**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра комп’ютерних наук**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА СПЕЦІАЛІСТА**

на тему: **«РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПАРСИНГУ ТЕКСТІВ І ГЕНЕРАЦІЇ UML МОДЕЛЕЙ»**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Виконав: студент | | 1 | курсу, групи | | 7.1226-з |
| спеціальності | | | |  | |
| 122 – Комп’ютерні науки та інформаційні технології | | | | | |
| (шифр і назва спеціальності) | | | | | |
| С. О. Моісеєнко | | | | | |
| (ініціали та прізвище) | | | | | |
| Керівник | к.ф.‐м.н, доц. Єрмолаєв В. А. | | | | |
|  | (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) | | | | |
|  | | | | | |
| Рецензент |  | | | | |
|  | (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) | | | | |
|  | | | | | |

Запоріжжя – 2017

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

РЕФЕРАТ

**Кваліфікаційна робота спеціаліста** «Розробка програмного забезпечення для парсингу текстів і генерації UML моделей»: 78с., 11 мал., 30 джерел, 2 додатків.

**Об’єкт дослідження** – визначення правил конвертації текста природною мовою у UML діаграму

**Мета роботи** – розробка правил конвертації тексту природною мовою у формат для обміну даними UML, cтворення програмного продукту для автоматизованої конвертації тексту з наступним збереженням у форматі XMI.

**Метод дослідження** – описовий, порівняльний, алгоритмізація, програмування.

**Апаратура** – персональний комп’ютер, програмне забезпечення.

**Результат дипломного проекту** – програмний продукт та набір правил для конвертації текстів природною мовою у UML (XMI) формат. Тексти буде конвертовано та збережено у файл з розширенням .xmi. Збережені UML дані будуть представлені у вигляді діаграми класів.

NLP, CORENLP, AI, XML, OWL, UML, XMI, ОНТОЛОГІЯ

ABSTRACT

**Specialist’s qualifying paper** «The Development of Software for Parsing Texts and Generating their UML Models»: 78 pages, 11 figures, 30 references, 2 supplements.

**Object of the study** – determining of UML conversion rules for natural language text.

**Aim of the study** – development of UML conversion rules for the natural language text and software creation for the automatic text conversion with further saving in XMI format.

**Method of research** – descriptive, comparative, algorithmic, programming.

**Equipment** – personal computer, software.

**Result of graduation project** – software and sets of rules for the natural language text conversion into the UML (XMI) format. The texts will be converted and saved as .xmi file. Saved UML data will be presented as the class diagram.

NLP, CORENLP, AI, XML, OWL, UML, XMI, ONTOLOGY

ЗМІСТ

**ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ 2**

**РЕФЕРАТ 3**

**ABSTRACT 4**

**ЗМІСТ 5**

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ 9**

**ВСТУП 10**

1. **Огляд обробки природної мови засобами програмного забезпечення 12**

**1.1. Семантичний аналіз тексту як основа для виконання парсинга 13**

1.1.1. Natural Language Processing. Його цілі і призначення 13

1.1.2. Найбільш часто досліджувані завдання в NLP 14

1.1.3 Види і підходи семантичного аналізу тексту 14

1.1.4 Напрямки використання NLP 16

**1.2 Огляд існуючого інструментарію Stanford Core NLP 18**

1.2.1 Stanford Core NLP основні можливості 18

1.2.2 Досягнення в цій галузі та можливі етапи розвитку 20

1.2.3 Складність роботи з Natural Language Processing і недоліки існуючих бібліотек 21

**1.3 Засоби зберігання і візуального представлення тексту 23**

1.3.1 XMI (XML Metadata Interchange) стандарт OMG для обміну мета даними 23

1.3.2 XML мова розмітки даних. Основні принципи і методи роботи 23

1.3.3 Діаграми UML як один із засобів візуального представлення тексту 24

**1.4 Вектор розвитку даного напрямку і його перспективи 25**

**1.5 Висновок 26**

**2. Реалізація розпізнавання тексту і створення UML діаграм 27**

**2.1. Специфіка і особливості реалізації 28**

2.1.1 Технології, мови програмування, середовище, а також чинники їх вибору 28

2.1.2 Технічні складності при роботі з бібліотекою Core NLP 29

2.1.3 Передбачуваний кінцевий результат та складності його досягнення 30

**2.2. Механізм побудови UML діаграм 33**

2.2.1. Алгоритм вилучення класів та їх залежностей з результатів парсинга тексту засобами Core NLP 33

2.2.2. Побудова проміжного графа та зазначення відносин між елементами 36

2.2.3. Створення UML графу та пост обробка кожного елемента графа з перетворенням в UML елементи 37

**2.3. Робота з форматом XMI 41**

2.3.1 Впровадження та використання javax.xml пакета із стандартного набору розширень Javax 41

2.3.2 Перетворення класів в XMI об'єкти 42

**2.4. Програмний механізм реалізації 43**

2.4.1. Впровадження бібліотеки CoreNLP 43

2.4.2. Отримання результатів парсинга у вигляді дерева сутностей (NP, VP …) 45

2.4.3. Побудова проміжного графа на основі отриманого дерева. 47

2.4.4. Побудова UML діаграми шляхом перетворення елементів базового графа 50

2.4.5. Генерація XMI файлу з метою зберігання та подальшої передачі даних 53

**2.5. Переваги і недоліки 55**

**2.6. Висновок 57**

**3. Експериментальна перевірка результатів роботи програмного забезпечення 58**

**3.1. Мета експерименту 58**

**3.2. План і проведення експерименту 58**

3.2.1. Вхідні дані 59

3.2.2. Проведення експерименту 60

3.2.3. Отримання вихідних даних 61

**3.3. Перевірка конвертації текстових сутностей в UML елементи 67**

3.3.1. Перевірка коректності конвертації іменників (підметів) в класи 67

3.3.2. Перевірка коректності конвертації дієслів (присудків) в залежності 68

3.3.3. Перевірка коректності конвертації прикметника в атрибути класу 69

3.3.4. Перевірка коректності конвертації відносин один до багатьох, багато до багатьох та інших 69

3.3.5 Перевірка коректності конвертації типів відносин (association, generalization, aggregation) 70

