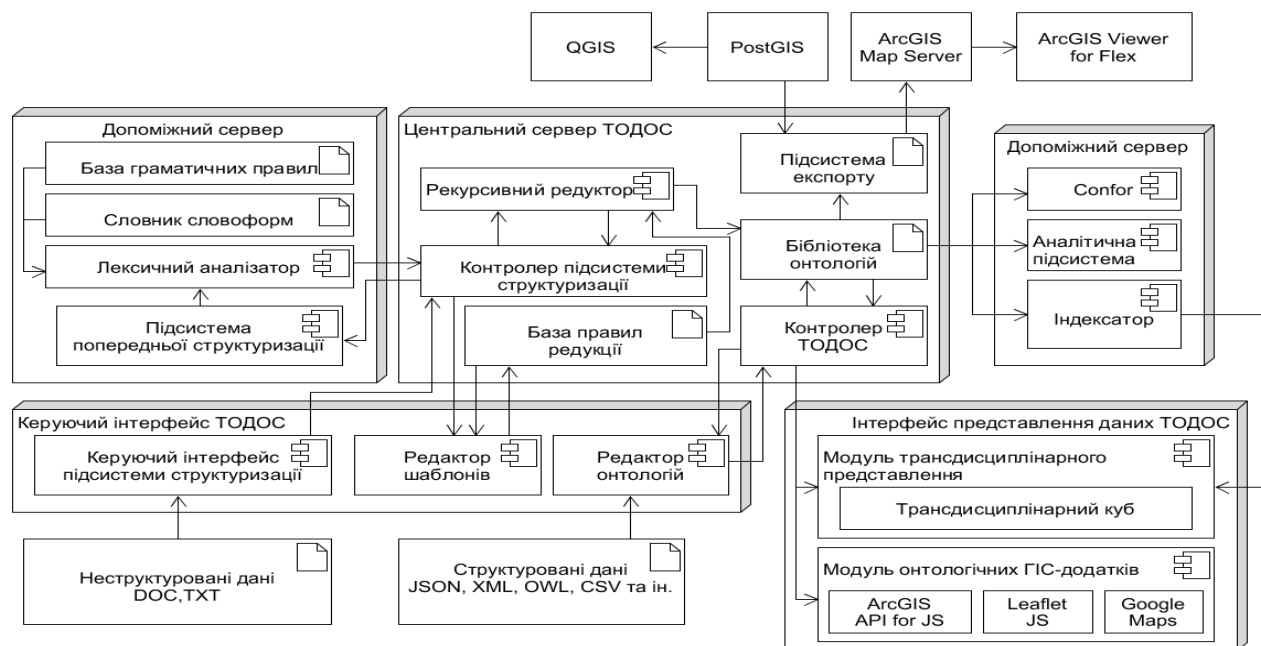


Рис. 3. Архітектура системи трансдисциплінарної інтеграції

Розроблена в рамках третього розділу архітектура системи є основою для практичної реалізації системи трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації.

Основні результати розділу опубліковано в [1–2, 4–5, 12–15, 17–18].

У четвертому розділі «Інструментальні засоби формування онтологічних ГІС-додатків» описуються інструментальні засоби трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації, що включають в себе:

- «Рекурсивний редуктор» – інструментальний засіб, призначений для структуризації текстів і формування їх онтологічного представлення.
- «ТОДОС-ГІС» – інструментальний засіб, призначений для відображення ідентифікованої в тексті інформації користувачеві (зокрема, у вигляді онтологічного ГІС-додатка). «ТОДОС-ГІС» також виконує трансдисциплінарне представлення інформації.

