

**БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

**БР. ІІІ - 48.00.00.000 ІІЗ**

**Група ІІІ-21-3**

**Костюк Роман**

**2025**

**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу**

Факультет інформаційних технологій

Кафедра інженерії програмного забезпечення

**Костюк Роман Сергійович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 004  
(індекс)

## **БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

**Побудова імплементацій для рівня семантичних зв'язків**

(назва роботи)

**Інженерія програмного забезпечення**

(назва освітньої програми)

**121 - Інженерія програмного забезпечення**

(шифр і назва спеціальності)

**Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело**

Здобувач освітнього рівня Костюк Р.С.  
(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник Яцишин Микола Миколайович, к.т.н., доцент  
(підпис, прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання керівника)

Допущено до захисту  
Завідувач кафедри

доц. Бандура В.В.  
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

**Івано-Франківськ – 2025**

**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу**

Інститут, факультет інформаційних технологій

Кафедра інженерії програмного забезпечення

Ступінь вищої освіти бакалавр

Спеціальність 121 – Інженерія програмного забезпечення

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Зав. кафедрою ІІЗ

доц.

В.В. Бандура

“     ”     2025 р.

## **ЗАВДАННЯ**

### **НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

**Костюку Роману Сергійовичу**

(прізвище, ім'я, по-батькові)

**1. Тема проекту (роботи) “ Побудова імплементацій для рівня семантичних зв'язків ”**

керівник проекту (роботи) Яцишин М.М., доцент

затвержені наказом закладу вищої освіти від “ 28 ” квітня 2025 р. № 264/7

**2. Строк подання студентом проекту (роботи) 10 червня 2025 р.**

**3. Вихідні дані до проекту (роботи) Результати і матеріали отримані під час проходження переддипломної практики**

**4. Зміст розрахунково - пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)**

1. Аналіз предметної області застосування онтологій семантичного вебу

2. Особливості і концепти побудови семантичного вебу

3. Семантична соціальна мережі на основі FOAF

4. Побудова імплементацій для рівня семантичних зв'язків з використанням FOAF

5. Функціональні особливості сканера FOAF та верифікація зв'язків

**5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)**

1. Терміни FOAF представлені класами та властивостями (рис. 1.1)

2. Огляд соціального нетворкінгу (рис. 1.2)

3. Стек семантичного вебу (рис. 1.3)

4. Приклад використання деревоподібної структури (рис. 2.2)

5. XML валідатор (рис. 2.3)

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 28 квітня 2025 р.

Керівник \_\_\_\_\_

(підпис)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

(підпис)

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз предметної області застосування онтологій семантичного вебу	04.05.2025	виконано
2	Особливості і концепти побудови семантичного вебу	15.05.2025	виконано
3	Семантична соціальна мережі на основі FOAF	21.05.2025	виконано
4	Побудова імплементацій для рівня семантичних зв'язків з використанням FOAF	28.05.2025	виконано
5	Функціональні особливості сканера FOAF та верифікація зв'язків	03.06.2025	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки дипломної роботи завідувачем кафедри	10.06.2025	виконано

Студент – дипломник \_\_\_\_\_

(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

## АНОТАЦІЯ

Бакалаврська робота містить 76 сторінок, 28 рисунків, список використаних джерел із 35 найменуваннями.

**Мета роботи** - реалізувати імплементації для рівня семантичних зв'язків на основі онтології FOAF у контексті побудови семантичного вебу та соціально-орієнтованих інформаційних систем.

**Об'єкт дослідження** - процес інтеграції соціальних зв'язків у середовищі семантичного вебу.

**Предмет дослідження** - імплементації та засоби представлення семантичних зв'язків на основі онтології FOAF.

**В першому розділі** проаналізовано роль семантичного вебу та онтології FOAF у контексті представлення соціальних зв'язків і оптимізації інформаційного пошуку

**В другому розділі** розглянуто основні компоненти та мови семантичного вебу, зосереджуючись на RDF, OWL і FOAF як засобах для формалізації знань

**В третьому розділі** запропоновано й реалізовано імплементації FOAF-документів, здійснено публікацію, аналіз та перевірку семантичних зв'язків

**Висновок:** запропоновано систематизований підхід до побудови FOAF-документів з урахуванням сучасних технологій семантичного вебу, а також здійснено практичну реалізацію публікації та перевірки семантичних зв'язків

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** СЕМАНТИЧНИЙ ВЕБ, ОНТОЛОГІЯ, FOAF, СЕМАНТИЧНІ ЗВ'ЯЗКИ, СОЦІАЛЬНА МЕРЕЖА, МІРКУВАННЯ, ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ, FOAF-ДОКУМЕНТ, СЕМАНТИЧНА ІНТЕГРАЦІЯ, МЕТАДАНИ, ЛОГІЧНЕ ВИВЕДЕННЯ, ВЕБ-ТЕХНОЛОГІЇ.

## ANNOTATION

The bachelor's thesis contains 76 pages, 28 figures, a list of used sources with 35 names.

**The purpose of the work** is to implement implementations for the level of semantic relations based on the FOAF ontology in the context of building the semantic web and socially oriented information systems.

**The object of the study** is the process of integrating social relations in the semantic web environment.

**The subject of the study** is implementations and means of representing semantic relations based on the FOAF ontology.

**The first section** analyzes the role of the semantic web and the FOAF ontology in the context of representing social connections and optimizing information search

**The second section** examines the main components and languages of the semantic web, focusing on RDF, OWL, and FOAF as tools for formalizing knowledge

**The third section** proposes and implements implementations of FOAF documents, publishes, analyzes, and verifies semantic connections

**Conclusion:** a systematic approach to building FOAF documents is proposed, taking into account modern semantic web technologies, and also implements the practical implementation of publishing and verifying semantic connections

**KEYWORDS:** SEMANTIC WEB, ONTOLOGY, FOAF, SEMANTIC CONNECTIONS, SOCIAL NETWORK, REASONING, IMPLEMENTATION, FOAF DOCUMENT, SEMANTIC INTEGRATION, METADATA, LOGICAL DERIVATION, WEB TECHNOLOGIES.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ .....	8
ВСТУП .....	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ОНТОЛОГІЙ СЕМАНТИЧНОГО ВЕБУ .....	12
1.1. Дослідження застосування онтології FOAF та семантичного вебу .....	12
1.1.1. Особливості онтології .....	12
1.1.2. Застосування FOAF .....	15
1.2. Еволюція та застосування семантичного вебу у контексті підвищення ефективності інформаційного пошуку та соціальних мереж.....	16
1.2.1. Основні принципи та виклики .....	17
1.2.2. Життєздатність та соціальний потенціал семантичного вебу .....	17
1.3. Оптимізація веб-ресурсів на основі семантичного вебу .....	19
1.3.1. Концепція та архітектура семантичного вебу .....	20
1.3.2. Метадані як фундаментальний компонент семантичного вебу .....	24
1.4. Приклади імплементацій з'єднання даних користувачів на основі семантичного вебу .....	26
1.4.1. Персональні профілі FOAF з ручним або напівавтоматичним створенням .....	26
1.4.2. Семантичний пошук та навігація (FOAF-Explorer) .....	28
1.4.3. Групові комунікації на основі семантичних критеріїв (Conceptual Design) .....	29
РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ І КОНЦЕПТИ ПОБУДОВИ СЕМАНТИЧНОГО ВЕБУ .....	32

					БР.ІІ – 48.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Побудова імплементацій для рівня семантичних зв'язків  <b>Пояснювальна записка</b>	Літ.	Арк.	Акрушіє
Розроб.		Костюк Р.С.						
Перевір.		Яцишин М.М.					6	
Реценз.						ІФНТУНГ ІІ-21-3		
Н. Контр.		Піх М.М.						
Затверд.		Бандура В.В.						

2.1. Особливості мови розмітки XML .....	32
2.2. Компонент архітектури семантичного вебу RDF .....	36
2.3. Мова опису онтологій OWL .....	40
2.4. Семантична соціальна мережі на основі FOAF .....	43
2.4.1. Синтаксис та семантика FOAF .....	44
2.4.2. Словники FOAF .....	45
2.4.3. Міркування (Reasoning) .....	48
РОЗДІЛ 3. ПОБУДОВА ІМПЛЕМЕНТАЦІЙ ДЛЯ РІВНЯ СЕМАНТИЧНИХ ЗВ'ЯЗКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ FOAF .....	51
3.1. Рішення проблеми ідентифікації у семантичних соціальних мережах засобами FOAF-O-Matic.....	51
3.2. Використання технології FOAF для соціальних мереж .....	53
3.3. Методологія використання FOAF для зв'язування даних у семантичному вебі .....	56
3.4. Створення документа FOAF .....	57
3.5. Створення тестової сторінки та публікація документа FOAF .....	59
3.6. Функціональні особливості сканера FOAF та верифікація зв'язків .....	62
3.7. Аналіз розробленого FOAF-документа .....	65
3.7.1 Структура документа FOAF .....	66
3.7.2. Виявлення документа FOAF .....	68
3.7.3 Властивості особи: Аналіз та висновки .....	68
3.7.4 Практичні застосування FOAF-документів.....	69
3.8. Перспективи та майбутні напрямки розвитку FOAF у семантичному вебі.....	69
ВИСНОВКИ.....	72
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	74
БІБЛІОГРАФІЧНА ДОВІДКА	

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

RDF - Resource Description Framework

MOAT - Meaning Of A Tag Ontology

WBSN - Web Based Social Networks

OWL - Web Ontology Language

SWD - Semantic Web Document

FOAF - Friend Of A Friend

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Сучасний етап розвитку інформаційних технологій характеризується стрімким зростанням обсягів даних, що генеруються в мережі Інтернет, зокрема в соціальних платформах, веб-сервісах і персоналізованих інформаційних ресурсах. У цьому контексті виникає необхідність переходу від традиційного вебу до семантичного, який дозволяє не лише зберігати та передавати інформацію, але й робити її машиночитаною та логічно обґрунтованою. Основу такого підходу становлять онтології, які забезпечують формальне представлення знань у конкретній предметній області. Однією з найбільш перспективних онтологій для моделювання соціальних зв'язків є FOAF (Friend of a Friend), що дозволяє структурувати особисті профілі, встановлювати міжособистісні відношення та забезпечувати автоматизоване логічне виведення зв'язків між користувачами.

### **Актуальність дослідження**

Актуальність теми зумовлена потребою в інтегрованих, стандартизованих підходах до побудови онтологічно орієнтованих інформаційних систем, що функціонують на рівні семантичних зв'язків. Саме тому у даній роботі розглядається процес побудови імплементацій для рівня семантичних зв'язків на основі FOAF, що охоплює як теоретичні аспекти (аналіз онтології, архітектури семантичного вебу, мови опису), так і практичні (створення FOAF-документів, публікація та верифікація зв'язків).

Семантичний веб відкриває нові можливості для подання, обробки та аналізу даних у розподілених системах, орієнтованих на людину. Уміння точно й однозначно представляти сутності та відношення між ними стає критичним для побудови сучасних систем рекомендацій, розумних агентів, персоналізованих сервісів. У цьому контексті особливу цінність має онтологія FOAF, яка дозволяє створювати формалізовані описи людей, їхніх інтересів і соціальних взаємозв'язків. Водночас відсутність достатньої

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кількості практичних рекомендацій та шаблонів для створення ефективних імплементацій FOAF-документів зумовлює потребу в комплексному аналізі процесу побудови та застосування таких імплементацій у рамках семантичного вебу. Саме це робить тему дослідження надзвичайно актуальною.

**Мета роботи** - реалізувати імплементації для рівня семантичних зв'язків на основі онтології FOAF у контексті побудови семантичного вебу та соціально-орієнтованих інформаційних систем.

#### **Завдання дослідження**

1. Провести огляд і аналіз онтології FOAF та її ролі у семантичному вебі.
2. Дослідити архітектуру, принципи функціонування та технологічну основу семантичного вебу.
3. Розглянути існуючі реалізації FOAF у контексті інтеграції соціальних зв'язків.
4. Розробити приклад імплементації FOAF-документа з урахуванням синтаксичних та семантичних вимог.
5. Здійснити публікацію FOAF-документа та верифікацію семантичних зв'язків.
6. Проаналізувати результати реалізації та виявити потенціал практичного застосування.

**Об'єкт дослідження** - процес інтеграції соціальних зв'язків у середовищі семантичного вебу.

**Предмет дослідження** - імплементації та засоби представлення семантичних зв'язків на основі онтології FOAF.

#### **Методи дослідження**

- аналітичний метод — для вивчення структури семантичного вебу та FOAF;
- системний підхід — для побудови архітектури семантичних моделей;

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

- моделювання — для створення FOAF-документів;
- експеримент — для перевірки валідності та працездатності реалізованих рішень;
- порівняльний аналіз — для оцінки різних імплементацій і виявлення найефективніших підходів.

### **Наукова новизна**

У роботі запропоновано систематизований підхід до побудови FOAF-документів з урахуванням сучасних технологій семантичного вебу, а також здійснено практичну реалізацію публікації та перевірки семантичних зв'язків, що дозволяє використовувати дані документи у реальних соціально-орієнтованих інформаційних системах.

### **Практичне застосування**

Результати роботи можуть бути використані при створенні:

- семантичних соціальних мереж;
- адаптивних рекомендаційних систем;
- розумних інформаційних агентів;
- децентралізованих профільних сервісів;
- платформ для обміну персональними даними з підтримкою семантичного аналізу.

Бакалаврська робота містить 76 сторінок, 28 рисунків, 3 розділи список використаних джерел із 35 найменуваннями.

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ОНТОЛОГІЙ СЕМАНТИЧНОГО ВЕБУ

## 1.1. Дослідження застосування онтології FOAF та семантичного вебу

Основною метою представленої дипломної роботи є розробка архітектурного рішення, спрямованого на інтеграцію соціальних зв'язків в рамках спільнот за допомогою технологій семантичного вебу та онтології FOAF (Friend of a Friend). Проєкт FOAF забезпечує створення машинозчитуваних веб-сторінок, які описують індивідів, їхні взаємозв'язки, а також об'єкти та дії, що ними створені або здійснені. Це сприяє розвитку пов'язаної інформаційної системи, відомої як Веб пов'язаних даних.

### 1.1.1. Особливості онтології

Онтологія FOAF (Friend of a Friend) є однією з фундаментальних онтологій у контексті семантичного вебу та пов'язаних даних. Її основне призначення – опис людей, їхніх взаємозв'язків та пов'язаних з ними об'єктів та діяльності у машинозчитуваному форматі.

Ключові аспекти та структура онтології FOAF:

#### 1. Представлення інформації про осіб.

FOAF дозволяє описувати індивідуальні характеристики, такі як ім'я, адреса електронної пошти, домашня сторінка, зображення, номер телефону, псевдоніми та інтереси.

#### 2. Моделювання соціальних зв'язків.

Ключовою функцією FOAF є встановлення зв'язків між людьми. Це дозволяє формувати розподілені соціальні мережі, де кожен користувач може публікувати свій профіль та вказувати, кого він знає.

#### 3. Зв'язування з іншими об'єктами.

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Окрім людей, FOAF також дозволяє описувати об'єкти, створені або пов'язані з ними, наприклад, документи, проєкти, організації тощо.

FOAF побудована на основі RDF (Resource Description Framework), що робить її інтегрованою частиною семантичного вебу. Дані FOAF виражаються у вигляді триплетів (суб'єкт-предикат-об'єкт), що дозволяє машинам розуміти взаємозв'язки між сутностями. FOAF використовує OWL (Web Ontology Language) для визначення класів та властивостей, що надає їй більшої виразної потужності та дозволяє виконувати логічні висновки на основі описаних даних.

Основні класи та властивості:

- foaf:Agent: Загальний клас для будь-якого "агента", який може діяти.
- foaf:Person: Підклас foaf:Agent, що представляє людину. Це центральний клас для опису індивідів.
- foaf:Organization: Клас для опису організацій.
- foaf:Group: Клас для опису груп людей.
- foaf:name: Властивість для зазначення імені людини.
- foaf:firstName, foaf:lastName: Властивості для ініціалів та прізвища.
- foaf:mbox: Властивість для адреси електронної пошти (як URI).
- foaf:homepage: Властивість для домашньої сторінки або веб-сайту.
- foaf:img / foaf:depiction: Властивості для зображення людини (наприклад, фото).
- foaf:weblog: Властивість для веб-блогу.
- foaf:knows: Одна з найважливіших властивостей, яка вказує на те, що одна людина знає іншу. Це єдиний спосіб вираження соціальних зв'язків.
- foaf:interest: Властивість для зазначення інтересів людини (може посилатися на інші ресурси, такі як теги або концепції).
- foaf:currentProject, foaf:pastProject: Властивості для зазначення поточних або минулих проєктів.

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

На рисунку 1.1 показано терміни FOAF представлені класами та властивостями. FOAF допомагає використовувати простий набір конструкцій моделювання для створення розширюваних, розподілених інформаційних мереж людей. Завдяки розподіленій природі RDF, мережа інформації може бути розповсюджена по всьому вебу. Вона також використовує структуру висновків RDFS для доповнення своєї інформаційної структури.