**3.4. Аналіз та оцінка проведеного експерименту 70**

3.4.1. Оцінка отриманих результатів 71

3.4.2. Визначення вузьких місць і можливості їх оптимізації 71

**3.5. Висновок 72**

**ВИСНОВОК 74**

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 76**

**Додаток А 79**

**Додаток Б 80**

**Додаток В 81**

**Додаток Г 82**

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

NLP (ОПМ) Natural Language Processing, Обробка природної мови

AI Artificial Intelligence, Штучний інтелект

XML Extensible Markup Language, Розширювана мова розмітки

XMI XML Metadata Interchange, XML Обмін метаданими

OWL Web Ontology Language, Мова опису онтологій

UML Unified Modeling Language, Уніфікована мова моделювання

IDE [Integrated development environment](https://en.wikipedia.org/wiki/Integrated_development_environment), Інтегроване середовище розробки

CS (ПЗ) Computer software, Програмне забезпечення

POS Part of Speech, Частина мови

JAXB Java Architecture for XML Binding, Java фреймворк для роботи

з XML

POM Project Object Model, Проект Об’єкт Модель

ВСТУП

Лінгвістична обробка природномовних текстів є однією з центральних проблем інтелектуалізації інформаційних технологій сьогодення. Зусилля багатьох науковців спрямовані на розвиток та отримання результатів у цьому напрямку. Велика кількість країн залучена до фінансової підтримки досліджень та розробки програмного забезпечення в області природної обробки мови. У зв’язку із збільшенням темпу розвитку інтернету та комп’ютерних технологій, ця проблема набуває більшої ваги з кожнем днем та постійно потребує нових розробок, інвестицій, та досліджень [1].

Цей дипломний проект зосереджує у собі роботу з семантично насиченим коротким текстом, з використанням бібліотеки Stanford Core NLP, а також створення UML діаграм на основі цього тексту.

**Метою** є, надання змоги користувачу, отримати UML діаграму з тексту природною мовою для подальшого аналізу та редагування.

**Предметом** дослідження цієї роботи є семантично насичені короткі тексти, а **об’єктом** — результат роботи бібліотеки Stanford Core NLP, а також результат конвертації цього тексту у UML діаграму.

**Інформаційна база (матеріали)** Інформаційною базою є документація з природної обробки мови та матеріали з опису структури та формування UML діаграм. Додатковими є матеріали по структурам даних, операціями з ними та їх алгоритмічній обробці.

**Практичне значення** цієї дипломної роботи становить, отримання та використання UML діаграм у подальшому аналізі та редагуванні тексту, з метою конвертації у OWL формат (мова онтологій) — дипломна робота [2].

# 

1. Огляд обробки природної мови засобами програмного забезпечення

У цьому розділі буде розглянуто, основні відомості про семантичний аналіз тексту та найбільш часто досліджувані завдання у NLP. Також будуть розглянуті види та підходи аналізу текста і сучасні напрямки використання NLP.

Далі у данному розділі описується бібліотека обробки природної мови Stanford Core NLP, яка використовується як основний модуль для виконання цього дипломного проекту.

Також у даному розділі, я намагаюсь розкрити найбільш суттєві аспекти при зберіганні та відображенні обробленої інформації які безпосередньо задіяні у дипломному проекті.

1.1. Семантичний аналіз тексту як основа для виконання парсинга

1.1.1. Natural Language Processing. Його цілі і призначення

Natural Language Processing (Обробка природної мови) є одним з центральних напрямків штучного інтелекту у комп'ютерній науці, в основі якого лежить аналіз природномовних текстів [3].

Одним з найважливіших напрямків використання NLP є розробка здатності комп'ютерної програми “розуміти” природну мову використовуючи класифікацію різних лінгвістичних одиниць (текстів, слів, словосполучень, пропозицій), що реалізується, практично у всіх застосуваннях лінгвістичного процесора, інформаційному пошуку, машинному перекладі, автоматичному реферування та ін.

Призначення для NLP можна сформулювати дуже влучною фразою **“Подолання розриву зв'язку між людиною і комп’ютером”**

1.1.2. Найбільш часто досліджувані завдання в NLP

Основними завданнями обробки природної мови залишаються [3]:

**Синтаксичні —** лематизація, морфологічна сегментація, визначення частин мови кожного слова, аналіз, парсинг, сегментація слів.

**Семантичні —** лексична семантика, машинний переклад, Named entity recognition (NER), розуміння та генерація природної мови, питання -відповідь, розуміння відносин між словами та словосполученнями, розв'язання лексичної багатоманітності.

**Дискурс —** автоматичне реферування, аналіз дискурсу, автоматичне сортування, визначення сюжетів та відношень слів між собою.

**Мовні —** розпізнавання і сегментація мови, перетворення тексту в мову.

1.1.3 Види і підходи семантичного аналізу тексту

Як викладено у статті [3], існують слідуючі підходи семантичного аналізу тексту:

**Статистичний підхід** — базується на підрахунку кількості слів у текстах і не потребує глибоких теоретичних знань в лінгвістиці, використовуються усереднені дані і виявлені закономірності.

**Кібернетичний** — об’єднуює множину різноманітних математичних підходів, пов’язуючи комп’ютерну математику та штучний інтелект.

**Лінгвістичний підхід —** Лінгвістичний підхід до обробки природної мови складається з графоматичного розбиття тексту та виділення розділів, абзаців, речень, морфологічного — визначення характеристик та атрибутів окремого слова, синтаксичного — визначення характеристик підрядного зв'язку слова в словосполученнях, семантичного — пов’язаний із сурядним словосполученням тексту та його сенсу.

**Синтактико-семантичний аналіз —** Завданням блоку синтаксичного аналізу є представлення кожного речення заданого природномовного тексту у вигляді синтаксичного дерева (лексеми у реченні з синтактико-семантичними відношеннями між ними).

**Морфологічний аналіз —** Сутність процедури морфологічного аналізу полягає у приписуванні кожній мовній лексемі вхідного природномовного об’єкту відповідної змістової інформації та їх структуризацію у морфологічній таблиці.

**Символічний підхід —** базується на явному представленні знань, що здійснюється шляхом використання добре досліджених схем та алгоритмів (словники, формули, правила).

**Коннективістський підхід —** відповідає за обробку загальних моделей з використанням конкретних прикладів мовних явищ.

**Метод допоміжних векторів —** Диференційний метод машинного навчання, що допомагає провести класифікацію слів за категоріями.