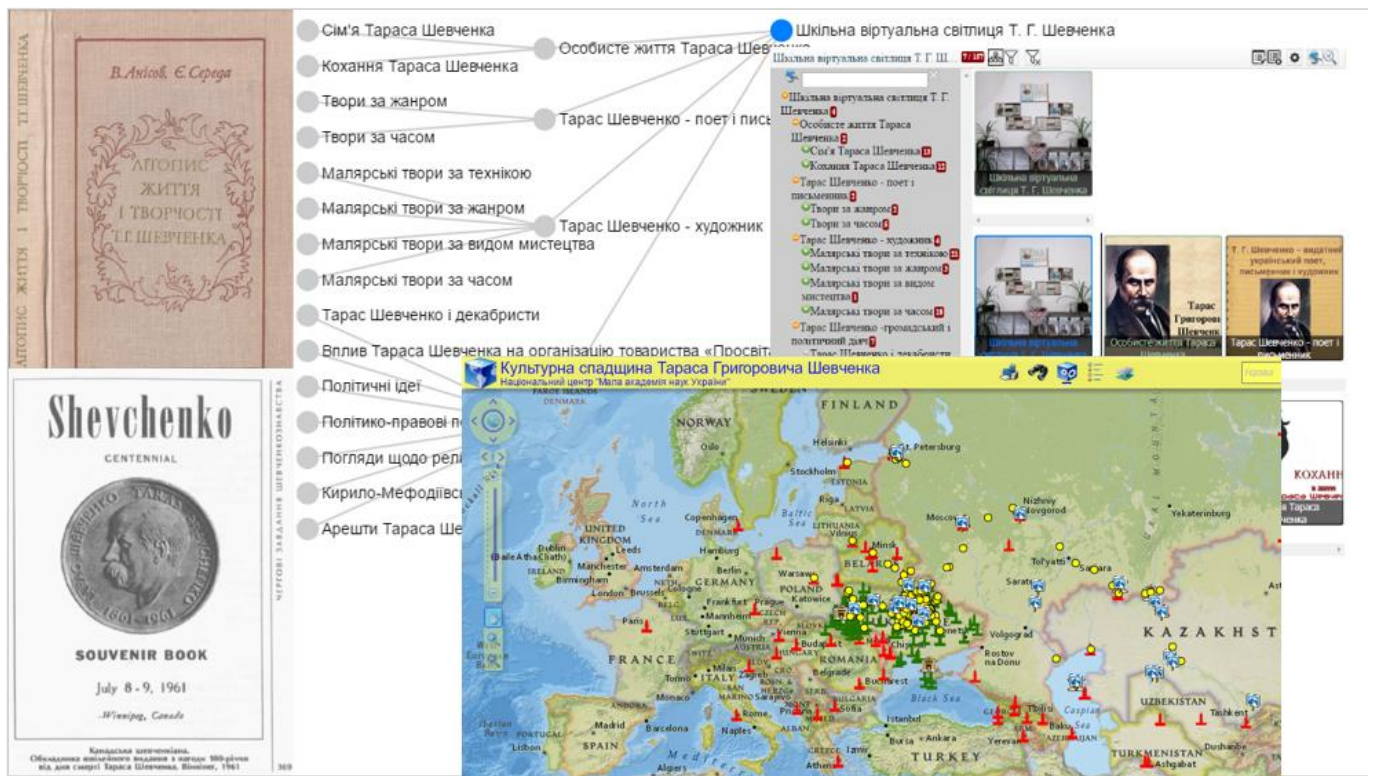


Рис. 4. Приклади вхідних текстів. Сформована онтологія, інтерактивний документ і онтологічний ГІС-додаток за тематикою життєдіяльності Т. Г. Шевченка

У розділі наведено приклади трансдисциплінарного представлення інформаційних мережевих ресурсів:

- 1) Представлення даних про сміттєзвалища, наданих у відкритий доступ Міністерством екології та природних ресурсів України, зі створенням онтологічного ГІС-додатка «Місця видалення відходів» на основі даних сайту «Інтерактивна карта мінприроди» ([ecomara.gov.ua](http://ecomara.gov.ua)).
- 2) Представлення реєстру дорадників (<http://minagro.gov.ua/ministry?nid=3512>) та дорадницьких організацій (<http://minagro.gov.ua/ministry?nid=3511>), а також наявної у відкритому доступі інформації про оренду агротехніки з сайту <https://agrocountr.com> за допомогою онтологічного ГІС-додатка «Агро».
- 3) Представлення даних про житлово-комунальне господарство м. Біла Церква зі створенням ГІС-додатка «Біла Церква».



4) Обробка документів, присвячених Т. Г. Шевченку (книги обсягом до 500 сторінок) та їх трансдисциплінарне представлення у вигляді інтерактивних документів (зокрема, онтологічного ГІС-додатка) (Рис. 4).