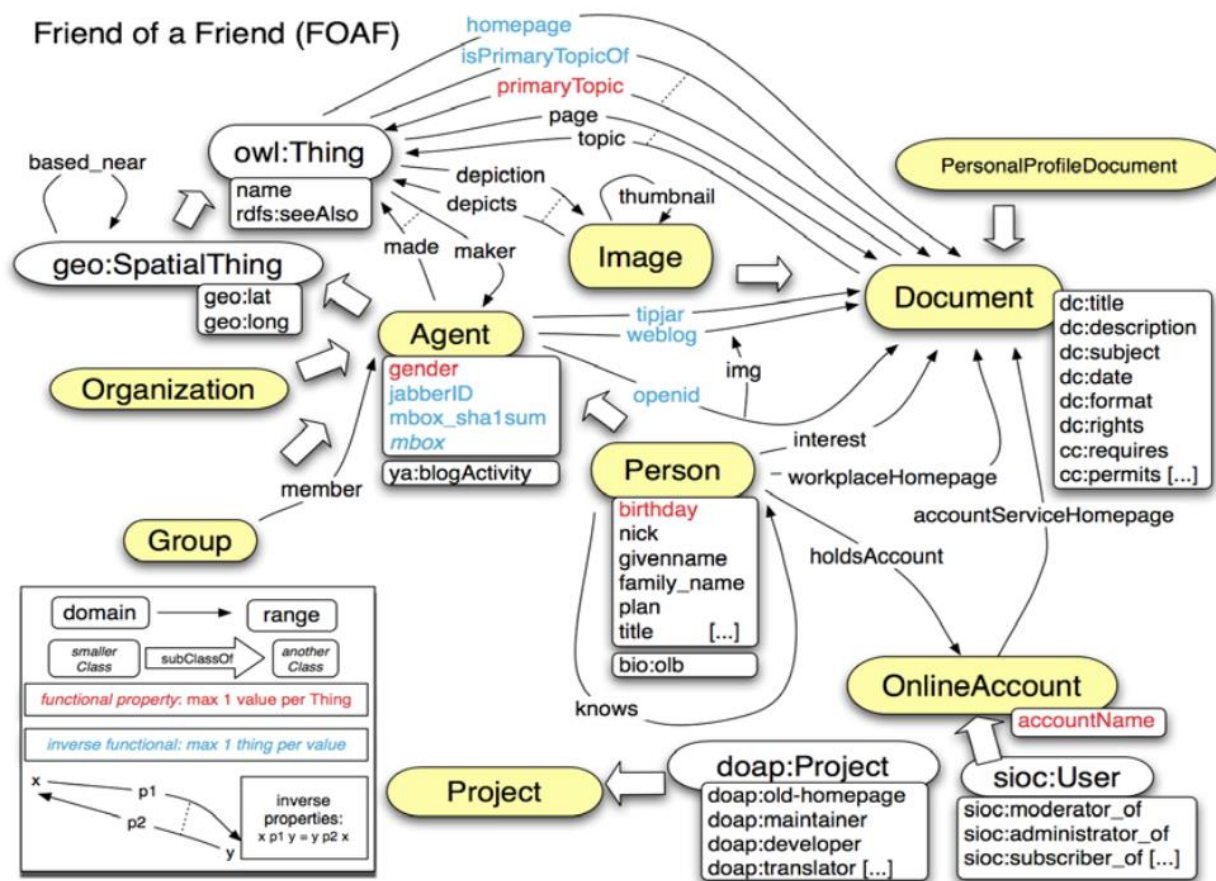


Рисунок 1.1 – Терміни FOAF представлені класами та властивостями

FOAF застосовує дещо еволюційний підхід до розширення інформації. FOAF дуже серйозно ставиться до слогану "AAA" (Any Anypoint Anywhere – будь-який, будь-де, будь-коли), до того, що фактичні переважні частини представлення значною мірою визначатимуться його використанням. Стиль вільного розширення FOAF реалізується за допомогою механізму накладання графів RDF.

Кожен профіль FOAF та кожна особа, описана в ньому, має унікальний ідентифікатор (URI). Це може бути адреса електронної пошти (завдяки схемі mailto:), URI домашньої сторінки, ідентифікатор у соціальній мережі (якщо він є URI) або спеціальний URI. Ця унікальність дозволяє об'єднувати інформацію про одну й ту саму особу з різних джерел.

Назва "Friend of a Friend" відображає основну ідею: якщо ви публікуєте свій FOAF-профіль і вказуєте, кого ви знаєте (з посиланням на їхні FOAF-профілі), а ці люди, своєю чергою, вказують своїх знайомих, то формується розподілена мережа зв'язків без централізованої бази даних. Це створює "соціальний граф", який може бути проаналізований машинами.

### *1.1.2. Застосування FOAF*

Основні застосування FOAF наступні:

- Побудова розподілених соціальних мереж: Дозволяє створювати соціальні зв'язки, не обмежуючись однією платформою.
- Персоналізація веб-сервісів: Сервіси можуть використовувати FOAF-профілі для надання більш релевантного контенту або рекомендацій.
- Управління ідентичністю: FOAF може бути частиною систем управління ідентичністю, таких як WebID (раніше FOAF+SSL), де FOAF-профіль є частиною цифрового ідентифікатора.
- Дослідження соціальних мереж: Дослідники можуть використовувати FOAF для аналізу структури соціальних груп та взаємозв'язків.
- Інтеграція даних: FOAF дозволяє інтегрувати розрізнені дані про людей з різних джерел в єдиний, машинозчитуваний формат.

Онтологія FOAF є чудовим прикладом того, як прості, але потужні засоби семантичного вебу можуть бути використані для організації та обміну інформацією про соціальні структури, відкриваючи нові можливості для інтелектуального аналізу даних та розробки розподілених, взаємопов'язаних застосунків.

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Ключова проблема, що обмежує широкомасштабне використання існуючих веб-даних, полягає у відсутності єдиної глобальної парадигми для їх публікації у легкооброблюваному форматі. Семантичний веб розглядається як комплексне інженерне рішення, що має потенціал для подолання цієї проблеми. Передбачається, що спрощення процесів публікації даних у форматах, придатних для повторного використання, стимулюватиме зростання обсягів опублікованої інформації, що призведе до ланцюгової реакції та експоненційного збільшення доступних даних. Такий підхід може сприяти появі великої кількості семантичних веб-застосунків, що виконуватимуть різноманітні завдання, та підвищенню модульності веб-додатків.

У даній дипломній роботі детально розглядається семантичний веб як інструмент для збагачення веб-ресурсів машинозчитуваною семантикою, що, своєю чергою, полегшує встановлення та підтримку соціальних зв'язків між користувачами.

## **1.2. Еволюція та застосування семантичного вебу у контексті підвищення ефективності інформаційного пошуку та соціальних мереж**

Сучасний світ характеризується зростаючою залежністю від веб-ресурсів, що призводить до значних часових витрат на пошук та аналіз інформації, необхідної для прийняття обґрунтованих рішень. Ефективне використання цього часу може бути досягнуто шляхом оптимізації процесів доступу та обробки даних, що, своєю чергою, дозволить зосередитися на безпосередньому прийнятті рішень та їх імплементації.

У цьому контексті концепція семантичного вебу набуває особливої актуальності, оскільки вона не лише сприяє підвищенню ефективності інформаційного пошуку, але й забезпечує інструменти для зв'язування індивідів у глобальному масштабі.

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

### *1.2.1. Основні принципи та виклики*

Веб-простір, функціонуючи як напівструктурована база даних, акумулює експоненціально зростаючий обсяг інформації. Таке швидке зростання кількості даних та веб-сторінок зумовлює недостатність традиційних пошукових систем, які втрачають свою ефективність та релевантність у умовах постійно зростаючого інформаційного навантаження. Ця ситуація створює нові виклики не лише у забезпеченні точного та релевантного пошуку інформації, але й у автоматизованому доступі до різномірних даних з різних джерел. Виникає нагальна потреба в розробці ефективних механізмів пошуку, здатних генерувати високоякісні результати на основі точного зіставлення добре визначених ресурсів та запитів користувачів.

У відповідь на ці виклики постає концепція семантичного вебу, що є розширенням традиційного вебу, в якому інформація наділяється чітко визначеним семантичним значенням. Технології семантичного вебу відіграють ключову роль у вдосконаленні традиційних механізмів веб-пошуку, оскільки вони спрямовані на створення машинозчитуваних даних. Важливо підкреслити, що семантичний веб не замінює існуючі пошукові системи, а доповнює їх, створюючи мережу інформації, структурованої таким чином, щоб її можна було ефективно обробляти машинами у глобальному масштабі.

### *1.2.2. Життєздатність та соціальний потенціал семантичного вебу*

Незважаючи на критичні зауваження щодо його життєздатності, прихильники семантичного вебу аргументують його успішне застосування у промисловості, біології та гуманітарних науках, що підтверджує валідність початкової концепції. Наукові дослідження вивчають соціальний потенціал семантичного вебу в бізнесі, охороні здоров'я та, що особливо важливо для даної дипломної роботи, у сфері соціальних мереж.

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Соціальні мережі відіграють життєво важливу роль у сучасному світі, представляючи собою угруповання індивідів у специфічні спільноти, наприклад, сільські громади або сусідські райони. Хоча соціальне мережування можливе в офлайн-форматі (наприклад, на робочому місці, в університетах або школах), воно набуло найбільшої популярності в онлайн-середовищі.

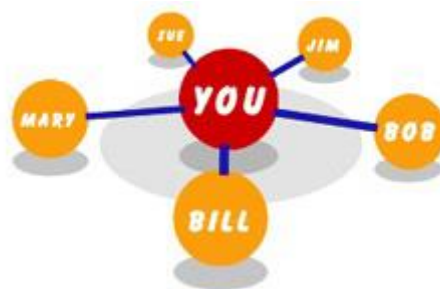


Рисунок 1.2 – Огляд соціального нетворкінгу

Сьогодні багато користувачів мають численні облікові записи на різних платформах соціальних мереж. Ця практика зумовлена необхідністю розмежування інформації, наприклад, для ділових та особистих контактів. Водночас, підтримка актуальності інформації в цих мережах вимагає значних зусиль. Множинні облікові записи необхідні не лише для розподілу різних аспектів життя; індивід може мати різні групи друзів, які віддають перевагу різним платформам (наприклад, MySpace, Facebook), або мати обліковий запис на спеціалізованому веб-сайті для підтримки зв'язку з певною спільнотою.

З точки зору управління повним спектром соціальних зв'язків, які розподілені між різними веб-сайтами, виникає потреба в консолідації всіх цих зв'язків в єдиний набір даних. У такій об'єднаній соціальній мережі друзі, які мають декілька облікових записів, будуть представлені як єдина особа, а інформація про користувача, розподілена на кількох сайтах, буде інтегрована. Проєкт "Friend of a Friend" (FOAF) є потенційним рішенням для

обміну даними соціальних мереж між різними платформами, механізми чого будуть детально розглянуті у подальших розділах.

У рамках даної роботи були використані фундаментальні концепції семантичного вебу та його ключова функція — здатність до встановлення зв'язків між даними. Основоположними елементами семантичного вебу, задіяними для зберігання інформації у веб-середовищі, виступили RDF (Resource Description Framework), XML (Extensible Markup Language) та онтології.

Зокрема, ми здійснили збереження певних даних, спираючись на структуру онтології FOAF (Friend of a Friend). Це включало зберігання конкретної персональної інформації з використанням знань, наданих онтологією FOAF, з подальшою публікацією цих даних у веб-просторі. Для реалізації цього завдання були розроблені власні прикладні веб-ресурси, які в подальшому були взаємопов'язані за допомогою онтології FOAF. Детальний опис імплементації та результатів буде представлено у наступних розділах роботи.

### 1.3. Оптимізація веб-ресурсів на основі семантичного вебу

Сучасне використання Інтернету охоплює такі ключові види діяльності, як пошук, інтеграція та веб-майнінг. Пошук, як первинна та найпоширеніша діяльність, що здійснюється практично кожним користувачем, незалежно від його технічної кваліфікації, водночас найочевидніше демонструє фундаментальні обмеження поточного Вебу. Основне прагнення користувача під час пошуку — отримати виключно релевантні результати з мінімізацією людського втручання. Проте, цей аспект виявляє суперечність: архітектура сучасного Інтернету, будучи переважно орієнтованою на відображення та читання, не розрізняє семантичний зміст інформації. Наприклад, вона не здатна диференціювати прогноз погоди від наукової статті або

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

ідентифікувати особисту домашню сторінку від корпоративного веб-сайту. Таким чином, основна складність полягає в тому, що поточний Веб не має достатньо продуманої структури: комп'ютери можуть лише відобразити інформацію, але не можуть "розуміти" її настільки глибоко, щоб надати найбільш релевантні дані в конкретних обставинах.

Щодо інтеграції даних, виникає інша проблематика, пов'язана з надмірною часткою ручної праці та потребою в значній автоматизації. Хоча на перший погляд ця складність може здатися відмінною від пошукової, її корінь подібний. Наразі інтеграція є складною через низьку ефективність процесів виявлення її компонентів. Причина полягає в тому, що, незважаючи на наявність усіх компонентів для інтеграції у Вебі, його архітектура не передбачає запам'ятовування або інтерпретації їхнього семантичного значення.

Нарешті, стосовно веб-майнінгу, ключовою складністю є висока вартість. Ця проблема, хоч і здається відмінною від попередніх, також має спільну фундаментальну причину.

Отже, для кожної з трьох основних видів діяльності у Вебі існує потреба в оптимізації: підвищення релевантності результатів для пошуку, збільшення автоматизації для інтеграції та зниження вартості для веб-майнінгу.

### *1.3.1. Концепція та архітектура семантичного вебу*

Якби документи у Вебі містили додаткову інформацію, що скеровувала б комп'ютери в їхньому розумінні змісту, всі три вищезазначені види діяльності могли б здійснюватися значно елегантнішим та ефективнішим способом. Сучасні технології дозволяють реконструювати Веб шляхом додавання до існуючих документів метаданих, які комп'ютери могли б використовувати для інтерпретації фактичного змісту цих документів. Цей процес трансформації перетворює традиційний Веб на "Семантичний Веб".

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Семантичний Веб суттєво відрізняється від традиційної Всесвітньої павутини. Цей термін, введений Тімом Бернерсом-Лі, позначає "веб даних, які можуть бути оброблені машинами". Згідно з консорціумом W3C, Семантичний Веб "надає спільну основу, яка дозволяє обмінюватися даними та повторно використовувати їх через межі додатків, підприємств та спільнот". Шляхом заохочення включення семантичного вмісту до веб-сторінок, Семантичний Веб прагне трансформувати поточний Веб, що домінує неструктурованими та напівструктурованими документами, у "веб даних". Стек технологій Семантичного Вебу базується на основі фреймворку опису ресурсів W3C (RDF).

Тім Бернерс-Лі описує Семантичний Веб наступним чином: "Семантичний Веб — це розширення поточного Вебу, в якому інформація має добре визначене значення, що краще дозволяє комп'ютерам і людям працювати у співпраці веб даних, які можуть бути оброблені безпосередньо та опосередковано машинами."

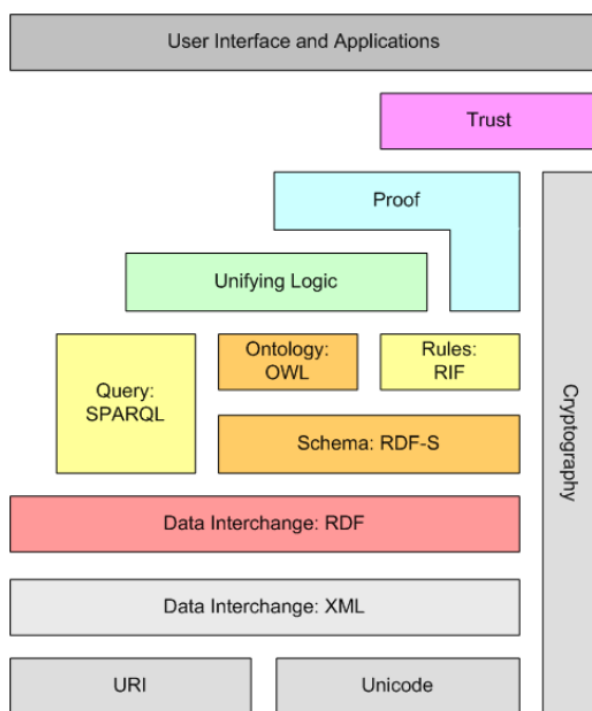


Рисунок 1.3 – Стек семантичного вебу

На рисунку 1.3 подано графічне представлення "Стеку Семантичного Вебу" (Semantic Web Stack) – багатoshарової архітектури, запропонованої W3C (World Wide Web Consortium) для побудови Семантичного Вебу. Ця архітектура ілюструє, як різні технології взаємодіють, щоб надати інформації машинно-зрозуміле значення. Розглянемо кожен рівень цього стеку знизу вгору, а також бічні компоненти.