**Прихована марковська модель —** Це така графічна система, у якій кожна вершина представляє собою випадкову змінну, що може набувати будь-якого значення (з певними ймовірностями) між кількома станами, породжуючи при цьому один з декількох можливих вихідних символів з переходом для кожного з них. Множина всіх можливих станів та унікальних символів може бути дуже великою. Ми можемо бачити вихідні дані, проте початкові стани системи є прихованими.

**Умовні випадкові поля —** Ця модель використовується для передбачення стану змінної та базується на спостереженнях за цією змінною.

**N-грамні моделі** — використовуються в основному для прогнозу. В основі моделі лежіть теорія ймовірності. N-грамна модель обчислює вірогідність останнього слова N-грами, за умовою знання всіх попередніх.

1.1.4 Напрямки використання NLP

Комп'ютерна лінгвістика, в основі якої лежить обробка природної мови, виникла в Сполучених Штатах в 1950-х роках. Основною метою було використовувати комп'ютери для автоматичного перекладу текстів з іноземних мов на англійську мову. Так як комп'ютери можуть зробити арифметичні обчислення набагато швидше і точніше, ніж люди, то вважалося, що це тільки питання часу, перш ніж вони могли б також розпочати процес мови.

Перші результати не були достатньо схвальні і протягом багатьох наступних десятиліть значні зусилля науковців були спрямовані на розробку і покращення цього напряму.

У зв’язку з бурхливим розвитком Інтернету та інших комп’ютерно-комунікаційних технологій, ОПМ набуває ще більшого значення.

Методи семантичного аналізу тексту та ітеративного пошуку широко використовуються в інформаційно-пошукових системах.

Різке зростання соціальної важливості призвело до збільшення інформаційних потоків. Обсяги електронних документів значно збільшились. У зв’язку з чим зросла потреба у дослідженні та розробці систем автоматичного сортування, виділення сюжетів, реферування великих документальних массивів і пошук дублікатів. Динамічний характер інформаційного попиту спричиняє потребу у постійному отриманні оперативної інформації для своєчасного прийняття правильних рішень. Особливістю таких документів є те, що вони мають вигляд неструктурованих текстів, обробка яких не існуює у створених ПЗ.

Також не менш важливим фактом є те що NLP відіграє базову роль у розвитку AI та робототехніки. Аналіз відносять до розуміння мови, а синтез до генерації розумного наповненого змістом тексту. Вирішення цих питань надасть можливість покращати взаємдію людини з комп’ютером.

1.2 Огляд існуючого інструментарію Stanford Core NLP

1.2.1 Stanford Core NLP основні можливості

Стенфорд CoreNLP надає широкий набір інструментів для аналізу природної мови. Вона може надати базові форми слів, частини мови, абревіатури, власні назви, нормалізовані дати, час і числові величини. Також ця бібліотека може розпізнати структуру речення у термінах фраз та залежності слів. Вказує яка фраза відноситься до тієї ж сутності, вказує настрій, а також розуміє цитати [4].

Вона містіть такі модулі аналізу тексту (Анататори) таб. 1, які підтримують наступні мови таб. 2.

| Назва анотатора | Опис |
| --- | --- |
| Tokenize | “Токенізує" текст.  А також зберігає характер зміщення кожного маркера в полі введення тексту. |
| Сlean Xml | Видаляє XML лексеми з документа. |
| Sent. split | Розділяє послідовність лексем і створює речення. |
| POS | Читає текст на деякій мові і визначає частини мови такі як іменник, дієслово, прикметник. |
| Lemma | Формує слово-леми. |
| NER | Вызначає іменовані  (Персона, Місце розташування, Організацію), чисельні (Гроші, Число, Порядок, Видсоток) та часові (Дата, Час, Тривалість) об’єкти. |
| RegexNER | Метою даного анотатора є створення простого фреймворку для роботи з регулярними виразами.  Наприклад, список регулярних виразів для ідеології, національності, релігії та власних назв. |
| Sentiment | Реалізуєі модель настроїв (Socher et al’s sentiment model). Підключає бінарне дерево речень до CoreMap компонента |
| Truecase | Виявляє істинний порядок та значення для лексем в тексті, де ця інформація була втрачена, наприклад,якщо весь текст був написаний у верхньому регістрі. |
| Parse | Забезпечує повний синтаксичний аналіз, використовуючи залежності та похідні |
| Dep. Parse | Забезпечує швидкий синтаксичний аналіз. |
| Coref. | Релізує займенниковий аналіз (anaphora resolution). |
| Relation | Знаходить відносини між двома суб’єктами. |
| Nat. Log | Визначає сферу квантифікатора та маркер полярності. Наприклад, для речення «всі кішки мають хвости», анотатор визначить “всі” як квантифікатор з предметної сферою [1, 2) і об'єктом сферою [2, 4). |
| Quote | Виявляє лапки в тексті |

таблиця 1. Типи анотаторів

| Анотатор | Арабська | Китайська | Англійська | Французька | Німецька |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tokenize | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Sent. split | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Truecase |  |  | ✓ |  |  |
| POS | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Lemma |  |  | ✓ |  |  |
| Gender |  |  | ✓ |  |  |
| NER |  | ✓ | ✓ |  | ✓ |
| RegexNER | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Parse | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Dep. Parse |  | ✓ | ✓ |  |  |
| Sentiment |  |  | ✓ |  |  |
| Coref. |  |  | ✓ |  |  |

таблиця 2. Анотатори і підтримка природних мов

1.2.2 Досягнення в цій галузі та можливі етапи розвитку

Стенфорд CoreNLP має слідуючий перелік можливостей

* + Інтегрований набір інструментів для граматичного аналізу
  + Швидкий та надійний аналіз довільного тексту
  + Висока якість при аналізі тексту
  + Підтримка основних мов (англійська, арабська, китайська, французька, німецька, іспанська)
  + Доступні інтерфейси для основних сучасних мов програмування
  + Можливість працювати як простий веб-сервіс

Stanford Core NLP надає глибокі можливості обробки природної мови та інструменти для вирішення основних проблем з обчислювальної лінгвістики, які можуть бути включені в ПЗ з технологічними потребами в обробці людської мови. Інструментарій Stanford Core NLP широко використовується у промисловості, у наукових колах та урядових структурах [4].

Спершу Stanford Core NLP була розроблена тільки для Java, але зараз її можна використовувати у Python, Ruby, Perl, Javascript, F#, та інших .NET і JVM мовах.