У ході реалізації вищевказаних онтологічних інтерактивних документів та відповідних ГІС-додатків на їх основі було проведено дослідження якості роботи системи. Якість роботи досліджувалась за трьома параметрами:

1. *Точність (Precision)* – відношення коректно ідентифікованих об'єктів до кількості всіх ідентифікованих системою об'єктів.
2. *Повнота (Recall)* – відношення кількості правильно ідентифікованих системою об'єктів до кількості всіх об'єктів у тексті.
3. *F-міра* – інтегральний показник точності й повноти, що обчислюється як середнє гармонічне.

Табл. 2. Результати обчислення якості обробки тексту

	Точність	Повнота	F-міра
Імена	0,72	0,85	0,78
Географічна інформація	0,92	0,74	0,82
Загальна оцінка	0,82	0,78	0,80

Зазначені вище параметри обчислюються за такими формулами:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}, Recall = \frac{TP}{TP + FN}, F = \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (34)$$

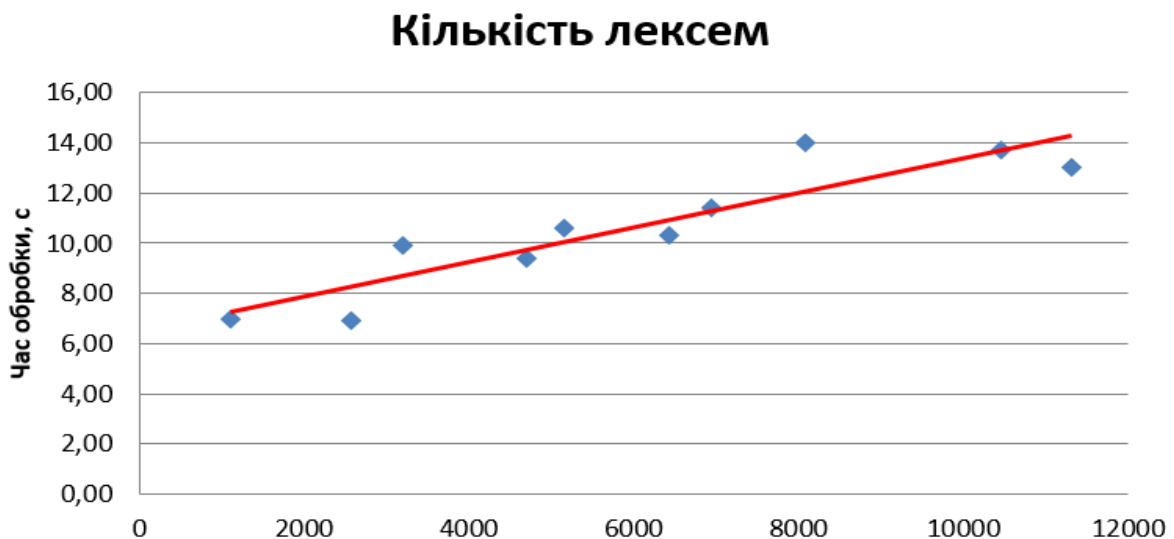


Рис. 5. Швидкість обробки тексту в залежності від кількості лексем

Результати обчислення ефективності роботи алгоритму для простого тексту, що описує географічне розміщення різноманітних об'єктів, показано в Табл. 2.

Як видно з таблиці, якість виділення імен (концептів) і географічної інформації (атрибути концептів) значно відрізняються.

Географічна інформація після ідентифікації проходить процедуру валідації, що дозволяє отримати надзвичайно високу точність. Однак, у ході цієї процедури деякі виділені елементи даних відкидаються, що значно знижує повноту. Для ідентифікованих у тексті імен ситуація є прямо протилежною – для них не існує ефективних алгоритмів валідації, тому точність їх ідентифікації є відносно низькою. Але завдяки тому, що не відбувається відкидання елементів даних, підвищується повнота. Загалом ефективність виділення імен є дещо нижчою.

До того ж, було обчислено швидкодію системи трансдисциплінарної інтеграції геопросторової інформації. Графік залежності швидкості роботи системи від розмірів вхідного тексту показано на Рис. 5. Із графіка видно, що швидкодія коливається в достатньо широких межах. Однак, в цілому, система має достатньо високу швидкодію і є придатною для використання в процесах підтримки прийняття рішень, що вимагають оперативного аналізу даних.