#### 1. Нижній рівень (Foundation Layer).

- URI (Uniform Resource Identifier): Це фундаментальний рівень, що забезпечує глобальну ідентифікацію ресурсів у Вебі. Кожен ресурс (людина, документ, концепція, реальний об'єкт) має унікальний URI, що дозволяє посилатися на нього та відрізнити від інших.

- Unicode: Забезпечує стандартизоване кодування символів, що дозволяє обробляти інформацію різними мовами та алфавітами у глобальному масштабі.

#### 2. Рівень обміну даними (Data Interchange Layer)

- XML (Extensible Markup Language): Цей рівень забезпечує синтаксичну основу для структурованого обміну даними. XML дозволяє визначати власні теги та структурувати інформацію, але сам по собі не надає семантичного значення. Він є "базовим" форматом для наступних рівнів.

- RDF (Resource Description Framework): Це ключовий рівень, що забезпечує фреймворк для опису ресурсів у форматі "суб'єкт-предикат-об'єкт" (triples). RDF дозволяє виражати твердження про ресурси та їхні взаємозв'язки. Він надає універсальний механізм для представлення метаданих та зв'язків.

#### 3. Рівень схеми та онтології (Schema and Ontology Layer)

- Schema: RDF-S (RDF Schema): Цей рівень дозволяє створювати "схеми" або "словники" для ресурсів. RDF-S розширює RDF, надаючи механізми для визначення класів ресурсів, властивостей цих класів, ієрархій класів та властивостей (наприклад, `rdfs:subClassOf`, `rdfs:subPropertyOf`). Це

									Арк.
									22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ				

допомагає організувати та структурувати RDF-дані, надаючи їм певну логічну консистентність.

- **Ontology: OWL:** OWL є більш потужною та виразною мовою для визначення онтологій порівняно з RDF-S. OWL дозволяє виражати складніші взаємозв'язки, обмеження та логічні аксіоми. Вона надає засоби для визначення еквівалентності класів, диз'юнктності класів, кардинальності властивостей та інших логічних відношень, що дозволяє машинам виконувати більш складні висновки.

#### 4. Рівень логіки та запитів (Logic and Query Layer)

- **Rules: RIF (Rule Interchange Format):** Цей рівень (або його альтернативи) дозволяє визначати набори правил, які можуть бути використані для виведення нової інформації з існуючих даних. Правила дозволяють додавати логічні висновки та експертні системи до Семантичного Вебу.

- **Query: SPARQL** - мова запитів для RDF-даних. SPARQL дозволяє користувачам та додаткам ефективно запитувати та отримувати інформацію з RDF-графів. Вона подібна до SQL для реляційних баз даних, але адаптована до графової структури RDF.

- **Unifying Logic:** Цей рівень представляє собою механізм для інтеграції та узгодження інформації з різних джерел, використовуючи логічні правила та висновки. Він відповідає за обробку та об'єднання даних, які можуть бути отримані з різних онтологій та наборів правил.

#### 5. Верхній рівень (Top Layer)

- **Proof:** Цей рівень відповідає за механізми перевірки та верифікації висновків, зроблених на нижчих рівнях. Він дозволяє користувачам та машинам розуміти, чому було зроблено те чи інше твердження, і перевіряти його обґрунтованість.

- **Trust:** Це найвищий рівень у стеку, що стосується питань довіри до джерел інформації та її достовірності. Механізми довіри можуть включати

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

цифрові підписи, сертифікати, репутаційні системи та інші засоби для оцінки надійності даних.

Криптографія пронизує весь стек і відіграє критичну роль у забезпеченні безпеки, конфіденційності та автентичності даних у Семантичному Вебі. Вона забезпечує цифрові підписи для перевірки походження даних та шифрування для захисту конфіденційної інформації.

На вершині стеку розташовані додатки та користувацькі інтерфейси, які використовують усі нижчі рівні для взаємодії з користувачами та надання їм осмисленої інформації. Це кінцеві програми, які користувачі бачать і з якими працюють, використовуючи переваги Семантичного Вебу.

Ця багат шарова архітектура демонструє, як від простих ідентифікаторів (URI) та кодування символів (Unicode) до складних логічних висновків та механізмів довіри, Семантичний Веб будується крок за кроком, дозволяючи машинам не просто обробляти синтаксис, а й розуміти семантику інформації.

На поточному етапі розвитку семантичний веб може розглядатися як новий архітектурний шар, побудований поверх традиційного Вебу. Термін "семантичний" позначає "значення" і контрастує з "синтаксисом", що стосується форми висловлювання. Таким чином, Семантичний Веб надає машинозчитувані значення для існуючого традиційного Вебу. Коротко його можна визначити як "веб значень". Однак Семантичний Веб є значно ширшим поняттям, ніж просто автоматична інтеграція даних у великому масштабі.

### *1.3.2. Метадані як фундаментальний компонент семантичного вебу*

Ключовою концепцією Семантичного Вебу є метадані, які загалом визначаються як "дані про дані". Метадані є систематичним методом опису ресурсів, що значно покращує доступ до них. У контексті Вебу "систематичний" означає "структурований".

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Структуровані дані забезпечують машинозчитуваність та машинне розуміння, що є центральною ідеєю концепції Семантичного Вебу. Отже, метадані є фундаментальним будівельним блоком Семантичного Вебу. Для автоматизованої обробки машинами метадані повинні відповідати певним стандартам.

Одним з таких стандартів є Дублінське ядро (Dublin Core, DC). Цей стандарт, розроблений на семінарі з метаданих у березні 1995 року за підтримки Online Computer Library Center (OCLC) та National Center for Supercomputing Applications (NCSA), спочатку включав 13 елементів (згодом розширених до 15), відомих як Набір метаданих Дублінського ядра (DCMES). До цих елементів належать:

- Творець
- Видавець
- Співробітник
- Назва
- Дата
- Ідентифікатор
- Опис
- Мова
- Формат

Детальний опис елементів DC буде представлено у подальших розділах цієї роботи. Важливо зазначити, що ці метадані не відображаються безпосередньо у веб-браузері. Їхнє основне призначення — автоматичне читання та обробка інструментами або агентами. Метадані сприяють публікації веб-документів та, таким чином, реалізують концепцію Семантичного Вебу.

Найпростішим методом є безпосереднє вбудовування метаданих у веб-сторінку під час її створення.

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.4. Приклади імплементацій з'єднання даних користувачів на основі семантичного вебу

Наведемо кілька прикладів конкретних імплементацій, що демонструють, як FOAF та принципи семантичного вебу можуть бути використані для створення зв'язаних даних про людей та їхні соціальні взаємодії.

### 1.4.1. Персональні профілі FOAF з ручним або напівавтоматичним створенням

#### Опис імплементації

Цей підхід полягає у створенні індивідуальних FOAF-профілів, що описують користувача та його соціальні зв'язки. Профілі можуть бути створені вручну за допомогою текстового редактора або за допомогою спеціалізованих інструментів, таких як FOAF-O-Matic. Кожен профіль є RDF-документом, що містить персональні дані (ім'я, електронна пошта, домашня сторінка, інтереси) та властивості foaf:knows, які вказують на інших осіб, що також мають FOAF-профілі. Для забезпечення унікальної ідентифікації можуть використовуватися хеші електронних адрес (foaf:mbox\_sha1sum) або URI.

#### Технології:

- RDF (Resource Description Framework): Базова модель для представлення даних у вигляді трійок (суб'єкт-предикат-об'єкт).
- OWL (Web Ontology Language): Використовується для визначення онтології FOAF, її класів (foaf:Person) та властивостей (foaf:knows, foaf:mbox).
- XML (Extensible Markup Language): Формат серіалізації для RDF/OWL документів.

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

- Веб-сервер (наприклад, Apache, Nginx): Для хостингу FOAF-документів та асоційованих веб-сторінок.

- FTP-клієнт (наприклад, FileZilla): Для завантаження FOAF-документів на веб-сервер.

- FOAF-O-Matic (онлайн-інструмент): Для спрощеної генерації FOAF-профілів.

Приклад коду (FOAF-документ):

#### XML

```
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:foaf="http://xmlns.com/foaf/0.1/"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#">
  <foaf:Person rdf:about="http://example.com/me#me">
    <foaf:name>John Doe</foaf:name>
    <foaf:mbox
rdf:resource="mailto:john.doe@example.com"/>
    <foaf:mbox_shalsum>...</foaf:mbox_shalsum>
  <foaf:homepage rdf:resource="http://example.com/john-homepage"/>
    <foaf:knows>
      <foaf:Person
rdf:about="http://another.example.org/friend#friend">
        <foaf:name>Jane Smith</foaf:name>
        <foaf:mbox_shalsum>...</foaf:mbox_shalsum>
      </foaf:Person>
    </foaf:knows>
    <rdfs:seeAlso
rdf:resource="http://another.example.org/friend/foaf.rdf"/>
  </foaf:Person>
</rdf:RDF>
```

Ця імплементація дозволяє створити базовий рівень семантичних зв'язків між індивідами. Використання rdfs:seeAlso та foaf:knows створює

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

"павутину" взаємопов'язаних профілів, яку можуть обробляти семантичні агенти. Простота FOAF дозволяє широке впровадження, хоча масштабування може вимагати автоматизованих підходів.

#### 1.4.2. Семантичний пошук та навігація (FOAF-Explorer)

##### Опис імплементації

Цей приклад демонструє, як можна використовувати FOAF-документи для розробки інструментів для семантичного пошуку та навігації по соціальних мережах. FOAF-Explorer, згаданий у вашому тексті, є яскравим прикладом. Він сканує веб, виявляючи FOAF-документи, обробляє їх, застосовуючи правила логічного висновку (наприклад, для Inverse Functional Properties), та дозволяє користувачам переглядати та досліджувати зв'язки між людьми.

##### Технології:

- RDF Parser: Для синтаксичного аналізу FOAF-документів.
- Reasoning Engine (логічний висновок): Для ідентифікації одних і тих же осіб за різними ідентифікаторами (наприклад, foaf:mbox, foaf:mbox\_sha1sum, foaf:homepage) та виведення неявних зв'язків.
- Crawler (сканер): Для обходу веб-простору та виявлення FOAF-документів за допомогою rdfs:seeAlso та інших методів.
- Графова база даних (наприклад, Apache Jena, RDF4J, GraphDB): Для зберігання та ефективного запити агрегованих RDF-трійок.
- Веб-фреймворк (наприклад, Python/Django, Java/Spring): Для розробки користувацького інтерфейсу та бекенд-логіки.

##### Приклад функціональності:

1. Користувач вводить URL FOAF-документа.
2. Система запускає сканер, який завантажує документ та всі пов'язані з ним документи через rdfs:seeAlso.
3. Парсер обробляє RDF-трійки.

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Механізм логічного висновку ідентифікує унікальних осіб, навіть якщо вони описані в різних документах з різними URI, використовуючи, наприклад, foaf:mbox\_sha1sum як унікальний ідентифікатор.

5. Інтерфейс відображає профіль особи, її властивості та список пов'язаних осіб (foaf:knows), дозволяючи перейти до їхніх профілів.

Імплементация семантичного пошуку дозволяє долати фрагментованість даних у традиційних соціальних мережах. Вона демонструє, як стандарти Семантичного Вебу дозволяють створювати глобально зв'язані знання, що можуть бути автоматично оброблені. Проте, ефективність залежить від поширеності та якості FOAF-документів у вебi.

### *1.4.3. Групові комунікації на основі семантичних критеріїв (Conceptual Design)*

#### Опис імплементации

Цей приклад фокусується на концепції використання семантичних зв'язків для формування динамічних груп для таких цілей, як розсилка групових SMS. Хоча це більш концептуальний дизайн, ніж повністю розроблена імплементация, він ілюструє потенціал. Система дозволяє користувачу визначити критерії (наприклад, "студенти, які цікавляться семантичним вебom" або "друзі, які є членами групи C10"), а потім автоматично ідентифікує відповідних осіб з FOAF-профiлів для включення до групи розсилки.

Технології (пропоновані для імплементации):

- SPARQL Endpoint: Для запиту агрегованих FOAF-даних (що зберігаються у графовій базі даних) за складними критеріями.

- Онтології FOAF та MOAT (Meaning-of-a-Tag): MOAT може бути використаний для семантичної анотації інтересів або тегів, що дозволяє більш тонке фільтрування.

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Серверна логіка (наприклад, Java/Spring Boot, Python/Flask): Для обробки запитів від мобільних клієнтів, виконання SPARQL-запитів та управління логікою формування груп.

- Мобільний клієнт (наприклад, J2ME, Android/Kotlin, iOS/Swift): Для взаємодії з користувачем, збору критеріїв та ініціювання розсилки.

- API для SMS-шлюзу: Для фактичної відправки повідомлень.

Приклад функціональності:

1. Користувач на мобільному пристрої вводить критерії: Person з topic\_interest "Semantic Web" та member "C10".

2. Мобільний додаток відправляє ці критерії на сервер.

3. Сервер формує SPARQL-запит до графової бази даних, що містить FOAF/MOAT дані:

Фрагмент коду

```
SELECT ?person_phone WHERE {  
  ?person a foaf:Person ;  
    foaf:topic_interest  
      <http://dbpedia.org/resource/Semantic_Web> ;  
    foaf:member "C10" ;  
    foaf:phone ?person_phone .  
}
```

4. Сервер отримує список телефонних номерів відповідних осіб.

5. Сервер використовує SMS-шлюз для відправки повідомлень на отримані номери.

Ця імплементація демонструє трансформаційний потенціал семантичного вебу для автоматизації та інтелектуалізації соціальних взаємодій. Вона дозволяє створювати динамічні, контекстно-залежні групи, що значно перевершує можливості традиційних соціальних мереж. Викликом є необхідність широкого впровадження семантичних даних та розробка надійних механізмів висновку.

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Ці приклади ілюструють різні рівні імплементації – від базового створення документів до складних систем, що використовують логічний висновок для інтелектуальних застосунків. Кожен з них демонструє, як принципи семантичного вебу та онтологія FOAF сприяють створенню більш зв'язаного, машинозрозумілого та функціонального інтернету.

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

## РОЗДІЛ 2. ОСБЛИВОСТІ І КОНЦЕПТИ ПОБУДОВИ СЕМАНТИЧНОГО ВЕБУ

Перед переходом до детального розгляду механізмів зв'язування інформації за допомогою Семантичного Вебу, необхідно проаналізувати його фундаментальні складові. До них належать Extensible Markup Language (XML), Resource Description Framework (RDF), Web Ontology Language (OWL) та Semantic Web Document (SWD).

### 2.1. Особливості мови розмітки XML

Extensible Markup Language (XML) є мовою розмітки, яка визначає стандартизований набір правил для кодування документів. Ці правила забезпечують формат, зрозумілий як для людини, так і для машинної обробки. XML був розроблений переважно для транспортування та зберігання даних, а не для їх відображення. Його специфікація XML 1.0, розроблена Консорціумом Всесвітньої павутини (W3C), разом з іншими супутніми специфікаціями, є відкритими та вільно доступними стандартами.

На відміну від HTML, теги XML не є заздалегідь визначеними, що дозволяє користувачам визначати власні теги. Ця властивість робить XML самоописовою мовою. XML широко застосовується в різних аспектах веб-розробки, оптимізуючи процеси зберігання та обміну даними. Важливо зазначити, що формат XML є обов'язковою умовою для формування RDF-даних.

Документи XML формують деревоподібну структуру. Кожен XML-документ повинен містити єдиний кореневий елемент, який є "батьківським" для всіх інших елементів. Елементи в XML-документі організовані в ієрархічне дерево, що починається з кореня та розгалужується до найнижчого рівня. Всі елементи можуть містити піделементи (дочірні елементи).

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Правила синтаксису XML відрізняються простотою та логічністю. До основних синтаксичних правил належать:

- Усі елементи XML повинні мати відповідний закриваючий тег.
- Теги XML є чутливими до регістру.
- Елементи XML повинні бути правильно вкладеними.
- Кожен XML-документ повинен мати кореневий елемент.
- Значення атрибутів XML повинні бути в лапках.
- Пробіли зберігаються в XML.
- XML зберігає новий рядок як символ LF (Line Feed).

```
<root>
  <child>
    <subchild>.....</subchild>
  </child>
</root>
```

Рисунок 2.1 - Деревоподібна структура XML

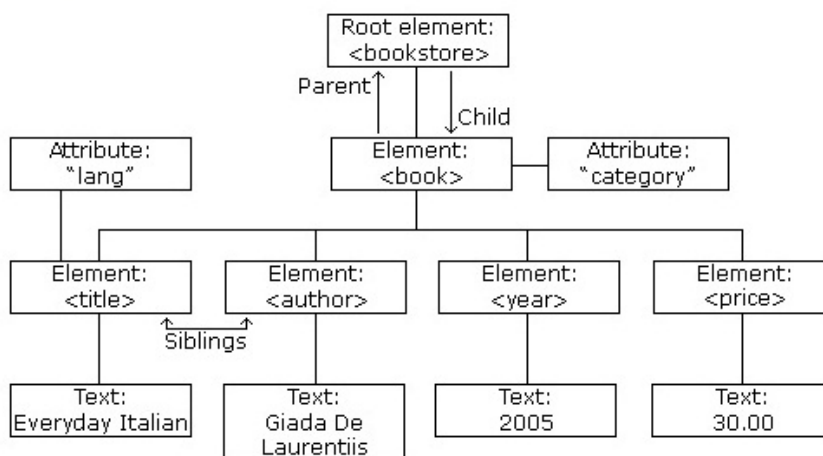


Рисунок 2.2 - Приклад використання деревоподібної структури

Валідатор XML є інструментом для перевірки синтаксичної коректності XML-документа. Приклад використання валідатора може бути продемонстрований через інтеграцію XML-коду в текстове поле та його

перевірку (наприклад, за допомогою ресурсу [http://www.w3schools.com/xml/xml\\_server.asp](http://www.w3schools.com/xml/xml_server.asp)).

```
http://www.w3schools.com/xml/xml_server.asp?xml version="1.0" ?>
<note>
<to>Tove</to>
<from>Jani</from>
<heading>Reminder</heading>
<body>Don't forget me this weekend!</body>
</note>
```

Validate

Рисунок 2.3 - XML валідатор

Якщо в документі виявлено синтаксичні помилки, система генерує повідомлення про помилку (як проілюстровано на рисунку 2.4).