Stanford Core NLP існує у відкритому доступі, що сприяє більшому розвитку напрямку обробки природної мови.

1.2.3 Складність роботи з Natural Language Processing і недоліки існуючих бібліотек

Не зважаючи на те що найбільш досконалі автоматизовані системи з обробки природної мови досягли задовільних теоретичних результатів, всі вони знаходяться в експериментальний стадії на сьогоднішній день. Тому жодна с розроблених теорій не може заявляти свої права на повноту рішення.

Найбільш відомим недоліком існуючих NLP систем є відсутність єдиного підходу до аналізу текстової інформації. Іншим недоліком є те що нові системи часто використовують матеріали попередніх аналітичних систем з цілью скоротити час розробки. Внаслідок чого похибка функціонування створеної аналітичної системи збільшується за рахунок похибки попереднього ПЗ.

Не менш важливим можна назвати використання різних формальних моделей представлення текстової інформації на різних етапах обробки. Що приводить до формування різних результатів при багаторазовому перетворенні текстової інформації.

Результатом таких недоліків можуть бути неоднакові результати парсингу однакових типів тексту, що значно ускладнює подальшу обробку отриманих результатів.

*Приклад: Тобто, оцінити недоліки таких систем і точно визначити довірчий інтервал для результатів роботи інтелектуальних систем дуже важко. Також необхідна обов’язкова підготовка вхідної текстової інформації для подальшого її опрацювання. Це пов’язане з необхідністю виявлення присутніх даних закономірностей, а також компактного розміщення природно-мовної інформації з метою оптимізації часу виконання обробки.*

1.3 Засоби зберігання і візуального представлення тексту

1.3.1 XMI (XML Metadata Interchange) стандарт OMG для обміну мета даними

XMI (XML Metadata Interchange) є стандартом OMGдля використання мови розмітки (XML), який призначений для забезпечення стандартного способу обміну метаданими [5]. Зокрема, XMI допомагає програмістам використовуючи Unified Modeling Language (UML) обмінюватися моделями даних. Крім того, XMI може використовуватися для обміну інформацією у сховищах даних. Фактично, формат XMI стандартизує будь-який набір метаданих та вимагає однакового відображення цих даних у різних галузях використання.

1.3.2 XML мова розмітки даних. Основні принципи і методи роботи

Extensible Markup Language (XML) використовується для опису даних. Стандарт XML являє собою гнучкий спосіб для створення інформаційних форматів в електронному вигляді для обміну структурованими даними через загальнодоступні та корпоративні мережі такі як Інтернет [6].

XML, офіційна рекомендація від World Wide Web Consortium (W3C), схожий на Hypertext Markup Language (HTML). Обидва XML і HTML містять розмітки символів для опису сторінки або вмісту файлу.

XML відомий як самоописуємий або самовизначальний формат, що означає - структура даних вбудовується разом з даними таким чином, що коли дані надходять, немає необхідності попередньо створювати структуру для зберігання даних; вона динамічно зрозуміла [5]. Формат XML може бути використаний будь-якою особою, групою осіб або компаній, які хочуть обмінюватися інформацією.

Основний будівельний блок документу XML являє собою елемент, який визначається за допомогою тега. Елемент має початковий і кінцевий тег. Всі елементи в документі XML містяться в зовнішньому елементі, відомому як корневий елемент. XML також підтримує вкладені елементи. Ця здатність дозволяє XML підтримувати ієрархічні структури. Імена елементів описують вміст елемента, а структура описує взаємозв'язок між елементами.

1.3.3 Діаграми UML як один із засобів візуального представлення тексту

Unified Modeling Language(UML) містить в собі стандартизовані візуальні позначення, які можуть бути використані для подання потрібної інформації у належному вигляді.

UML був задуманий з метою створення семантичного та синтаксичного багатомовного візуального моделювання для архітектури, проектування та реалізації складних програмних систем, як структурних так і поведінкових [7].

UML складається з різних типів діаграм. UML діаграми описують межі, структуру і поведінку системи та об'єкти в ній.

Основною ціллю даної дипломної роботи є парсинг тексту та зберігання його у форматі XMI. Це дає можливість для його представлення у вигляди UML діаграм як сукупність класів та їх залежностей. Більш детальний опис ви зможете розглянути у дипломній роботі [2].

1.4 Вектор розвитку даного напрямку і його перспективи

Машинна обробка природної мови є одним з найголовніших та найбільш досліджуваних напрямків сучасності. Не зважаючи на те що це питання далеке від остаточного вирішення, постійна увага і вклад з боку науковців, компаній та Open Source Community дають безперервні результати які просувають досягнення у цій області на нові щаблі та відкривають широкі можливості для використання поточних результатів у повсякденному житті.

Одним з найяскравіших прикладів сьогодення є використання NLP для перекладу з однієї мови на іншу (Google Translate).

Також NLP можна використовувати для побудови онтологій. Наприклад цей підхід використовує дуже популярний на сьогодні сервіс “Amazon Alexa” який може відповідати на прості питання у реальному часі.

1.5 Висновок

У цьому розділі я розглянула основні технології, мови, бібліотеки та інструментарій для роботи з Natural Language Processing. Виконала їх порівняння з урахуванням недоліків та переваг.

Цей етап є невід’ємною частиною для подальшого розвитку дипломного проекту. Адже він дозволяє адекватно зробити оцінку та передбачити приблизні результати, враховуючи недоліки та переваги одного чи іншого підходу.

Саме у слідуючому розділі я збираюсь використовувати отримані дані з метою подальшого впровадження функціоналу у дипомному проекті.

2. Реалізація розпізнавання тексту і створення UML діаграм

У данному розділі описані характерні особливості розробки програмного забезпечення з використанням бібліотеки Stanford Core NLP та розглянуті основні технології та мови використані для реалізації дипломного проекту.

Далі буде надан детальний опис механізму побудови UML діаграм після парсингу текста. Ми розглянемо алгоритм для побудови спрямованого графа з UML елементами, а також обробку кожної вершини графу та конвертацію їх у UML сутності.

На заключному етапі ми розглянемо програмний механізм реалізації парсера тексту, а також інструменти, бібліотеки, та середовища розробки які були використані на єтапі створення проекту.