Основні результати розділу опубліковано в [3–4, 6–11, 14–15, 17–18].

## ВИСНОВКИ

У процесі виконання дисертаційного дослідження розроблено необхідні концептуальні та системотехнічні засади трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації у вигляді онтологічних ГІС-додатків. Основні результати роботи є такі:

1. Проведено аналіз існуючих ГІС та програмних засобів, призначених для роботи з онтологіями. Дослідження показало, що існує потреба в створенні програмного комплексу, який міг би здійснювати структурування природномовних текстів і трансдисциплінарне представлення отриманої таким чином геопросторової інформації у формі інтерактивних документів та у вигляді онтологічних ГІС-додатків.
2. Розроблено метод структурування документів шляхом рекурсивного застосування процедури редукції тексту на основі правил, що формуються користувачем.
3. Розроблено моделі трансдисциплінарного представлення інформації та онтологічного інтерактивного документа, на основі яких сформовано модель онтологічного ГІС-додатка і призначений для формування таких додатків програмний модуль.
4. На основі розроблених моделей і методів реалізовано, введено в експлуатацію та інтегровано в систему «ТОДОС» програмний комплекс «Рекурсивний редуктор» і модуль «ТОДОС-ГІС», що дозволяють виконувати структурування великих масивів слабо структурованих і неструктурованих документів, а також трансдисциплінарне представлення наявної в них геопросторової інформації у вигляді онтологічного ГІС-додатка.
5. Виконано реалізацію тематичної бібліотеки інтерактивних документів і її розширення – тематичну бібліотеку онтологічних ГІС-додатків, що дозволяють розміщувати структуровані документи у веб-орієнтованому середовищі.
6. Експериментально підтверджено ефективність роботи запропонованих моделей та засобів шляхом обробки за їх допомогою великих масивів текстової і

табличної інформації, і автоматизованого формування на їх основі бібліотек онтологічних ГІС-додатків.

Результати дисертаційного дослідження можуть бути використані для підвищення ефективності обробки великих інформаційних текстових масивів експертами, а також у процесах управління для оперативного аналізу потоків даних під час реалізації складних інфраструктурних проектів.

Результати впровадження підтверджено відповідними актами.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Величко В. Построение таксономии документов для формирования иерархических слоев в геоинформационных системах / Величко В., Приходнюк В., Стрижак А., Марков К., Иванова К., Карастанев С. // International Journal «Information Content and Processing», 2015. – С. 181–199.

2. Величко В. Ю. ТОДОС – ІТ-платформа формування трансдисциплінарних інформаційних середовищ / В. Ю. Величко, М. А. Попова, В. В. Приходнюк, О. Є. Стрижак. – Системи озброєння і військова техніка, 2017. – Вип. 1(49). – С. 10–19.

3. Приходнюк В. В. Онтологічна ГІС, як засіб впорядкування геопросторової інформації / В. В. Приходнюк, О. Є. Стрижак // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – Вип. 2(27). – С. 167–174.

4. Приходнюк В. В. Онтологічне представлення функціональності систем / В. В. Приходнюк, О. Є. Стрижак, О. Г. Лебідь // Екологічна безпека та природокористування: Збірник наукових праць / редкол. : О. С. Волошкіна, О. М. Трофимчук (голов. ред.) [та ін.]. Міністерство освіти і науки України, Київський національний університет будівництва і архітектури, НАН України Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору. – Київ, 2016. – Вип. 3-4 (22). – С. 5–23.

5. Приходнюк В. Таксономизация естественно-языковых текстов / Приходнюк В. // International Journal «Information Models and Analyses», 2016. – Volume 5. – Number 3. – С. 270–284.

6. Приходнюк В. В. Множинні характеристики онтологічних систем / В. В. Приходнюк, О. Є. Стрижак // Математичне моделювання в економіці: Збірник наукових праць / редкол. : С. О. Довгий (голов. ред.) [та ін.]. – К. : НАН України Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору, Інститут економіки та прогнозування, Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова, 2017. – Вип. 8. – С. 47–61.