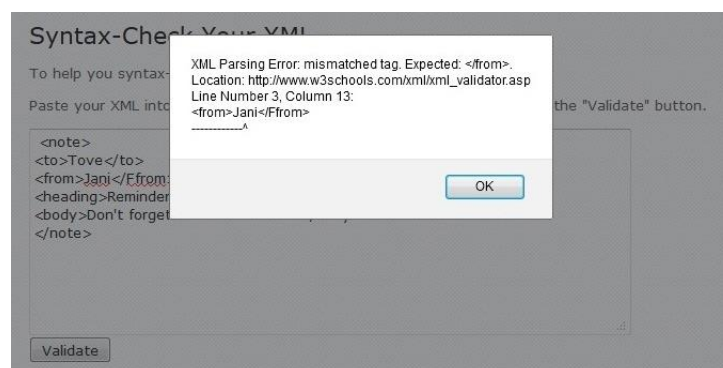


Рисунок 2.4 - Результат розбору XML з помилкою

У разі відсутності помилок з'являється повідомлення "No errors found" (рисунок 2.5).

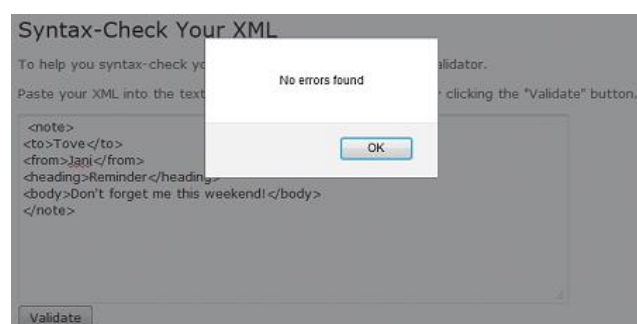


Рисунок 2.5 - Результат розбору XML без помилки

Простори імен XML (XML Namespaces) використовуються для забезпечення унікальності назв елементів та атрибутів у межах XML-документа. Вони визначені в рекомендаціях W3C. Це дозволяє XML-документам містити елементи або атрибути, назви яких походять з декількох XML-словників. Призначення унікального простору імен кожному словнику усуває неоднозначність між елементами або атрибутами з однаковими назвами. Простори імен XML оголошуються за допомогою зарезервованого атрибута XML `xmlns` або `xmlns:префікс`, значенням якого має бути дійсне ім'я простору імен (рис. 2.6).

```
<root>
<h:table xmlns:h="http://www.w3.org/TR/html4/">
  <h:tr>
    <h:td>Apples</h:td>
    <h:td>Bananas</h:td>
  </h:tr>
</h:table>
<f:table xmlns:f="http://www.w3schools.com/furniture">
  <f:name>African Coffee Table</f:name>
  <f:width>80</f:width>
  <f:length>120</f:length>
</f:table>
</root>
```

Рисунок 2.6 - Приклад представлення `xmlns:prefix`

Простори імен можуть бути оголошені безпосередньо в елементах, де вони використовуються, або в кореневому елементі XML-документа (рис. 2.7).

```
<root xmlns:h="http://www.w3.org/TR/html4/"
xmlns:f="http://www.w3schools.com/furniture">
<h:table>
  <h:tr>
    <h:td>Apples</h:td>
    <h:td>Bananas</h:td>
  </h:tr>
</h:table>
<f:table>
  <f:name>African Coffee Table</f:name>
  <f:width>80</f:width>
  <f:length>120</f:length>
</f:table>
</root>
```

Рисунок 2.7: Приклад представлення `xmlns` у кореневому каталозі

## 2.2. Компонент архітектури семантичного вебу RDF

Resource Description Framework (RDF) є фундаментальним компонентом архітектури Семантичного Вебу. Його роль у Семантичному Вебі аналогічна ролі HTML для традиційного Вебу. Мова RDF необхідна для створення файлів розмітки та служить засобом для побудови файлів метаданих. RDF являє собою XML-орієнтовану мову, призначену для опису інформації, що міститься у веб-ресурсах. Під веб-ресурсом може розумітися веб-сторінка, повноцінний веб-сайт або будь-який елемент у Вебі, що містить інформацію у певній формі.

Модель даних RDF концептуально близька до класичних методів моделювання, таких як діаграми "сутність-зв'язок" або діаграми класів. Вона ґрунтується на парадигмі формування тверджень про ресурси (зокрема веб-ресурси) у форматі виразів "суб'єкт-предикат-об'єкт". У термінології RDF ці вирази відомі як трійки.

RDF використовує уніфіковані ідентифікатори ресурсів (URI) для однозначної ідентифікації ресурсів. Опис ресурсів здійснюється за допомогою властивостей та значень властивостей. Роз'яснення цих термінів наведено нижче:

1. Ресурс: Будь-який об'єкт, який може мати URI, наприклад, <http://www.w3schools.com/rdf>.
2. Властивість: Ресурс, що має назву, наприклад, "автор" або "домашня сторінка".
3. Значення властивості: Значення, що приписується властивості, наприклад, "Ян Егіл Рефснес" або <http://www.w3schools.com> (зауважте, що значення властивості також може бути іншим ресурсом).

Приклад представлення RDF-даних у XML-форматі подано на рисунку 2.8.

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

```

<?xml version="1.0"?>
<RDF>
  <Description about="http://www.w3schools.com/rdf">
    <author>Jan Egil Refsnes</author>
    <homepage>http://www.w3schools.com</homepage>
  </Description>
</RDF>

```

Рисунок 2.8 - Приклад відображення ресурсу, властивості та значення властивості

Поєднання ресурсу, властивості та значення властивості формує твердження (відоме як суб'єкт, предикат та об'єкт твердження).

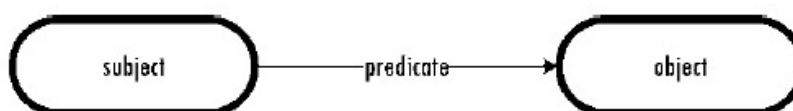


Рисунок 2.9 - Графова структура оператора RDF

Основними елементами структури RDF-документа є кореневий елемент `<RDF>` та елемент `<Description>`, який ідентифікує ресурс.

Елемент `<rdf:RDF>` є кореневим елементом RDF-документа. Він позначає XML-документ як документ RDF та містить посилання на простір імен RDF:

```

<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#">
  ...Description goes here...
</rdf:RDF>

```

Рисунок 2.10 - Елемент `<rdf:RDF>`

Елемент `<rdf:Description>` ідентифікує ресурс за допомогою атрибута `rdf:about`. Він містить елементи, що описують ресурс:

```

<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:cd="http://www.recshop.fake/cd#">
  <rdf:Description rdf:about="http://www.recshop.fake/cd/Empire Burlesque">
    <cd:artist>Bob Dylan</cd:artist>
    <cd:country>USA</cd:country>
    <cd:company>Columbia</cd:company>
    <cd:price>10.90</cd:price>
    <cd:year>1985</cd:year>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>

```

Рисунок 2.11 - Елемент <rdf:Description>

Схема RDF (Resource Description Framework Schema, скорочено RDFS, RDF(S), RDF-S або RDF/S) — це набір класів із визначеними властивостями, що використовуються в рамках розширеної мови представлення знань RDF. Вона надає базові елементи для опису онтологій, призначених для структурування ресурсів RDF. RDFS є розширенням RDF, що забезпечує основу для опису специфічних для додатків класів та властивостей. Класи в схемі RDF функціонально подібні до класів в об'єктно-орієнтованих мовах програмування, дозволяючи визначати ресурси як екземпляри класів та підкласів.



Рисунок 2.12 - Валідатор RDF-документів, наданий www.w3.org

									Арк.
									38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ				

Валідатор RDF є інструментом, наданим консорціумом W3C (доступний за адресою [www.w3.org/RDF/validator/](http://www.w3.org/RDF/validator/)). Він призначений для перевірки відповідності наданого RDF-документа синтаксису RDF. Будь-який RDF-документ може бути вставлений у відповідне поле для аналізу з метою отримання його триплетів. Після ініціації операції "parse RDF" (рис. 2.12), відображаються результати валідації (рис. 2.13), що підтверджує коректність формату RDF-документа та представляє твердження RDF у вигляді трійок.

The screenshot shows the W3C RDF Validator interface. At the top, there are navigation links: Home, Documentation, and Feedback. The main heading is "Validation Results", followed by the message "Your RDF document validated successfully". Below this is a section titled "Triples of the Data Model" containing a table with 4 rows and 3 columns: Number, Subject, and Predicate. To the right of the table is a "Jump To:" menu with options: Source, Triples, Messages, Graph, Feedback, and Back to Validator Input. At the bottom, there is a section "The original RDF/XML document" with a code block containing XML syntax.

Number	Subject	Predicate
1	<a href="http://www.yuchen.net/rdf/NikonD70.rdf#Nikon-D70">http://www.yuchen.net/rdf/NikonD70.rdf#Nikon-D70</a>	<a href="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type</a>
2	<a href="http://www.yuchen.net/rdf/NikonD70.rdf#Nikon-D70">http://www.yuchen.net/rdf/NikonD70.rdf#Nikon-D70</a>	<a href="http://www.yuchen.net/photography/Camera#weight">http://www.yuchen.net/photography/Camera#weight</a>
3	<a href="#">genid:A50453</a>	<a href="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#value">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#value</a>
4	<a href="#">genid:A50453</a>	<a href="http://www.standards.org/newsroom/entries">http://www.standards.org/newsroom/entries</a>

```

1: <?xml version="1.0"?>
2: <rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
3:   xmlns:cam="http://www.standards.org/newsroom/entries"
4:   xmlns="http://www.yuchen.net/photography/Camera#"?>
5:
6: <rdf:Description rdf:about="http://www.yuchen.net/rdf/NikonD70.rdf#Nikon-D70">
7:   <rdf:type rdf:resource="http://www.yuchen.net/photography/Camera#31R"/>
8:   <weight>
9:     <rdf:Description>

```

Рисунок 2.13 - Результат валідації

Для забезпечення автоматизованої обробки метаданих машинами необхідна стандартизація. Дублінське ядро (Dublin Core, DC) є одним із таких стандартів. Його розробка розпочалася на семінарі з метаданих у березні 1995 року, спонсорованому Online Computer Library Center (OCLC) та National Center for Supercomputing Applications (NCSA). DC складається з 13 елементів (згодом розширених до 15), відомих як Набір метаданих Дублінського ядра (DCMES). Цей набір пропонується як мінімальний обсяг елементів метаданих, необхідних для полегшення виявлення об'єктів, таких як документи, у мережевому середовищі, зокрема в Інтернеті.

Метадані дублінського ядра можуть використовуватися для різноманітних цілей: від простого опису ресурсів до комбінування словників метаданих з різних стандартів, забезпечення взаємодії між словниками метаданих у хмарі пов'язаних даних та реалізація Семантичного Вебу. Елементи Дублінського ядра, кожен з яких супроводжується описом, перераховані на рисунку 2.14.

Property	Definition
Contributor	An entity responsible for making contributions to the content of the resource
Coverage	The extent or scope of the content of the resource
Creator	An entity primarily responsible for making the content of the resource
Format	The physical or digital manifestation of the resource
Date	A date of an event in the lifecycle of the resource
Description	An account of the content of the resource
Identifier	An unambiguous reference to the resource within a given context
Language	A language of the intellectual content of the resource
Publisher	An entity responsible for making the resource available
Relation	A reference to a related resource
Rights	Information about rights held in and over the resource
Source	A Reference to a resource from which the present resource is derived
Subject	A topic of the content of the resource
Title	A name given to the resource
Type	The nature or genre of the content of the resource

A quick look at the table above indicates that RDF is ideal for representing Dublin Core information.

Рисунок 2.14 - Приклади елементів у схемі метаданих Dublin Core

### 2.3. Мова опису онтологій OWL

Семантичний веб прагне до досягнення підвищеного рівня автоматизації, можливості повторного використання даних та покращеної взаємодії. Ключова перевага Семантичного Вебу полягає в удосконаленні механізмів пошуку за рахунок застосування онтологій. Онтологія представляє собою формалізований опис усіх концепцій у певній предметній області та їхніх взаємозв'язків. Для представлення онтологій у контексті Семантичного Вебу рекомендованими W3C моделями є Resource Description Framework/Schema (RDF(S)) та Web Ontology Language (OWL). У веб-

контексті онтологія відноситься до точного опису веб-інформації та кореляцій між її елементами. Основний підхід до побудови Семантичного Вебу полягає у використанні термінів, визначених в онтології, як метаданих для анотування веб-контенту. Загальновизнане визначення онтології полягає в тому, що вона є формальною специфікацією концептуалізації.

Мова онтології вебу (OWL) належить до сімейства мов представлення знань, призначених для створення онтологій або баз знань. Ці мови характеризуються формальною семантикою та серіалізаціями на основі RDF/XML для Семантичного Вебу. OWL підтримується Консорціумом Всесвітньої павутини (W3C) і набула значної уваги в академічному, медичному та комерційному секторах. OWL побудована на основі RDF. Хоча OWL та RDF мають багато спільних рис, OWL є більш потужною мовою з вищим рівнем машинозрозумілості, ніж RDF. Вона володіє ширшим словником та сильнішим синтаксисом порівняно з RDF і розробляється на XML.

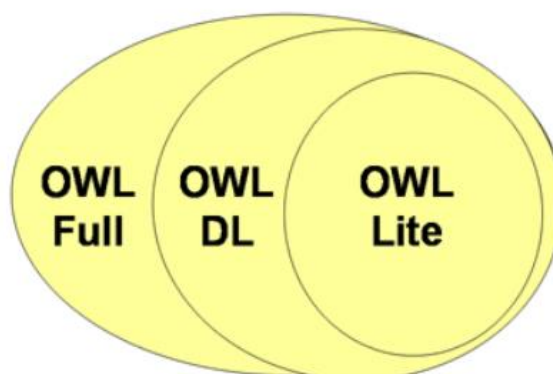


Рисунок 2.15 - Ієрархія виразної потужності підмов OWL

Представлений рисунок 2.15 ілюструє ієрархію виразної потужності різних підмов (sublanguages) OWL, які є ключовими для побудови онтологій у семантичному вебі. Ця діаграма показує, що OWL є не однією мовою, а сімейством мов, кожна з яких має різний рівень виразності та обчислювальної складності.

Діаграма показує, що OWL Lite є підмножиною OWL DL, а OWL DL є підмножиною OWL Full.

Це означає, що будь-яка дійсна онтологія OWL Lite є також дійсною онтологією OWL DL та OWL Full. Аналогічно, будь-яка дійсна онтологія OWL DL є також дійсною онтологією OWL Full. Вибір конкретної підмови OWL залежить від потреб проєкту, а саме від компромісу між виразністю (експресивністю) онтології та обчислювальною складністю автоматизованих висновків, які необхідно виконувати на цих онтологіях.

Необхідність використання OWL зумовлена баченням семантичного вебу, де:

- Веб-інформація має точне та однозначне семантичне значення.
- Веб-інформація може бути ефективно оброблена комп'ютерами.
- Комп'ютери здатні інтегрувати інформацію з різних веб-ресурсів.

Документ семантичного вебу (SWD) є атомарним пакетом передачі даних Семантичного Вебу у веб-просторі. Він функціонує як веб-сторінка, доступна за URL, і одночасно як граф RDF, що містить дані Семантичного Вебу. SWD може бути як статичною, так і динамічно згенерованою веб-сторінкою, наприклад, шляхом виконання запиту до бази даних.

Зокрема, SWD можуть бути класифіковані на:

- Чисті SWD (Pure SWD, PSWD): Документи, повністю написані мовами семантичного вебу.
- Вбудовані SWD (Embedded SWD, ESWD): Документи, що містять вбудовані RDF-графи у своєму текстовому вмісті (наприклад, HTML-документи, що включають метадані ліцензії Creative Commons).