2.1. Специфіка і особливості реалізації

2.1.1 Технології, мови програмування, середовище, а також чинники їх вибору

Java була вибрана як основна мова для написання програми тому що це найпопулярніша мова програмування на сьогодні, а також вона має найбільш розвинуту інфраструктуру та Open Source Community. Це дозвляє швидко знаходити вирішення нагальних проблем, а також використовувати велику кількість існуючих бібліотек. Але найвагомішим критерієм вибору стала крос-платформна робота додатку, що означає можливість використання програми на Windows, Linux, Mac та інших операційних системах. Окрім Java в проекті використовується мова розмітки даних XML та її різновид XMI, який зберігає дані у форматі UML для подальшого відображення.

Основою дипломного проекту є бібліотека Stanford Core NLP, яка використовується для обробки природної мови. Ця бібліотека розпізнає текст, та присвоює частини мови кожному слову, такі як іменник, дієслово, прикметник тощо. У нашому конкретному випадку ми отримуємо текст у вигляді ієрархічного дерева (графу) залежностей [8]. Яке буде використано у наступних етапах парсингу та обробці даних.

Також в проекті використовується інструмент JiBX. JiBX відомий своїм найшвидшим та найгнучкішим підходом для зв'язування Java коду з XML.

Середовищем для розробки проекту є Eclipse та IntelliJ IDEA (Community). Це найбільш популярні IDE для розробки Java проектів на сьогодні.

2.1.2 Технічні складності при роботі з бібліотекою Core NLP

На початку роботи з цією бібліотекою виникло декілька складностей, першою з них була проблема с пам’ятю, другою і найбільшою була складність з підключенням додаткових мов таких як російська та українська.

Перша проблема є результатом, того, що для розпізнавання великих текстів, необхідний великий обсяг виділюваної пам’яті. Цю проблему вдалось вирішити у програмі Eclipse (Neon) та Intellij IDEA (Community) які були успішно сконфігуровані для роботи з проектом у разі якщо ця бібліотека споживає об'єм пам’яті більше ніж 2 гігабайти. Вирішенням цієї проблеми було встановлення необхідного флагу *-Xmx2g* для віртуальної машини Java.

Проблема з українською та російською мовами так і не була вирішена, тому що бібліотека Stanford Core NLP не підтримує їх взагалі. Цю проблему можна частково вирішити використовуючи RDRPOSTagger Software.

Це ПЗ може допомогти отримати розмітку для частин мови (POS - модуль у цій бібліотеці), але це не вирішує проблему повністю, інші модулі так і залишаться не задіяними, що не дозволить у повній мірі розпізнавати текст на цих мовах.

Альтернативою для розпізнавання українською та російською, може бути переведення на англійську, з подальшим використанням всіх можливостей Core NLP, але цей підхід внесе багато помилок, якщо переведення на англійську мову буде виконуватися машинально.

2.1.3 Передбачуваний кінцевий результат та складності його досягнення

Важко уявити більш непередбачуваний результат, ніж при використанні бібліотек для розпізнавання природної мови. Мабуть абсолютно точного та передбачуваного результату не вдасться досягти ще довгий час. Таким чином бібліотека Core NLP не є виключенням.

Перше, з чим довелося зустрітись, була різниця у результатах розпізнавання тексту у різних версіях цієї бібліотеки. Друге, це величезний вплив знаків пунктуації на кінцевий результат. Навіть кома може змінити дерево залежностей, що має сенс якщо ця кома стоїть у правильному місці, але якщо ми маємо справу з не редагованим текстом, у якому міститься велика кількість синтаксичних помилок, то результат може бути зовсім непередбачуваним. Що означає додаткову перевірку текстів та редагування перед безпосереднім парсингом. На сьогодні автоматична синтаксична перевірка текстів у популярних текстових редакторах таких як MS Word, Pages, та інших не може називатися вдалою, тому для підготовки тексту на англійській мови я намагалася використовувати сервіс Grammarly.

Наприклад ви можете побачити результат роботи парсингу для куплету з поеми Роберта Фроста - “Зупинений нічним засніженим лісом” [9]. Цей результат представляє собою дерево залежностей між словами в куплеті.

Текст для перевірки:

*My little horse must think it queer*

*To stop without a farmhouse near*

*Between the woods and frozen lake*

*The darkest evening of the year.*

(ROOT

(S

(NP (PRP$ My) (JJ little) (NN horse))

(VP (MD must)

(VP (VB think)

(S

(NP (PRP it))

(VP (VB queer)

(S

(VP (TO To)

(VP (VB stop)

(PP (IN without)

(NP

(NP (DT a) (NN farmhouse))

(PP (IN near)

(PP (IN Between)

(NP

(NP (DT the) (NNS woods))

(CC and)

(NP (JJ frozen) (NN lake)))))))

(NP

(NP (DT The) (JJS darkest) (NN evening))

(PP (IN of)

(NP (DT the) (NN year)))))))))))

(. .)))

Тепер розглянемо результати парсингу для того ж куплету, але додамо декілька ком.

*My little horse must think it queer,*

*To stop without a farmhouse near,*

*Between the woods and frozen lake,*

*The darkest evening of the year.*

(ROOT

(S

(NP (PRP$ My) (JJ little) (NN horse))

(VP (MD must)

(VP (VB think)

**(NP (PRP it) (NN queer))**

**(, ,)**

**(S**

(VP (TO To)

(VP (VB stop)

(PP (IN without)

(NP

(NP (DT a) (NN farmhouse))

(PP (IN near)

(PRN (, ,)

(PP (IN Between)

(NP

(NP (DT the) (NNS woods))

(CC and)

(NP (JJ frozen) (NN lake))))

(, ,))

(NP

(NP (DT The) (JJS darkest) (NN evening))

(PP (IN of)

(NP (DT the) (NN year))))))))))))

(. .)))

Тепер розглянемо результат з додаванням ком, як можна побачити то цей результат парсингу ще дуже схожий на попередній але з деякими відмінностями у цій частині **(NP (PRP it) (NN queer))**, відповідно це буде мати вплив на побудову UML діаграми та на вміст її елементів.

2.2. Механізм побудови UML діаграм

2.2.1. Алгоритм вилучення класів та їх залежностей з результатів парсинга тексту засобами Core NLP

Кілька слів треба сказати про структури даних які були використані для репрезентації моделей у програмі. Такі структури як граф, орієнтований граф, дерева, та мішаний граф.