7. Реєстр архівних документів, пов'язаних з життям, творчістю та вшануванням пам'яті Тараса Григоровича Шевченка : Монографія / С. О. Довгий, М. А. Попова, В. В. Приходнюк, О. Є. Стрижак, В. А. Яцухно. – К. : Центр розвитку особистості «УНІКУМ», 2017 – 250 с. (при грантовій підтримці Держаного фонду фундаментальних досліджень за конкурсним проектом Ф77/37489)

8. Засоби доступу до джерел знань та їх використання в навчальному процесі педагогічного навчального закладу : Методичні рекомендації. 2-ге вид., доповн. / Т. І. Андрущенко, С. О. Довгий, Л. С. Глоба, О. Є. Стрижак, В. Ю. Величко, С. А.

Гальченко, В. Б. Дем'яненко, М. Ю. Ільченко, О. В. Лісовий, Р. Л. Новогрудська, М. Г. Петренко, В. В. Приходнюк, О. О. Слюсаренко, О. М. Трофимчук, Г. Ю. Яценко ; за ред. член-кореспондента НАН України С. О. Довгого і канд. т. наук О. Є. Стрижака. – К. : Інститут обдарованої дитини, 2012. – 192 с.

9. Методики написання наукових робіт на основі онтологічного аналізу текстів : методичний посібник / упоряд. Т. І. Андрущенко, В. Ю. Величко, С. А. Гальченко, Л. С. Глоба, К. Д. Гуляєв, Е. Я. Клімова, О. Б. Комова, О. В. Лісовий, М. А. Попова, В. В. Приходнюк, О. Є. Стрижак, Д. М. Стус. – К. : ТОВ «СІТІПРІНТ», 2013. – 124 с.

10. Онтологічний кабінет дослідження життя та творчості Тараса Шевченка в середовищі науково-освітнього порталу KOVZAR.UA : Монографія / С. О. Довгий, О. Є. Стрижак, Т. І. Андрущенко, С. А. Гальченко, Л. С. Глоба, А. В. Гончар, О. В. Копійка, В. М. Кудляк, К. В. Ляшук, М. А. Попова, В. В. Приходнюк, Г. Ф. Семенюк, О. М. Трофимчук, Н. І. Поліхун, К. Г. Постова. – К. : Інститут обдарованої дитини, 2016 – 175 с.

11. Горборуков В. В. Система оцінювання інтелектуальних досягнень учнівської молоді. Онтологічний підхід / В. В. Горборуков, В. В. Приходнюк, О. Є. Стрижак, О. В. Франчук // Збірник праць XVI Міжнародної наукової конференції «Інтелектуальний аналіз інформації (IAI-2016)» ім. Т. А.Таран. – К.: Просвіта, 2016. – С. 36–42.

12. Величко В. Спосіб автоматизованого виділення відношень між термінами з природномовних текстів технічної тематики / В. Величко, В. Приходнюк // Збірник праць XX міжнародної конференції “Knowledge – Dialogue – Solution” – К. – 2014. – С. 27–28.

13. Величко В. Ю. Деякі способи виділення відношень між термінами в природномовному тексті / В. Ю. Величко, В. В. Приходнюк // Зб. наук. праць за матеріалами XV конференції [«Системний аналіз та інформаційні технології»], (м. Київ, 27 - 31 травня 2013 р.) – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – С. 406

14. Величко В. Ю. Інструментарій автоматизованого виділення відношень з текстів технічної тематики / В. Ю. Величко, С. В. Сирота, В. В. Приходнюк // Зб. наук. праць за матеріалами XVI конференції [«Системний аналіз та інформаційні технології»], (м. Київ, 26 - 30 травня 2014 р.) – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – С. 348

15. Попова М. А. Формування тематичних ГІС на основі семантиколінгвістичної обробки документів / Попова М. А., Приходнюк В. В. // Зб. наук. праць за матеріалами XIII міжнар. наук.-практ. конф. [«Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях»], (м. Київ, Пуща-Водиця, 3 - 6 жовтня 2016 р.) / НАН України, Ін-т телекомунікацій і глоб. інформ. простору [та ін.]. - К. ; Х. : [б. в.], 2016. – С. 130–133.