Документи Семантичного Вебу (SWD) характеризуються наявністю семантичної анотації та значущих посилань на інші SWD. Оскільки традиційні пошукові системи не враховують ці особливості, існує об'єктивна потреба в розробці спеціалізованих пошукових систем, адаптованих для

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роботи з SWD, особливо з онтологіями. Такі пошукові системи є необхідними як для користувачів, так і для програмних агентів та сервісів.

## 2.4. Семантична соціальна мережі на основі FOAF

В контексті онлайн-соціальних мереж, що функціонують переважно на базі веб-сайтів, відомих як сайти соціальних мереж, існують значні обмеження, що перешкоджають їхньому потенціалу доступу до повного діапазону доступного контенту та взаємодії з індивідами у глобальному Інтернеті. Семантичний Веб пропонує архітектурне рішення, що дозволяє інтегрувати семантичні соціальні мережі в саму основу Інтернету наступного покоління. Це передбачає взаємопов'язування як контенту, так і суб'єктів значущими та машинозчитуваними способами.

Семантичний Веб виступає як ефективна платформа для встановлення зв'язків та виконання операцій з різнорідними даними, що стосуються людей та об'єктів, які зібрані з гетерогенних соціальних мереж. У зворотному напрямку, об'єктно-орієнтовані мережі можуть слугувати багатими джерелами даних для додатків Семантичного Вебу. Таким чином, для реалізації концепції зв'язування соціальних мереж, Семантичний Веб повинен зберігати великий обсяг екземплярів даних, розподілених між багатьма незалежними веб-сайтами. У цьому контексті механізми міркування (reasoning) можуть бути використані для об'єднання екземплярів, які інакше розглядалися б як різні. Фундаментальним елементом соціальної мережі на Семантичному Вебі є FOAF (Friend Of A Friend).

Для розуміння сутності FOAF розглянемо типову веб-сторінку, що містить персональну інформацію про автора, наприклад, електронну адресу, контактний номер, особисті інтереси тощо. Хоча ця інформація є зрозумілою для людини, вона не може бути легко оброблена автоматизованими агентами або інструментами. Виникає завдання стандартизації та машинозрозумілості

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

таких даних. Рішення полягає у використанні схем RDF або OWL для створення онтології, що описує особисту інформацію. Згодом кожна персональна веб-сторінка анотується шляхом зв'язування її з RDF-документом, створеним з використанням цієї онтології.

З цією метою був ініційований проєкт FOAF. Першим кроком стала розробка онтології під назвою FOAF, яка включає основні терміни, що зазвичай застосовуються для опису персональної інформації.

#### *2.4.1. Синтаксис та семантика FOAF*

Проєкт "Friend of a Friend" (FOAF) є одним з наймасштабніших і найуспішніших проєктів у рамках Семантичного Вебу. FOAF - це схема, заснована на RDF, призначена для семантичного опису осіб та їхньої соціальної мережі. FOAF став широко прийнятим стандартом словника для представлення соціальних мереж, і багато великих сайтів соціальних мереж інтегрують його для створення профілів Семантичного Вебу для своїх користувачів. На сьогодні в Інтернеті існують мільйони FOAF-профілів, розміщених на різноманітних веб-ресурсах. Завдяки такому успішному впровадженню FOAF часто наводиться як приклад успіху Семантичного Вебу.

Сутність FOAF полягає в його здатності моделювати наше місце у Вебі та місце Вебу у нашому світі. FOAF є простою технологією, що спрощує обмін та використання інформації про людей та їхню діяльність (наприклад, фотографії, календарі, блоги), забезпечуючи передачу інформації між веб-сайтами та її автоматичне розширення, об'єднання та повторне використання в Інтернеті.

Семантичний Веб пропонує перспективне рішення для публікації інформації та послуг у Всесвітній павутині, доповнених машинно-оброблюваними описами. Це дозволяє веб-агентам виконувати різноманітні завдання від імені користувачів, включаючи виявлення та інтеграцію

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

інформації, а також узгодження та композицію послуг. Інформація, опублікована мовами Семантичного Вебу (RDF та OWL), використовує терміни, що позначають класи та властивості, запозичені з однієї або кількох онтологій. Ці онтології є онлайн-документами RDF, які оголошують набір термінів з унікальними URI та далі визначають їх, встановлюючи логічні відносини та обмеження між ними.

FOAF надає словник RDF/XML для опису особистої інформації, включаючи ім'я, поштову скриньку, URL домашньої сторінки, зв'язки з друзями тощо. FOAF-документи індукують "павутину знайомств", що, своєю чергою, формує імпліцитну мережу довіри для підтримки таких застосунків, як аутсорсинг знань та онлайн-спільноти.

#### 2.4.2. Словники FOAF

Досягнення у розробці словника FOAF та його застосунках висвітлюють кілька складних питань, що потребують подальшого вирішення. Поточна література з FOAF надає бачення та різні моделі потенційного використання FOAF-документів для підтримки веб-орієнтованої інформаційної системи, виходячи з припущення широкої доступності FOAF-документів.

У цьому підрозділі обговорюються синтаксис та семантика FOAF. FOAF, будучи фреймворком для представлення інформації про людей та їхні соціальні зв'язки, а не веб-сайтом або програмним пакетом, написаний на OWL. Він містить терміни для опису особистої інформації, членства в групах та соціальних зв'язків. Хоча словник FOAF є досить виразним і перебуває в процесі розвитку, він дозволяє виражати різні типи інформації, що описують людину. Особи описуються як екземпляри класу foaf:Person. Існує безліч властивостей для опису атрибутів людей, включаючи ім'я, електронну адресу та документи, які вони створюють.

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Клас foaf:Person є одним з основних класів, визначених у словнику FOAF, і він представляє людей у реальному світі. Нижче наведено його визначення:

```
<rdfs:Class
  rdf:about="http://xmlns.com/foaf/0.1/Person"
  rdfs:label="Person"
  rdfs:comment="A person."
  vs:term_status="stable">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Class"/>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:about="http://xmlns.com/wordnet/1.6/Person"/>
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:about="http://xmlns.com/foaf/0.1/Agent"/>
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:about="http://xmlns.com/wordnet/1.6/Agent"/>
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:about="http://www.w3.org/2000/10/swap/pim/contact#Person"/>
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:about="http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#SpatialThing"/>
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/Document"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/Organization"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/Project"/>
</rdfs:Class>
```

Рисунок 2.16 – Визначення класу foaf:Person

Як видно з визначення, foaf:Person є підкласом класу Person, визначеного у WordNet. WordNet — це семантичний лексикон для англійської мови, що групує англійські слова в набори синонімів (синсети) та надає короткі, загальні визначення, включаючи різні семантичні відносини між цими синсетами. WordNet має подвійну мету: створення інтуїтивно зрозумілішого словника-тезауруса та підтримка автоматичного аналізу текстів та застосунків штучного інтелекту.

Окрім класу foaf:Person, онтологія FOAF визначає значну кількість інших класів, метою яких є охоплення основних концепцій, що можуть бути використані для опису людини як ресурсу. Аналогічно до розуміння

foaf:Person, можна інтерпретувати інші визначення. Наприклад, foaf:Document представляє об'єкти, що вважаються документами, використовуваними особою, а foaf:Image є підкласом foaf:Document, оскільки всі зображення є за своєю суттю документами.

У рамках нашого дослідження були розроблені онтології FOAF. Приклад такої онтології представлений на рисунку 2.17. Властивість foaf:knows використовується для встановлення соціальних зв'язків між людьми, тобто для визначення, що одна людина знає іншу.

```

<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:foaf="http://xmlns.com/foaf/0.1/"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  <rdf:Description rdf:about="http://www.semantest.tk/hanifa/hanifa.rdf#Hanifa">
    <foaf:family_name>Islam</foaf:family_name>
    <foaf:mbox rdf:resource="mailto:nabilacse10@yahoo.com"/>
    <foaf:knows rdf:nodeID="A0"/>
    <foaf:name>Hanifa Islam</foaf:name>
    <foaf:title>Student</foaf:title>
    <foaf:phone>0087637859</foaf:phone>
    <foaf:givenname>Hanifa</foaf:givenname>
    <foaf:schoolHomepage rdf:resource="http://www.mist.com"/>
    <rdf:type rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/Person"/>
    <foaf:member>CSE10</foaf:member>
    <foaf:topic_interest rdf:resource="http://dbpedia.org/resource/Semantic_web"/>
    <foaf:homepage rdf:resource="http://www.semantest.tk"/>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:nodeID="A0">
    <foaf:member>CSE10</foaf:member>
    <foaf:homepage rdf:resource="http://www.dhrubotaara.tk"/>
    <foaf:mbox rdf:resource="mailto:tasnima65@gmail.com"/>
    <foaf:relation>Friend</foaf:relation>
    <rdf:type rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/Person"/>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>

```

Рисунок 2.17 – FOAF онтологія

У наведеному прикладі (рис. 2.17), конструкція <foaf:knows rdf:nodeID="A0"/> вказує на те, що особа, описана в даній онтології FOAF, має зв'язок "знає" з іншою особою, ідентифікованою за допомогою анонімного вузла A0. Цей вузол, своєю чергою, вказує на іншу особу, яка є членом певної групи (визначеної властивістю foaf:member), до якої також належить дана особа.

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Можливо, найважливіше застосування властивості foaf:knows полягає у взаємозв'язуванні FOAF-файлів. Часто, при згадуванні інших осіб (foaf:knows) та одночасному наданні властивості rdfs:seeAlso, ми можемо об'єднувати різні RDF-документи. Приклад використання властивості rdfs:seeAlso з FOAF наведено нижче:

```
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:foaf="http://xmlns.com/foaf/0.1/">

  <foaf:Person>
    <foaf:name>Liyang Yu</foaf:name>
    <foaf:mbox rdf:resource="mailto:liyang910@yahoo.com"/>
    <rdfs:seeAlso rdf:resource="http://www.yuchen.net/liyang.rdf"/>
  </foaf:Person>

</rdf:RDF>
```

Рисунок 2.18 - Приклад використання властивості rdfs:seeAlso з FOAF

Аналізуючи набір властивостей, що описують сутність особи в FOAF, стає очевидним, що найбільш ефективним доступним ідентифікатором є унікальний код, отриманий шляхом хешування електронної адреси особи у полі foaf:mbox sha1sum. Електронна адреса однозначно ідентифікує поштову скриньку особи. Крім того, той факт, що люди часто використовують одну й ту саму електронну адресу протягом тривалого періоду, робить її корисним засобом для ідентифікації осіб протягом цього часу. У нашому прикладі Ханіфа та Тасніма мають унікальні електронні адреси.

### 2.4.3. Міркування (*Reasoning*)

FOAF використовує семантику мови онтології вебу OWL. Хоча загальна ідея є досить простою — опис атрибутів людей — FOAF інтегрує декілька функцій OWL, що дозволяє виконувати цікаві логічні висновки (*reasoning*). Зокрема, властивості Inverse Functional Properties використовуються багаторазово. Це дозволяє виводити двосторонні

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

відносини між екземплярами класів FOAF. Властивість Inverse Functional Property пов'язує екземпляр з унікальним ідентифікатором. Унікальними ідентифікаторами в FOAF є:

- foaf:aimChatID
- foaf:homepage
- foaf:icqChatID
- foaf:jabberID
- foaf:mbox
- foaf:mbox sha1sum
- foaf:msnChatID
- foaf:weblog
- foaf:yahooChatID

Ці властивості використовуються як унікальні ідентифікатори, оскільки малоімовірно, що дві різні особи матимуть однакову електронну адресу, обліковий запис чату або адресу блогу.

Будь-який FOAF-файл, що описує людину, представляє собою граф RDF. Кожен окремий граф повинен бути об'єднаний з іншими графами шляхом згортання вузлів, які ідентифікують одну й ту саму особу. А саме, якщо в двох графах використовується один і той же унікальний код, отриманий з адреси електронної пошти, це свідчить про те, що обидва графи містять інформацію про одну й ту саму особу. Отже, ці графи можуть бути об'єднані, розширюючи мережу "дружби". За допомогою цієї процедури можна побудувати більший граф, що містить всю інформацію, зазначену відповідною соціальною мережею.

Кожного разу, коли OWL-резолвер робить висновок, що два профілі представляють одну й ту саму людину, цей висновок є логічно коректним. Однак, можливо, що висновок виявиться неточним у реальному світі. Наприклад, дві особи можуть мати однакову електронну адресу, або користувач міг припуститися помилки, через яку його електронна адреса

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збігається з числом іншою. Цей потенціал для помилок притаманний будь-якій автоматизованій системі, і, крім ручної перевірки кожним членом для підтвердження ідентичності, не існує способу досягти 100% точності.

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

## РОЗДІЛ 3. ПОБУДОВА ІМПЛЕМЕНТАЦІЙ ДЛЯ РІВНЯ СЕМАНТИЧНИХ ЗВ'ЯЗКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ FOAF

### 3.1. Рішення проблеми ідентифікації у семантичних соціальних мережах засобами FOAF-O-Matic

Однією з ключових проблем, що виникають як у контексті традиційних соціальних мереж, так і в Семантичному Вебі, є складність інтеграції інформації через відсутність послідовного використання єдиних ідентифікаторів для об'єктів у різних системах. Це питання особливо актуальне на перетині цих двох сфер, а саме в контексті FOAF-профілів, які описують соціальну мережу особи за допомогою технологій Семантичного Вебу.

Для вирішення цієї проблеми було розроблено нове веб-додаток, що є передовим інструментом для генерації FOAF-профілів, відоме як Foaf-O-matic. Цей додаток інтегрує інфраструктуру ОККАМ, яка забезпечує систематичне, глобальне використання унікальних ідентифікаторів для сутностей. Таким чином, ОККАМ має на меті вирішити проблему ідентифікації, що існує в FOAF на сьогодні. Проект ОККАМ прагне створити "веб сутностей" — віртуальний простір, де будь-яка колекція даних та інформації про будь-який тип сутностей, опублікованих у Вебі, може бути інтегрована в єдину віртуальну, децентралізовану, відкриту базу знань.

Foaf-O-matic поєднує відкритий стандарт FOAF та глобально унікальні ідентифікатори, надані ОККАМ ENS (Entity Name System), у простому та зручному для користувача інтерфейсі. Таким чином, він функціонує як онлайн-генератор FOAF-профілів.

FOAF-a-Matic надає швидкий та простий спосіб створення власного FOAF-опису. Користувачі можуть заповнити форми на веб-сторінці, вказавши бажані деталі для включення у свій опис.

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

## The Forms

### Personal

Some information about you, and how people can contact you.

Title (Mr, Mrs, Dr, etc)	<input type="text" value="Mr"/>
First Name	<input type="text" value="John"/>
Last Name (Family/Given)	<input type="text" value="Doe"/>
Nickname	<input type="text" value="John"/>
Your Email Address	<input type="text" value="john123@gmail.com"/>
Homepage	<input type="text" value="www.jdoe.com"/>
Your Picture	<input type="text"/>
Phone Number	<input type="text"/>

### Work

Information about the place you work.

Work Homepage	<input type="text" value="www.abdoc.org"/>
Page describing what you do at work	<input type="text"/>

### School

Where did you go to school?

School Homepage	<input type="text" value="www.aschool.com"/>
-----------------	--

### People You Know

Tell FOAF-a-matic about some people you know. Click "Add Friend" to add space to add more people. If you friend already has a FOAF description, then place a link to it in the 'seeAlso' field.

Friend-- Name	<input type="text" value="Lee"/>	Email	<input type="text" value="l2r@gmail.com"/>	See Also	<input type="text"/>
Friend-- Name	<input type="text"/>	Email	<input type="text"/>	See Also	<input type="text"/>
Friend-- Name	<input type="text"/>	Email	<input type="text"/>	See Also	<input type="text"/>

Рисунок 3.1 - Додавання інформації до форм FOAF

Як проілюстровано на рисунку 3.1, користувач на ім'я Джон Доу вводить своє ім'я, електронну адресу та іншу описову інформацію. Він також додає інформацію про друга на ім'я Лі, вказуючи URL його домашньої сторінки.

## Generate Results

Now you've filled in the details you're ready to be turned into FOAF...