**Граф** — це сукупність об'єктів із зв'язками між ними.

Об'єкти розглядаються як вершини, або вузли графу, а зв'язки — як дуги, або ребра.

**Орієнтований граф** — граф ребрам якого присвоєно напрямок. Орієнтовані ребра називаються також дугами, а в деяких джерелах і просто ребрами.

**Мішаний граф** — граф, що містить як дуги, так і ребра.

**Дерево** — в інформатиці та програмуванні одна з найпоширеніших структур даних. Формально дерево визначається як скінченна множина Т з однією або більше вершин, яка задовольняє наступним вимогам:

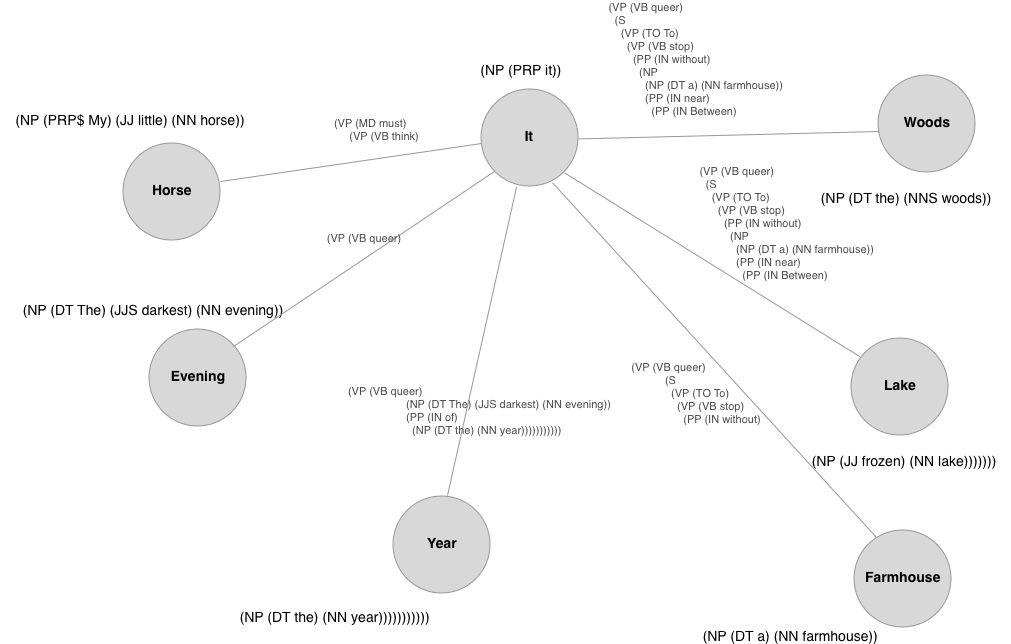
1. існує один відокремлений вузол — корінь дерева

2. інші вузли (за винятком кореня) розподілені серед m ≥ 0 непересічних множин T1…Tm і кожна з цих множин, в свою чергу, є деревом. Дерева T1…Tm мають назву піддерев даного кореня.

Також у **додатку А** наданий список найбільш часто використовуваних умовних позначень для частин мови у Core NLP [10].

Тепер розглянемо алгоритм дій, який використовується для вилучення класів, та їх залежностей, з дервева, яке Core NLP надає по завершенню парсингу.

1. Передати текст до бібліотеки Core NLP та отримати результат (дерево залежностей). Кожна гілочка цьго дерева являє собою фразу, набір фраз, або слово яке проанотоване за допомогою таких анотаторів як tokenize, ssplit, pos, lemma, parse.
2. Коли результат парсингу вже отриманий слідуючим кроком буде виділення всіх іменників та займенників (NP (PRP it) (NN queer))у окремий граф де вони будуть вершинами.
3. Всі дієслова (VP (VB think)) у свою чергу теж виділяються до окремого графу, вони будуть ребрами.
4. На наступному кроці, ми виділяємо всі прикметники з отриманого дерева залежностей, та додаємо їх до вже виділених іменників в окремому графі.
5. На п'ятому кроці ми намагаємося виділити ті частини мови які залишились, та додати їх у якості ребер, або вершин, до окремого графу, в якому на цей момент вже містяться іменники, дієслова та прикметники.
6. В результаті цих дій на кроці шість ми отримуємо проміжний результат у вигляді графу, який у подальшому буде використаний для побудови ще одного графу в якому іменники будуть перетворені на класи, дієслова на характерні залежності, а прикметники будуть перетворені на властивості класів.
7. Побудова UML графу на основі проміжного графу.



малюнок 1. Умовна схема зв’язків проміжного графу

Для проміжного графу мал. 1. використовується текст

*My little horse must think it queer*

*To stop without a farmhouse near*

*Between the woods and frozen lake*

*The darkest evening of the year.*

2.2.2. Побудова проміжного графа та зазначення відносин між елементами

У цьому пункті ми детально розглянемо побудову проміжного графу мал. 1. на основі дерева залежностей отриманого від Core NLP.

Перше що було потрібно зробити, це визначити правила конвертації. Частково ці правила були створені на основі роботи [11], а також дуже допоміг документ [12].

Основні правила для конвертації можна представити у вигляді таблиці:

| Вершини | Ребра |
| --- | --- |
| NN, NNP, PRP, NNS | VBP, VBN, VBG, IN |
| JJ, CD, RB | TO, VBZ, ADVP, VB |
|  | ADJP, PP, SBAR |
|  | СС |

таблиця 3. Правила конвертації дерева Core NLP в проміжний граф

Нижче наведений результат виводу програми, при конвертації, для перевірки адекватності створених даних на основі правил у таб. 3.