16. Приходнюк В. В. Автоматизоване виділення інформації з текстів на основі правил, представлених у форматі  $\lambda$ -виразів // зб. наук. праць за матеріалами конференції [«Управління знаннями та конкурентна розвідка»], (м. Харків, 19 - 21 квітня 2016 р.) / Харківський національний університет радіоелектроніки. – Х. : [б. в.], 2016. – С. 48–49.

17. Приходнюк В. В. Автоматизоване формування електронних шарів геоінформаційних систем на основі структурованої і неструктурованої інформації // зб. наук. праць за матеріалами XIII міжнар. наук.-практ. конф. [«Геоінформаційні технології в територіальному управлінні»], (м. Одеса, 17 - 18 вересня 2015 р.) / Одеський регіональний інститут державного управління [та ін.]. - Одеса : [б. в.], 2015. – С. 73–76.

18. Приходнюк В. В. Онтолого-орієнтований інтерфейс відображення додатків в ГІС-середовищі : Зб. наук. праць за матеріалами XIII міжнар. наук.-практ. конф. [«Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях»], (м. Київ, Пуща-Водиця, 3 - 6 жовтня 2016 р.) / НАН України, Ін-т телекомунікацій і глоб. інформ. простору [та ін.]. - К. ; Х. : [б. в.], 2016. – С. 127–129.

## АНОТАЦІЯ

**Приходнюк В. В. Технологічні засоби трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації.** – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України, Київ, 2017.

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню актуальної науково-технічної проблеми підвищення ефективності роботи користувачів з великими масивами слабо і неструктурованої інформації (зокрема, геопросторової), шляхом розробки та впровадження програмних засобів структуризації та трансдисциплінарного представлення такої інформації.

Розроблено метод структуризації природномовних текстів на основі рекурсивного виконання процесу редуції тексту з допомогою правил, описаних безтиповими лямбда-виразами, що відрізняється від існуючих можливістю динамічної модифікації правил структуризації, яка дозволяє значно підвищити ефективність роботи методу в межах поставленої задачі.

Розроблено онтологічну модель інтерактивного документа і модель онтологічного ГІС-додатка на його основі. Це дозволяє представити користувачеві результати структуризації тексту і забезпечити таким чином оперативний доступ до масиву інформації (зокрема, геопросторової), що описується певним документом.

Розроблено модель трансдисциплінарного представлення документів, що дозволяє динамічно формувати зв'язки між об'єктами, описаними в різних документах, що належать єдиному понятійному інформаційно-аналітичному середовищу, і забезпечувати таким чином оперативний доступ до великих обсягів інформації, що є важливою для виконання поставленої перед користувачем задачі.

Запропоновано інформаційну технологію трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації, що забезпечує підвищення ефективності використання

тематично та просторово розподілених інформаційних ресурсів, що представлені як структурованими, так і неструктурованими документами.

**Ключові слова:** структуризація документів, обробка природної мови, трансдисциплінарність, геоінформаційна система, онтологія предметної області, таксономія, інформаційна технологія.

## ANNOTATION

**Prykhodniuk Vitalii. Technological means of transdisciplinary representation of geospatial information.** – Manuscript.

Dissertation research for degree of PhDs. by specialty 05.13.06 – Information technology. Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2017.

Thesis of dissertation focuses on solving an actual scientific and technical problem of improving efficiency of processing large volumes of semi-structured and non-structured information (including geospatial) by creating applications for structuring and transdisciplinary representation of such information.

The method of structuring natural language texts based on the recursive application of a text reduction process by the means of the rules, described by non-type lambda expressions was developed, which differs from the existing methods in that they have a possibility of dynamic modification of structuring rules, which allows significant improvement of efficiency of the method in the scope of a given task.

The ontological model of the interactive document and based on it model of ontological GIS-based application were developed, which allow representation of text structuring results and thus provide quick access to large volumes of information (geospatial, in particular), contained in specific document.

A model of transdisciplinary representation of documents was developed, which allows dynamical creation of relationships between objects, described in different documents, belonging to a single conceptual information and analytical environment, and thus provides quick access to large volumes of important for a given task information.

The information technology of transdisciplinary representation of geospatial information is proposed, which provides an increase in efficiency of processing of thematically and spatially distributed information resources, presented as structured and unstructured documents.

**Keywords:** document structuring, natural language processing, transdisciplinarity, geographic information system, domain ontology, taxonomy, information technology.