Protect email addresses from spammers

```
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:foaf="http://xmlns.com/foaf/0.1/"
  xmlns:admin="http://webns.net/mvcb/"
  <foaf:PersonalProfileDocument rdf:about="">
    <foaf:maker rdf:resource="#me"/>
    <foaf:primarytopic rdf:resource="#me"/>
    <admin:generatorAgent rdf:resource="http://www.ldodds.com/foaf/foaf-a-matic"/>
    <admin:errorReportsTo rdf:resource="mailto:leigh@ldodds.com"/>
  </foaf:PersonalProfileDocument>
  <foaf:Person rdf:ID="me">
    <foaf:name>John Doe</foaf:name>
    <foaf:title>Mr</foaf:title>
    <foaf:givenname>John</foaf:givenname>
    <foaf:family_name>Doe</foaf:family_name>
    <foaf:nick>John</foaf:nick>
    <foaf:mbox_sha1sum>72ebd33e46a8b93414c65a0cab9406d7d23f9477</foaf:mbox_sha1sum>
    <foaf:homepage rdf:resource="www.jdoe.com"/>
    <foaf:workplaceHomepage rdf:resource="www.abdoc.org"/>
    <foaf:schoolHomepage rdf:resource="www.aschool.com"/>
    <foaf:knows>
    <foaf:Person>
    <foaf:name>Lee</foaf:name>
    <foaf:mbox_sha1sum>a9b906735d0987083e532edb1dbafb4db72c2ba2</foaf:mbox_sha1sum>
    </foaf:Person></foaf:knows></foaf:Person>
  </rdf:RDF>
```

Рисунок 3.2 - RDF-файл, згенерований FOAF-O-Matic

									Арк.
									52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ				

З огляду на вже існуючі знання про те, що FOAF встановлює зв'язки між людьми, додавання інформації про друга інформує генератор FOAF про наявність такого зв'язку. Отже, при натисканні кнопки "FOAF me" генератор автоматично присвоює властивість foaf:knows, вказуючи, що Джон знає Лі. В результаті отримується RDF/XML-файл, автоматично згенерований за допомогою FOAF-O-Matic (рис. 3.2).

Після введення необхідних даних, система готова до генерації FOAF-профілю. Можливе також налаштування захисту електронних адрес від спамерів.

### 3.2. Використання технології FOAF для соціальних мереж

Ключові переваги онтології FOAF, що походять від її природи на базі RDF/Семантичного Вебу, полягають у її простоті та розширюваності. Базова специфікація словника FOAF навмисно надає обмежений набір властивостей для представлення інформації про профіль та лише одну властивість (foaf:knows) для моделювання соціальних відносин. У цьому розділі буде обговорено роль FOAF у соціальному контексті та механізми зв'язування індивідів за допомогою цієї онтології.

Веб-орієнтовані соціальні мережі (WBSN) демонструють стрімке зростання кількості та масштабу з середини 1990-х років, що створює цікавий виклик традиційним парадигмам розуміння соціальних мереж. Існує близько 250 веб-сайтів, присвячених соціальним мережам, що надають явну підтримку користувачам для створення та перегляду списків друзів. Ця категорія включає такі платформи, як MySpace, Facebook, Orkut та CyWorld, але виключає багато сайтів знайомств та інші онлайн-спільноти, що з'єднують користувачів (наприклад, Craig's List або MeetUp.com).

Метою WBSN можуть бути такі напрямки, як:

- Блоги

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Бізнес
- Соціальні та розважальні цілі
- Знайомства
- Домашні тварини
- Релігійні спільноти
- Фотографії та відео

Наразі існує 11 активних сайтів соціальних мереж, які експортують FOAF-файли, з приблизною загальною кількістю 13 120 000 учасників (див. рисунок 3.3).

Мережа	Мета	Вивчені учасники	Середній ступінь
Advogato	Бізнес	2,778	13.51
Buzznet	Фотографії	208,324	1.00
DeadJournal	Блоги	9,801	3.74
eCademy	Бізнес	61,242	3.08
FilmTrust	Соціальні/Розважальні	1,250	1.06
GreatestJournal	Блоги	36,862	33.36
InsaneJournal	Блоги	1,410	13.36
LiveJournal	Блоги	3,563,267	8.38
Minilog.com	Блоги	119	1.63
Rossia.org	Блоги	4,180	9.65
Tribe	Соціальні/Розважальні	218,694	9.93

Рисунок 3.3 - Веб-соціальні мережі з підтримкою FOAF

Шість з одинадцяти веб-сайтів у цьому переліку є блог-платформами на базі відкритого коду LiveJournal. Інтеграція FOAF-експорту в LiveJournal дозволяє автоматично генерувати FOAF-профілі при реалізації цієї функціональності веб-сайтом. Таким чином, блогові платформи становлять непропорційно великий відсоток у нашому наборі даних. Загалом, блогові веб-сайти становлять 19 з 226 (або 8,4%) відомих соціальних мереж і лише

2,7% від загальної кількості учасників. Відповідно, якщо б FOAF був доступний на більш репрезентативному наборі веб-сайтів соціальних мереж, результати подібних досліджень могли б бути іншими.

Розглянемо приклад зв'язування з обліковим записом Twitter. Цей приклад демонструє використання словника FOAF для посилання на обліковий запис у Twitter, що спрощує створення інструментів для відстеження індивідів одним кліком.

Першим кроком є створення відношення foaf:holdsAccount, яке пов'язує об'єкт "особа" з об'єктом онлайн-облікового запису. Для зв'язування двох об'єктів використовується атрибут HTML rel:

```
<div about="#me" typeof="foaf:Person">
  <span property="foaf:name">Mark Birbeck</span>
  <a rel="foaf:weblog" href="http://internet-apps.blogspot.com/">XForms and Inter
  <a rel="foaf:knows" href="http://www.w3.org/People/Ivan/#me">Ivan Herman</a>
  <span rel="foaf:img">
    
  <span rel="foaf:holdsAccount">
    ...
  </span>
</div>
```

Рисунок 3.4 – Зв'язування двох об'єктів

Далі створюється об'єкт типу foaf:OnlineAccount, аналогічно створенню особи:

```
<span rel="foaf:holdsAccount">
  <span typeof="foaf:OnlineAccount">
    ...
  </span>
</span>
```

Рисунок 3.5 – Створення об'єкту типу foaf:OnlineAccount

Нарешті, вказується конкретний тип облікового запису (Twitter) за допомогою foaf:accountServiceHomepage та ім'я облікового запису за допомогою foaf:accountName:

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

```

<span rel="foaf:holdsAccount">
  <span typeof="foaf:OnlineAccount">
    <a rel="foaf:accountServiceHomepage" href="http://twitter.com/">Twitter</a>
    <span property="foaf:accountName">markbirbeck</span>
  </span>
</span>

```

Рисунок 3.6 – Вказання типу та імені облікового запису

### 3.3. Методологія використання FOAF для зв'язування даних у семантичному вебі

Метою даної роботи є демонстрація та аналіз зв'язувальної потужності онтології FOAF. Зважаючи на ключову роль FOAF у контексті соціальних мереж, було розроблено експериментальне завдання з публікації документів, що містять інформацію про індивідів, у веб-просторі з використанням FOAF. Реалізація цього завдання вимагала послідовного виконання кількох етапів, описаних нижче.

#### Етап 1: Створення FOAF-документа

На початковому етапі необхідно було створити FOAF-документ. Для цього використовувався словник FOAF, деталі якого обговорювалися у попередньому розділі. Ключовим аспектом на цьому етапі було застосування властивості foaf:knows у поєднанні з властивістю rdfs:seeAlso. Це дозволило забезпечити взаємозв'язок нашого документа з FOAF-документами інших осіб (друзів), що є фундаментальним для формування мережі.

#### Етап 2: Розробка домашньої сторінки

Наступним кроком було створення власної домашньої сторінки, яка мала містити посилання на згенерований FOAF-документ. З метою тестування та верифікації функціональності FOAF-документів було прийнято рішення розробити принаймні дві такі домашні сторінки (веб-сторінки), щоб продемонструвати можливість їх взаємозв'язку за допомогою FOAF.

Етап 3: Встановлення зв'язку між домашньою сторінкою та FOAF-документом

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Третім завданням було встановлення явного зв'язку між розробленими домашніми сторінками та відповідними FOAF-документами. Після завершення цього кроку система FOAF могла б ідентифікувати та індексувати наші домашні сторінки.

#### Етап 4: Виявлення FOAF-документів

Оскільки FOAF-документи належать до категорії Semantic Web Documents (SWD), FOAF використовує спеціалізований сканер (crawler) для обходу веб-простору та збору всіх доступних FOAF-документів. Цей етап забезпечує агрегацію розподіленої інформації.

#### Етап 5: Підтримка централізованої бази даних

Система FOAF підтримує централізоване сховище даних і несе відповідальність за підтримання актуальності інформації в ньому. Для забезпечення актуальності даних, сканер повинен періодично запускатися для повторного обходу та індексації Вебу.

#### Етап 6: Інтеграція у соціальну мережу

Кінцевою метою даного завдання є виявлення та встановлення зв'язків з іншими індивідами (друзями). FOAF надає користувацький інтерфейс, що дозволяє користувачам знаходити своїх друзів та виконувати інші релевантні дії. Зокрема, FOAF пропонує інструменти для візуалізації мережі "друзів", що додатково характеризує функціональність проєкту FOAF. Серед цих інструментів, FOAF Explorer є досить популярним.

### 3.4. Створення документа FOAF

Для генерації FOAF-документів існує кілька підходів. Найпростішим методом є використання онлайн-інструменту FOAF-O-Matic, доступного за посиланням: <http://www.ldodds.com/foaf/foaf-a-matic.html>. Як показано на рисунку 3.1, інтерфейс цієї форми є інтуїтивно зрозумілим і не вимагає глибоких знань термінології FOAF. Користувачам достатньо дотримуватися

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

наданих інструкцій для введення персональних даних, таких як ім'я, електронна адреса, домашня сторінка, посилання на зображення, номер телефону, робоча домашня сторінка та інша релевантна інформація, що описує особу.

Альтернативний, хоча і більш технічно орієнтований, спосіб створення FOAF-документа передбачає використання простого текстового редактора. Цей підхід вимагає безпосередньої взаємодії зі словником FOAF. Однак, враховуючи самодокументовану природу онтології FOAF, ця задача є відносно простою. Після створення документа його необхідно валідувати для підтвердження синтаксичної коректності. У даному дослідженні було обрано метод ручного написання FOAF-документів за допомогою текстового редактора, замість автоматичної генерації за допомогою FOAF-O-Matic. Один з таких документів вже було представлено на рисунку 2.18. Для цілей демонстрації зв'язування FOAF-документів було створено додатковий документ, наведений нижче:

```
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:foaf="http://xmlns.com/foaf/0.1/"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  <rdf:Description
    rdf:about="http://www.dhrubotaara.tk/foaf.rdf#Anika">
    <foaf:family_name>Mansoor</foaf:family_name>
    <foaf:mbox rdf:resource="mailto:tas10@yahoo.com"/>
    <foaf:knows rdf:nodeID="A0"/>
    <foaf:name>Tas</foaf:name>
    <foaf:title>Student</foaf:title>
    <foaf:givenname>T</foaf:givenname>
    <foaf:schoolHomepage
      rdf:resource="http://www.mist.com"/>
    <rdf:type rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/Person"/>
    <foaf:member>CSE10</foaf:member>
    <foaf:interest
      rdf:resource="http://dbpedia.org/resource/Semantic_Web"
    />
    <foaf:homepage
      rdf:resource="http://www.dhrubotaara.tk"/>
    </rdf:Description>
    <rdf:Description rdf:nodeID="A0">
    <foaf:mbox
      rdf:resource="mailto:kar@gmail.com"/>
    <foaf:relation>Father</foaf:relation>
    <rdf:type
      rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/Person"/>
    </rdf:Description>
  </rdf:RDF>
```

Рисунок 3.7 - Демонстрація зв'язування FOAF-документів

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Після успішної реєстрації домену виникла потреба в хостингу, тобто у наданні cPanel (панелі управління сервером). Для цілей періодичного тестування були залучені безкоштовні хостингові послуги. Серед численних доступних провайдерів безкоштовного хостингу було прив'язано до цього хостинг-провайдера шляхом коректного налаштування DNS-серверів, що дозволило отримати доступ до cPanel, як показано на рисунку 3.8.

Далі, для підключення до сервера та завантаження FOAF-документа на веб-сторінку, було використано FTP-клієнт. Незважаючи на те, що веб-сервер надає деякі FTP-можливості, перевага була надана сторонньому FTP-клієнту. FileZilla, як безкоштовний FTP-клієнт з відкритим вихідним кодом, доступний для Windows, Mac та Linux, був обраний за його простоту використання, крос-платформну сумісність та надійність. FileZilla відомий своєю швидкістю, повною функціональністю (включаючи віддалене редагування файлів) та постійним розвитком. Спочатку було здійснено підключення до домену через FileZilla, після чого код базової веб-сторінки було завантажено до папки public\_html на сервері (рис. 3.9, 3.10 Малюнки 5.2 та 5.3).

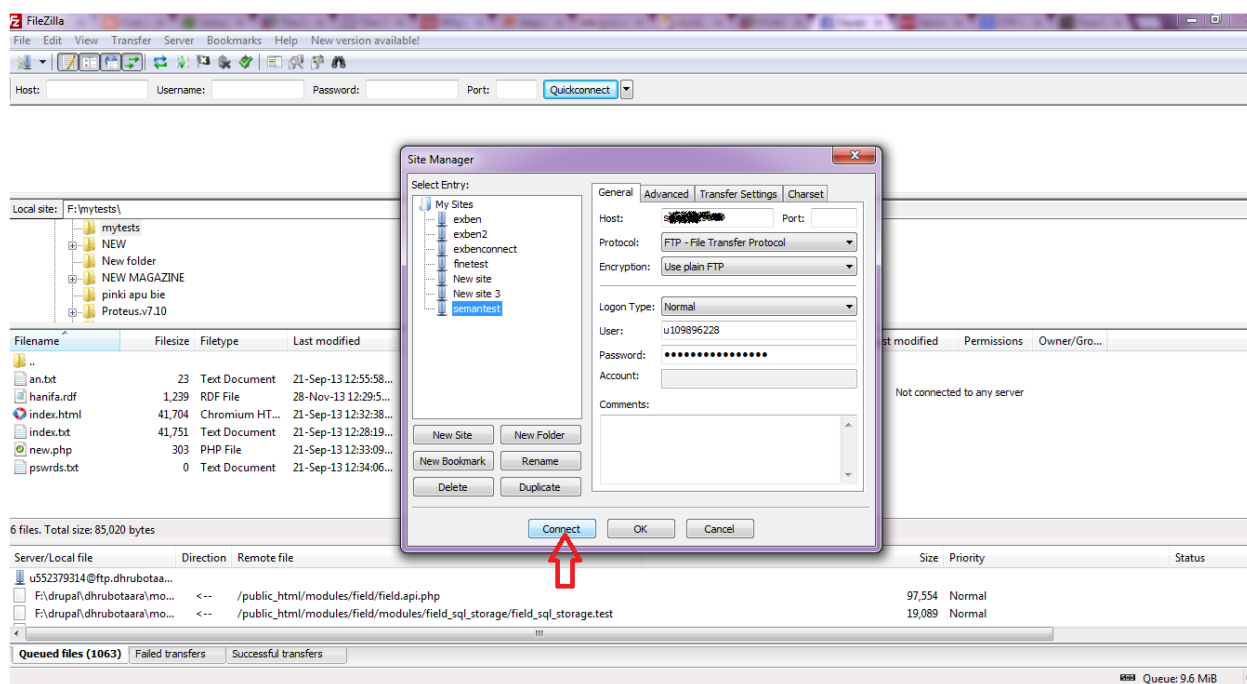


Рисунок 3.9 - Підключення за допомогою FTP-клієнта

									Арк.
									60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

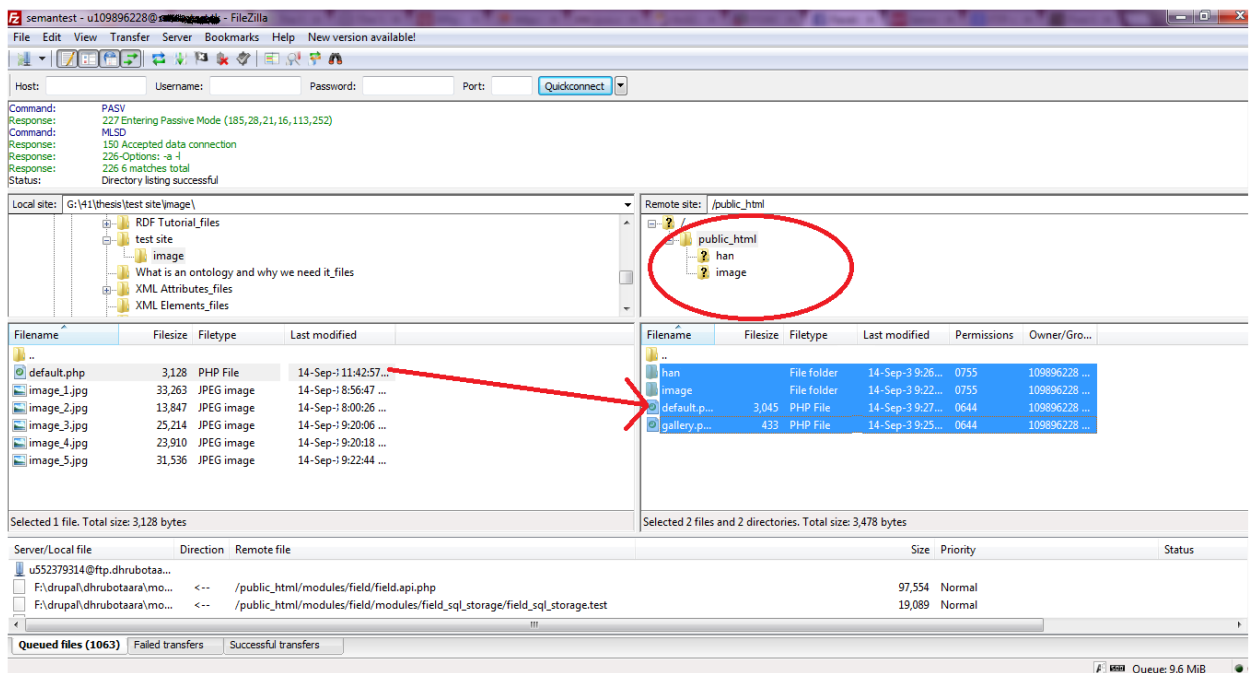


Рисунок 3.10 - Завантаження файлів на сервер за допомогою Filezilla

В результаті цих дій домашня сторінка була успішно розгорнута (рис. 3.11).