**(NP (PRP$ My) (JJ little) (NN horse))** —> (VP (VB think) (S (NP (PRP it)) (VP (VB queer) (S (VP (TO To) (VP (VB stop) (PP (IN without) (NP (NP (DT a) (NN farmhouse))(PP (IN near) (PP (IN Between) (NP (NP (DT the) (NNS woods)) (CC and) (NP (JJ frozen) (NN lake))))))) (NP (NP (DT The) (JJS darkest) (NN evening)) (PP (IN of) (NP (DT the) (NN year)))))))))) —> **(NP (PRP it))**

**(NP (PRP it))** —> (PP (IN without) (NP (NP (DT a) (NN farmhouse)) (PP (IN near) (PP (IN Between) (NP (NP (DT the) (NNS woods)) (CC and) (NP (JJ frozen) (NN lake))))))(VB queer)) —> **(NP (DT a) (NN farmhouse))**

**(NP (PRP it))** —> (PP (IN without) (NP (NP (DT a) (NN farmhouse)) (PP (IN near) (PP (IN Between) (NP (NP (DT the) (NNS woods)) (CC and) (NP (JJ frozen) (NN lake)))))) (VB queer)) —> **(NP (DT the) (NNS woods))**

**(NP (PRP it))** —> (PP (IN without) (NP (NP (DT a) (NN farmhouse)) (PP (IN near) (PP (IN Between) (NP (NP (DT the) (NNS woods)) (CC and) (NP (JJ frozen) (NN lake))))))(VB queer)) —> **(NP (JJ frozen) (NN lake))**

**(NP (PRP it))** —> (VB queer) —> **(NP (DT The) (JJS darkest) (NN evening))**

**(NP (PRP it))** —> (PP (IN of) (NP (DT the) (NN year))(VB queer)) —> **(NP (DT the) (NN year))**

Дивлячись на результати конвертації, можна побачити що було створено декілька вершин та ребер, вершини виділені жирним шрифтом, а ребра мають сірий колір та звичайний шрифт.

Тепер коли ми маємо проміжний граф ми можемо переходити до створення UML графу з наступним перетворенням цьго графу у UML діаграму.

2.2.3. Створення UML графу та пост обробка кожного елемента графа з перетворенням в UML елементи

На данному етапі ми вже маємо створений проміжний граф з залежностями між словами та фразами. Першим кроком буде визначення правил для конвертації з проміжного графу. Ці правила були визначені самостійно і можуть бути змінені у майбутньому.

| Назва частини мови | UML сутності |
| --- | --- |
| NN, NNP, PRP, NNS | Класи |
| JJ, CD, RB | Атрибути класів |
| VBP, VBN, VBG, IN, TO, VBZ, ADVP, VB | Залежності між класами (асоціація, агрегація, генералізація) |
| ADJP, PP, SBAR | Додаткова інформація для залежностей між класами, яка впливає на те як вони будуть конвертовані |
| IN | вказує на агрегацію або генералізацію в залежності від контекту |
| СС | Поєднання однакових по типу залежностей |

таблиця 4. Правила конвертації проміжного графу у UML граф

Після того як правила будуть застосовані до даних з проміжного графу, програма виведе наступне:

**Horse** —> think queer To stop without near Between of —> **It**

**It** —> without near Between queer —> **Farmhouse**

**It** —> without near Between queer —> **Woods**

**It** —> without near Between queer —> **Lake**

**It** —> queer —> **Evening**

**It** —> of queer —> **Year**

Як і у попередньому графі, жирним шрифтом виділені класи (вершини), а зв’язки (ребра) виділені сірим і мають нормальний шрифт. Надані результати у цьмоу конкретному випадку можуть виглядати сумнівними, але після конвертації у UML діграмму, вони будуть мати сенс.

Також розглянемо інший приклад для тексту:

*Cats are similar in anatomy to the other fields, with a strong flexible body, quick reflexes, sharp retractable claws, and teeth adapted to killing small prey.*