Рисунок 3.11 – Вигляд домашньої сторінки

Згодом, FOAF-документ (раніше згаданий у контексті рисунка 3.1) також був завантажений на сервер за описаною вище процедурою (рисунок 3.12).

Таким чином, веб-сторінка тепер містить інформацію про свого власника, збережену у файлі RDF. Аналогічним чином, був створений інший тестовий сайт з використанням фреймворку Drupal: було зареєстровано ще

один безкоштовний домен, прив'язано його до облікового запису і другий FOAF-документ (представлений у кодї вище) був завантажений на сервер.

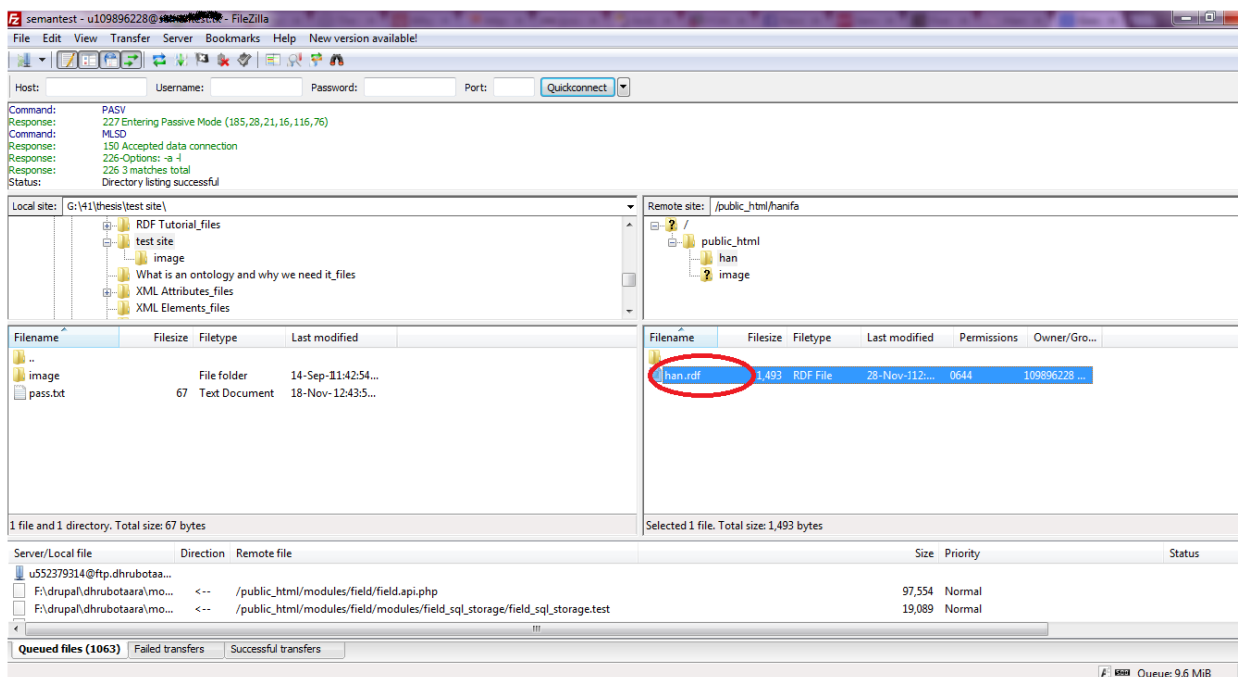


Рисунок 3.12 – Завантаження FOAF документу

Тепер, оскільки два документи FOAF вбудовані у веб-сторінки, їх потрібно зв'язати один з одним. Для цього ми вирішили використовувати FOAF-Explorer. FOAF Explorer намагається представити інформацію та твердження у зрозумілому для людини форматі, наразі шляхом безпосередніх перетворень сирого RDF/XML у XHTML за допомогою XSLT.

### 3.6. Функціональні особливості сканера FOAF та верифікація зв'язків

Важливою функціональною особливістю сканера FOAF є його здатність обробляти властивість `rdfs:seeAlso`. При виявленні цієї властивості сканер переходить за посиланням, вказаним у `rdfs:seeAlso`, для доступу до відповідного документа. Цей механізм є ключовим для побудови мережі FOAF-документів.

Іншим критичним аспектом функціонування сканера є обробка проблеми злиття даних. Для ефективного вирішення цієї проблеми сканер повинен розрізняти властивості FOAF, які забезпечують унікальну ідентифікацію ресурсів. Зокрема, властивості foaf:mbox, foaf:mbox\_sha1sum та foaf:homepage визначені як зворотні функціональні властивості (Inverse Functional Properties); отже, вони здатні унікально ідентифікувати особи, що володіють однією з цих властивостей. На практиці одним із рішень, яке може використовувати сканер, є підтримка списку RDF-тверджень, що включають будь-яку з цих властивостей. У разі потреби сканер може звертатися до цього списку для об'єднання різних трійок, які насправді описують ідентичні особи. Таким чином, FOAF-Explorer перевіряє наявність будь-якої з цих властивостей онтології FOAF. При виявленні будь-якої з цих властивостей на веб-сторінці, він відображає інформацію, збережену у файлі RDF.

Оскільки обидва наші тестові сайти були пов'язані з їхніми персональними веб-сторінками, що містять RDF-файли, ми прагнули перевірити, чи може FOAF-Explorer їх виявити. З цією метою ми перейшли на веб-сторінку FOAF-Explorer. На цьому ресурсі було виявлено розділ під назвою "Explore a FoaF neighbourhood" (Дослідити FOAF-оточення) з полем "Location" (Місцезнаходження). У це поле було введено URL нашого першого тестового сайту.

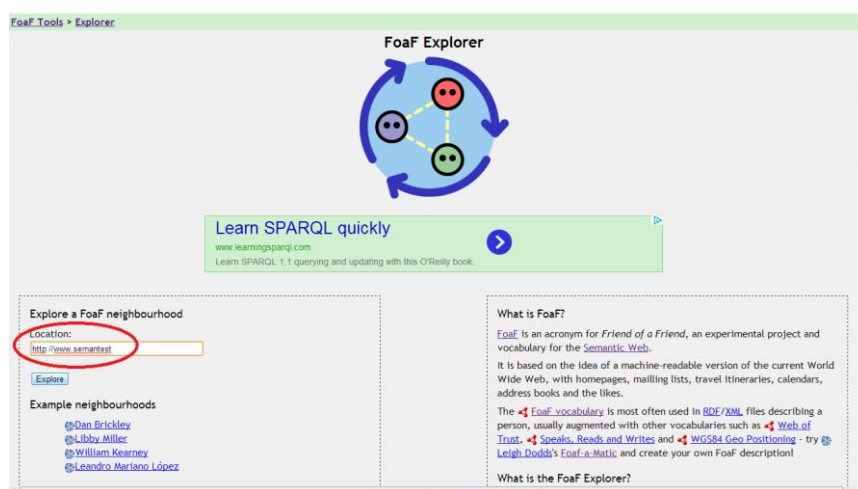


Рисунок 3.13 - Введення місцезнаходження у FOAF-Explorer

									Арк.
									63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Після введення URL (рис. 3.13) та натискання кнопки "Explore", система повернула інформацію про користувача та відобразила ім'я FOAF-документа у полі місцезнаходження. Як підтвердження того, що документ є FOAF-документом, перша порція інформації про користувача вказувала на її зв'язки з іншими особами (foaf:knows). Друга порція інформації містила адресу її домашньої сторінки (рис. 3.14).

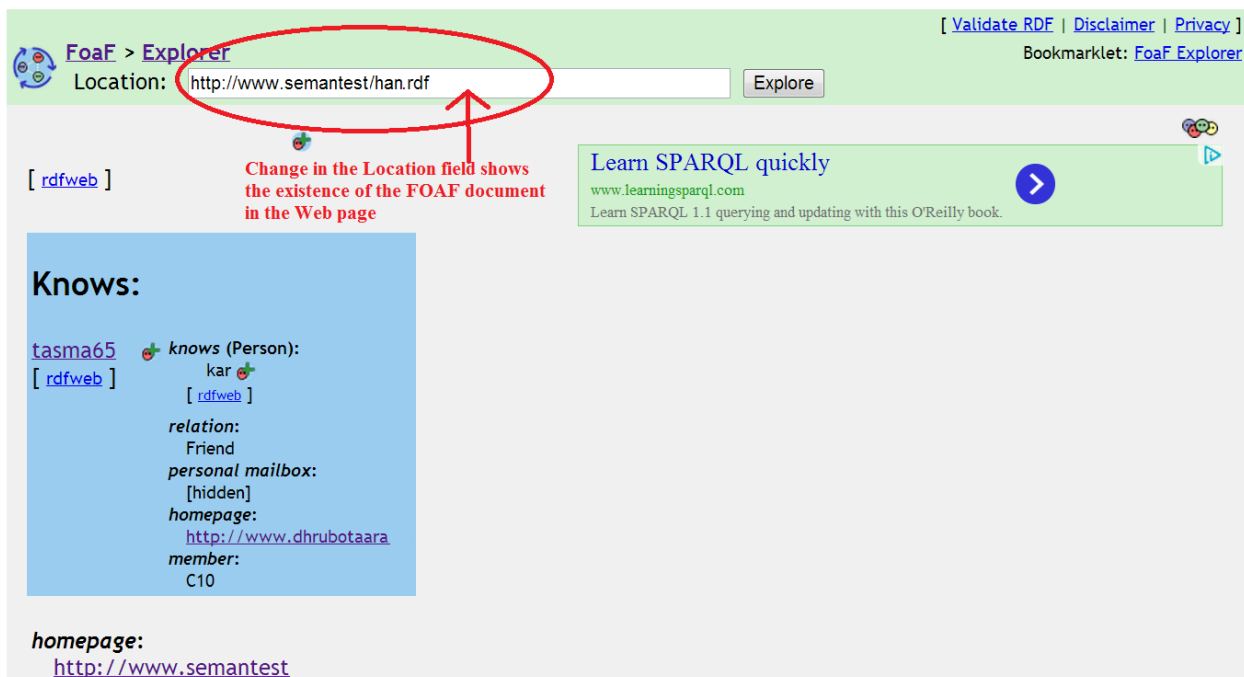


Рисунок 3.14 - Результат FOAF-Explorer

Додаткова інформація, отримана про користувача, включала його сферу інтересів, номер телефону та членство (рисунок 3.15). Слід зазначити, що інформація про її поштову скриньку була прихована завдяки використанню властивості foaf:mbox\_sha1sum, яка застосовує алгоритм SHA1 для хешування адреси поштової скриньки.

Оскільки FOAF-документ користувача вказував на його зв'язок з tasma65 (через foaf:knows), очікувалося, що при натисканні на посилання tasma65 відбудеться перенаправлення на її домашню сторінку. Аналіз показав, що (згідно з рисунком 3.16) два документи були успішно зв'язані.

```

topic_interest:
  http://dbpedia.org/resource/Semantic_Web
member:
  C10
schoolHomepage:
  http://www.m.com
phone:
  0087637859
title:
  Student
personal_mailbox:
  [hidden]

```

Рисунок 3.15 – Інформація про користувача

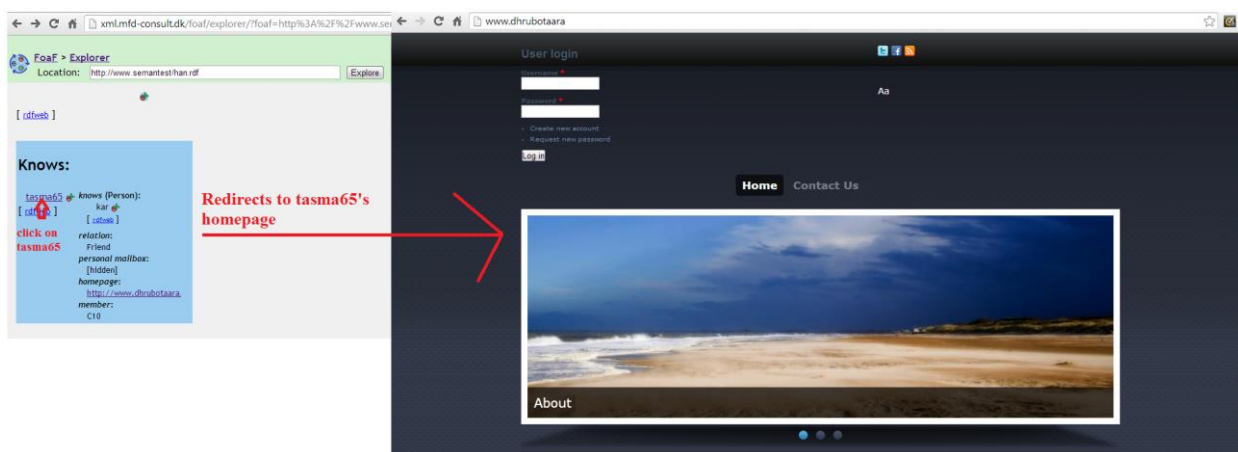


Рисунок 3.16 - Успішне зв'язування між двома FOAF-документами

Якщо замість адреси користувача ввести адресу домашньої сторінки tasma65 у поле "Location" FOAF-Explorer, буде відображено, що він знає нашого користувача, і звідти також можна здійснити перенаправлення на його домашню сторінку.

### 3.7. Аналіз розробленого FOAF-документа

Цей розділ присвячений аналізу розробленого FOAF-документа з огляду на чотири ключові аспекти:

- Структура документа FOAF.
- Методи виявлення документа FOAF.

- Використання стандартної або адаптованої онтології особи.
- Практичні застосування документа FOAF з певної перспективи.

### 3.7.1 Структура документа FOAF

Для забезпечення формального визначення документа FOAF проводиться аналіз характерних шаблонів, що впливають з онтологічної семантики та емпіричного використання словника FOAF. Таким чином, строгий FOAF-документ D повинен відповідати наступним чотирьом характерним шаблонам:

- D є дійсним документом RDF. Валідність може бути верифікована за допомогою парсера RDF.
- D використовує простір імен FOAF.
- D містить шаблон RDF-графа, як ілюструється на рисунку 3.17. У цьому шаблоні X і Z позначають два різних екземпляри `rdfs:Resource`, тоді як Y є екземпляром `rdf:Property`, що використовує простір імен FOAF.

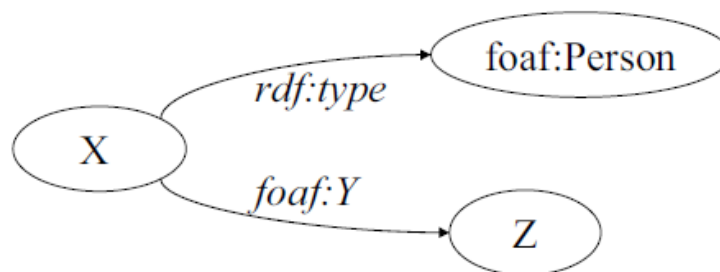


Рисунок 3.17 – Шаблон документа FOAF

D визначив лише один екземпляр `foaf:Person` без посилання на нього як на об'єкт у будь-яких трійках у D. Додатково D може містити інші екземпляри `foaf:Person`; однак кожен з них повинен бути посиланням як на об'єкт принаймні в одній трійці в D.

Вищезазначені шаблони, особливо четвертий, є досить строгими і виключають багато документів, які не зосереджені виключно на описі однієї

особи. Отже, виключивши четвертий шаблон, ми визначаємо загальний документ FOAF як той, що містить екземпляри foaf:Person.

Переходячи до нашого розробленого FOAF-документа, його валідність підтверджується RDF-парсером. Результат валідації han.rdf за допомогою сервісу валідації W3C (<http://www.w3.org/RDF/Validator/>) представлений на рисунку 3.18.

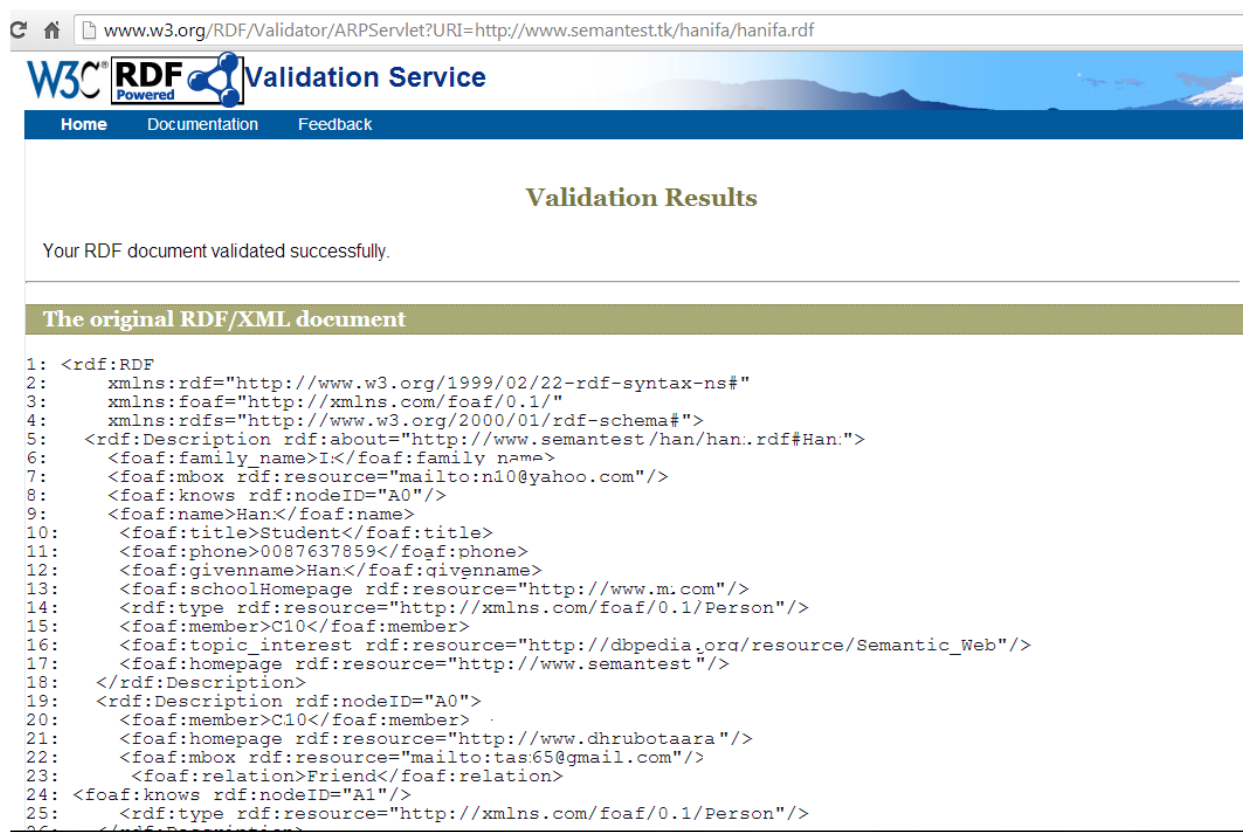


Рисунок 3.18 - Результат валідації нашого документа FOAF

Документ використовує простір імен FOAF:

`xmlns:foaf="http://xmlns.com/foaf/0.1/"`

Він також містить шаблон RDF-графа, наприклад:

`<foaf:mbox rdf:resource="mailto:na10@yahoo.com"/>`

Таким чином, документ є синтаксично дійсним.

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.7.2. Виявлення документа FOAF

Виявлення документа FOAF є ітеративним процесом, що складається з двох основних кроків:

- 1) використання веб-пошукових систем для виявлення потенційних URL-адрес FOAF-документів;
- 2) запуск сканера для перевірки та виявлення нових посилань відповідно до семантики словника FOAF.

Як було продемонстровано у попередньому підрозділі, наш FOAF-документ може бути виявлений за допомогою сканера в пошуковій системі FOAF-Explorer. При пошуку за назвою нашого тестового сайту він повертає наступний результат: <http://xml.mfd-consult.dk/foaf/explorer/?foafhttp%3A%2Fwww.semantest>.

Оскільки це лише тестовий сайт, і він був доступний обмеженому колу користувачів, традиційні пошукові системи, такі як Google, Yahoo тощо, наразі не можуть його знайти. Припускаємо, що зі збільшенням кількості посилань на цей ресурс, його виявлення традиційними пошуковими системами стане можливим. Щодо Swoogle, ми надіслали наш URL, і було повідомлено, що для сканування існуючих SWD на сайті знадобиться кілька днів. Отже, наявний і видимий результат наразі отриманий з FOAF-Explorer.

### 3.7.3 Властивості особи: Аналіз та висновки

Для дослідження властивостей foaf:Person FOAF-документи можуть бути поділені на дві основні групи:

1. FOAF-документи з блогових веб-сайтів. Ці документи генеруються автоматично на основі інформації, введеної через онлайн-форму або збереженої в базі даних. Документи з одного хоста або веб-сайту, як правило, використовують ідентичний словник та синтаксичні структури. Кількість таких FOAF-документів перевищує мільйон файлів.

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. FOAF-документи з неблагових веб-сайтів. Ці документи зазвичай створюються вручну і використовують різноманітні словники та структури. Їхня кількість становить приблизно 5000.

Наші розроблені FOAF-документи належать до другої категорії. При їх створенні використовувалася стандартна онтологія особи з різноманітними словниками.

#### *3.7.4 Практичні застосування FOAF-документів*

Розглянемо практичні застосування FOAF-документів з перспективи нашої установи, ІФНТУНГ. FOAF-документи можуть бути ефективно використані для реалізації функції "ГРУПОВИХ SMS" для студентів, що відповідають певним критеріям, без необхідності зберігання великої кількості телефонних номерів на мобільних пристроях. Необхідна інформація (телефонні номери) може бути вилучена з FOAF-документів студентів (наш документ є зразком), після чого повідомлення можуть бути одночасно відправлені всім студентам, які відповідають визначеному набору атрибутів.

### **3.8. Перспективи та майбутні напрямки розвитку FOAF у семантичному вебі**

FOAF (Friend of a Friend) є потужним компонентом, що значно підвищує семантичну значущість та ефективність Вебу. Очікується, що в майбутньому будуть реалізовані значні покращення функціональності, зокрема в таких завданнях, як групові SMS, про які згадувалося у попередньому розділі.

Як було зазначено, FOAF може бути використаний для механізмів групових повідомлень. Спільні персональні дані, такі як інтереси та інші характеристики, є поширеним методом для виявлення та категоризації індивідів. Шляхом сканування Семантичного Вебу (наприклад, за допомогою

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Swoogle) та агрегації інформації, що міститься у FOAF-файлах, можливо створити велику колекцію структурованих даних про людей та їхні персональні відомості. Однак, методи, що базуються на особистій інформації, стикаються з проблемою складності вилучення репрезентативної інформації з FOAF-властивостей, оскільки вона часто представлена у вигляді URL-адрес.

Існують дві основні техніки для відправлення семантичних SMS:

#### 1. Процес витягування груп (SEGROUП).

Цей процес поєднує мережу вмісту та соціальну мережу, посилюючи технології Семантичного Вебу в поточному Вебі. Для цього використовується онтологія Friend-of-a-Friend (FOAF), яка є однією з перших спроб формального, машинозрозумілого представлення профілів користувачів та мереж дружби. FOAF-профілі створюються та контролюються індивідуальними користувачами і розповсюджуються розподілено. Крім того, онтологія Meaning-of-a-Tag (MOAT) надає фреймворк Семантичного Вебу для публікації семантично анотованого контенту, отриманого з вільного тегування, використовуючи URI ресурсів Семантичного Вебу унікальним та однозначним способом. Об'єднання цих двох проєктів Семантичного Вебу – FOAF та MOAT – може забезпечити переносимість даних між сайтами соціальних мереж, що дозволить створювати та витягувати групи (списки розсилки), які визначають отримувачів SMS.

#### 2. Процес відправлення SMS вибраній групі.

Метод відправлення SMS не є принциповим; це може бути здійснено безпосередньо з мобільного пристрою або через веб-сайт для відправлення повідомлень. Для реалізації цього функціоналу необхідно розробити сервер, який буде взаємодіяти з мобільною програмою для відправлення повідомлень.

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Запропонована техніка передбачає використання графічного інтерфейсу користувача на базі J2ME для встановлення критеріїв збору груп отримувачів SMS. Ці критерії будуть передані на сервер, розроблений на Java. По-перше, сервер агрегує FOAF-документи та пов'язані з ними MOAT-документи з Семантичного Вебу. По-друге, сервер використовує критерії, отримані від мобільного пристрою відправника, для запиту FOAF- та MOAT-документів щодо осіб, які відповідають цим критеріям.

Отже, було представлено новий підхід до семантичного вебу шляхом встановлення зв'язків між машинозрозумілими описами людей, тобто FOAF-документами, та опублікованими особистими відносинами. Сама колекція FOAF-документів може стати цінним ресурсом для дослідників, які вивчають структуру (соціальної) мережі в Семантичному Вебі. Подальші дослідження необхідні для глибшого аналізу FOAF-документів та виявлення шаблонів у зв'язаних компонентах. У цьому дослідженні було розглянуто лише невелику частину функціональності FOAF, зосередившись на зв'язуванні двох або більше осіб за допомогою їхньої особистої інформації. Для цього було створено два тестові сайти та встановлено зв'язок між ними за допомогою FOAF. За умови правильного використання, зв'язувальна потужність Семантичного Вебу, зокрема проєкт FOAF, може виявитися надзвичайно корисною для об'єднання людей.

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У межах виконаної бакалаврської роботи було всебічно розглянуто сучасний стан, принципи функціонування та практичні аспекти побудови імплементацій для рівня семантичних зв'язків із використанням технологій семантичного вебу, зокрема FOAF (Friend of a Friend).

Аналіз предметної області підтвердив, що семантичний веб відіграє важливу роль у підвищенні якості та ефективності обробки та пошуку інформації, особливо в контексті соціальних мереж і персоніфікованих даних. Було виявлено, що онтологія FOAF забезпечує ефективний засіб опису соціальних зв'язків між користувачами на основі формалізованих метаданих, що уможливорює автоматизоване опрацювання міжособистісних зв'язків.

У роботі розглянуто еволюцію семантичного вебу, його фундаментальні принципи, включно з ідеєю децентралізованого та машиночитаного Інтернету. Особливу увагу приділено архітектурі семантичного вебу, включаючи ролі XML, RDF та OWL як ключових технологій, що забезпечують формалізацію, опис і логічне виведення знань.

Поглиблений аналіз структури та синтаксису FOAF дозволив визначити, що ця онтологія є ефективним інструментом для моделювання соціальних зв'язків у семантичному просторі. Розглянуто основні словники та терміни FOAF, особливості reasoning (міркування) на основі FOAF-документів, що відкриває широкі можливості для побудови адаптивних систем.

У рамках практичної частини роботи було реалізовано повний цикл побудови FOAF-документа, включаючи:

- генерацію персонального профілю через FOAF-O-Matic;
- публікацію документа у відкритому доступі;
- формальну верифікацію зв'язків за допомогою FOAF-сканера;

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

- аналіз структури документа та семантичних властивостей, включно з ідентифікаційними даними, контактною інформацією та міжособистісними зв'язками.

Продемонстровано, що використання FOAF-документів дозволяє забезпечити високий рівень інтеграції даних у рамках розподілених систем, а також створює основу для побудови соціальних сервісів нового покоління, що орієнтуються на динамічний семантичний контекст. Проведений аналіз підтвердив перспективність розвитку FOAF та суміжних технологій у напрямку покращення персоніфікації сервісів, побудови інтелектуальних агентів, розширення можливостей децентралізованого зберігання та обробки особистих даних.

Таким чином, результати дипломної роботи демонструють актуальність тематики побудови імплементацій для рівня семантичних зв'язків у сучасному інформаційному середовищі, а також підтверджують практичну придатність та ефективність використання FOAF для формалізованого представлення соціальних структур. Подальші дослідження доцільно спрямовувати на розширення онтологічних моделей, інтеграцію з іншими семантичними словниками (наприклад, SIOC, Dublin Core) та забезпечення масштабованої підтримки reasoning у гетерогенних інформаційних системах.

					БР.ІП – 48.00.00.000 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Berners-Lee T., Fischetti M. Weaving the Web: The Original Design and Ultimate Destiny of the World Wide Web. Harper San Francisco, 1999.
2. Berners-Lee T., Hendler J., Lassila O. The Semantic Web // Scientific American. – 2001. – Vol. 284(5). – P. 34–43.
3. Brickley D., Miller L. FOAF Vocabulary Specification 0.99. Namespace Document. – 2014. <http://xmlns.com/foaf/spec/>
4. Antoniou G., van Harmelen F. A Semantic Web Primer. 3rd ed. – The MIT Press, 2012.
5. Allemang D., Hendler J. Semantic Web for the Working Ontologist. 2nd ed. – Morgan Kaufmann, 2011.
6. Lassila O., Swick R. Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification. – W3C Recommendation, 1999. – <https://www.w3.org/TR/1999/REC-rdf-syntax-19990222/>
7. McBride B. Jena: A Semantic Web Toolkit // IEEE Internet Computing. – 2002. – Vol. 6(6). – P. 55–59.
8. W3C OWL Working Group. OWL 2 Web Ontology Language: Primer. – W3C Recommendation, 2009. – <https://www.w3.org/TR/owl2-primer/>
9. Heath T., Bizer C. Linked Data: Evolving the Web into a Global Data Space. – Morgan & Claypool Publishers, 2011.
10. Gruber T. R. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications // Knowledge Acquisition. – 1993. – Vol. 5(2). – P. 199–220.
11. Euzenat J., Shvaiko P. Ontology Matching. 2nd ed. – Springer, 2013.
12. Staab S., Studer R. (Eds.) Handbook on Ontologies. – Springer, 2009.
13. Daconta M., Obrst L., Smith K. The Semantic Web: A Guide to the Future of XML, Web Services, and Knowledge Management. – Wiley, 2003.
14. Gandon F. A Survey of the Semantic Web // ISWC Tutorial, 2007. – <https://link.springer.com/>

					БР.ІІІ – 48.00.00.000 ІІЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

15. Halpin H. Social Semantics: The Search for Meaning on the Web. – Springer, 2013.
16. Miller L. FOAF: Connecting People on the Semantic Web // Code4Lib Journal. – 2005. – Issue 1.
17. Breslin J., Passant A., Decker S. The Social Semantic Web. – Springer, 2009.
18. Sheth A., Ramakrishnan C., Thomas C. Semantics for the Semantic Web: The Implicit, the Formal and the Powerful // International Journal on Semantic Web and Information Systems. – 2005. – Vol. 1(1). – P. 1–18.
19. Mika P. Social Networks and the Semantic Web. – Springer, 2007.
20. Shadbolt N., Hall W., Berners-Lee T. The Semantic Web Revisited // IEEE Intelligent Systems. – 2006. – Vol. 21(3). – P. 96–101.
21. W3C. RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema. – 2004. – <https://www.w3.org/TR/rdf-schema/>
22. Dublin Core Metadata Initiative. [Електронний ресурс] – <https://dublincore.org/>
23. FOAF-Explorer. [Онлайн-інструмент] – <https://xml.mfd-consult.dk/foaf/explorer/>
24. FOAF-a-Matic. [Онлайн-інструмент] – <https://www.ldodds.com/foaf/foaf-a-matic.html>
25. Berners-Lee T. Linked Data. – 2006. – [Електронний ресурс] – <https://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>
26. García-Silva A., et al. Social semantic web: Where Web 2.0 meets Web 3.0 // Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web. – 2011. – Vol. 9(4). – P. 448–472.
27. Motik B., Patel-Schneider P., Parsia B. OWL 2 Web Ontology Language Structural Specification and Functional-Style Syntax. – W3C, 2009.
28. Baader F. et al. (Eds.) The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, and Applications. – Cambridge University Press, 2010.

					БР.ІІІ – 48.00.00.000 ІІЗ	Арк. 75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

29. Tummarello G., Cyganiak R., Morbidoni C. et al. Semantic Web Platforms: State of the Art Capabilities and Challenges // ISWC, 2007.
30. Auer S., Lehmann J. What Have Innsbruck and Leipzig in Common? Extracting Semantics from Wiki Content // ESWC, 2007.
31. Völkel M. et al. SemVersion: A Versioning System for RDF and Ontologies // ESWC, 2005.
32. Kiryakov A., Popov B., Terziev I., et al. Semantic Annotation, Indexing, and Retrieval // Journal of Web Semantics. – 2005. – Vol. 2(1). – P. 49–79.
33. Tarczy-Hornoch P. Semantic Interoperability: Challenges in Multi-Institutional Data Integration // AMIA Annual Symposium Proceedings. – 2006.
34. Bontcheva K., Cunningham H. Semantic Web and Human Language Technology // Semantic Web Journal. – 2004.
35. Grigoryan A., Tochitsky M. Semantic Web in Action: Case Study of FOAF Implementation in Academic Network // CEUR Workshop Proceedings. – 2017.

					БР.ІІІ – 48.00.00.000 ІІЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

## БІБЛІОГРАФІЧНА ДОВІДКА

**Тема дипломної роботи:** “Побудова імплементацій для рівня семантичних зв’язків”

Обсяг пояснювальної записки: 76 аркушів.

Дата закінчення роботи: 9 червня 2025 р.

Підпис студента \_\_\_\_\_