**Cats** —> similar in are —> **Anatomy**

**Cats** —> to are —> **Fields**

**Cats** —> with are —> **Body**

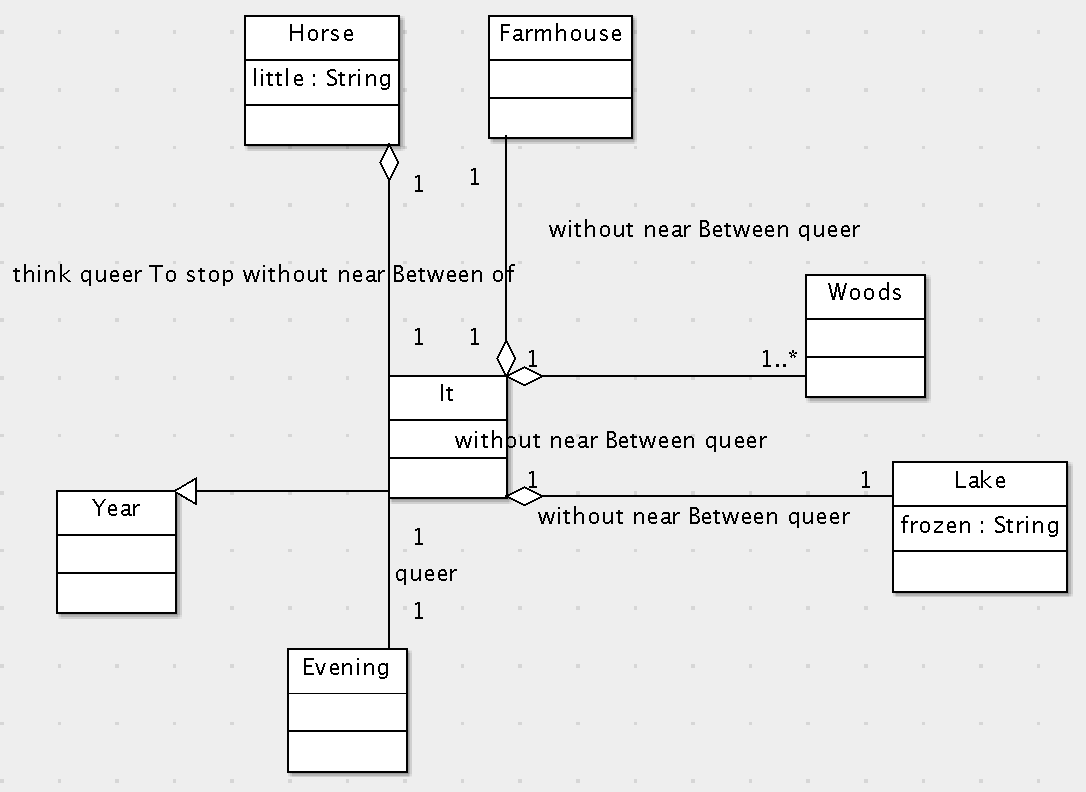
**Cats** —> with are —> **Reflexes**

**Cats** —> with are —> **Claws**

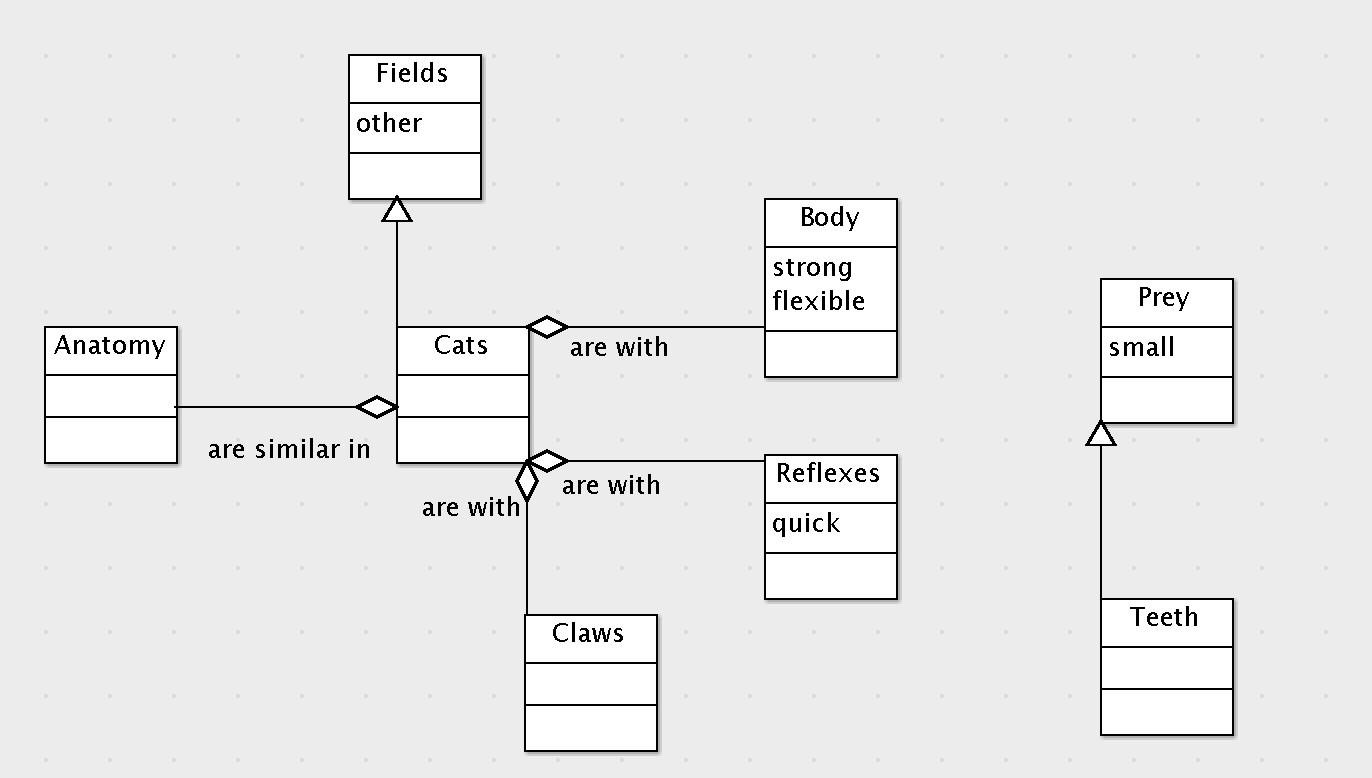
**Teeth** —> to killing —> **Prey**

У цьому тексті ми можемо бачити вже набагато зрозуміліший результат, у разі якщо ми використовуємо прості речення які не є віршованими.

Тепер давайте розглянемо UML діграми які будуть отримані після приведення UML графу до формату XMI. Як візуальний редактор для роботи та аналізу UML, був обраний ArgoUML [13], також була використана модифікована версія цьго редактора з дипломного проекту [2]



малюнок 2. UML діаграма для куплету з поеми [9]

****

малюнок 3. UML діаграма для тексту “*Cats are similar in anatomy…*”

2.3. Робота з форматом XMI

2.3.1 Впровадження та використання javax.xml пакета із стандартного набору розширень Javax

Для того щоб із UML графу отримати UML діаграму, мати можливість провести аналіз та редагувати результати парсингу, нам необхідно конвертувати UML граф у формат XMI та зберегти його як файл з розширенням .xmi

Для запису в .xmi файл використовується стандартний набір розширень javax.xml (пакет класів) та JAXB фреймворк.

Java Architecture for XML Binding (JAXB) програмне забезпечення, яке дозволяє розробникам Java відображати класи Java як XML репрезентації. JAXB має дві основні функції, здатність конвертувати об’єкти Java в XML, а також відновлювати такі об’єкти з XML [15].

2.3.2 Перетворення класів в XMI об'єкти

За допомогою фреймворку JAXB вдається автоматично конвертувати класи в XMI сутності, наприклад клас Horse який буде міститись у UML графу поеми [9] буде виглядати так

<UML:Class visibility="public" isActive="false" xmi.id="Horse\_ClassID0" name="Horse" isSpecification="false" isRoot="false" isLeaf="false" isAbstract="false">

<UML:Classifier.feature>

<UML:Attribute xmi.id="little0" name="little" visibility="private" isSpecification="false" ownerScope="instance">

<UML:StructuralFeature.type>

<UML:DataType href="http://argouml.org/profiles/uml14/default-uml14.xmi#-84-17--56-5-43645a83:11466542d86:-8000:000000000000087E"/>

</UML:StructuralFeature.type>

</UML:Attribute>

</UML:Classifier.feature>

</UML:Class>

Як можна побачити у наведеному коді клас Horse містить властивість little типу String.

<UML:Attribute **xmi.id="little0" name="little"** visibility="private" isSpecification="false" ownerScope="instance">

<UML:StructuralFeature.type>

<UML:DataType href="http://argouml.org/profiles/uml14/default-uml14.xmi#-84-17--56-5-43645a83:11466542d86:-8000:000000000000087E"/>

</UML:StructuralFeature.type>

</UML:Attribute>

Це означає що перетворення об’єкту класа у XMI сутність пройшло вдало. Наступним прикладом буде перетворення зв’язків між класами у XMI елементи. Розглянемо XML код асоціації між класом Horse та It додаток В.

Цей XML код є результатом роботи JAXB, а це означає що зв’язки у UML графі репрезентовані спеціальними об’єктами класів, котрі конвертуються у необхідний тип зв’язку UML. Ці класи були створені у роботі [14].

2.4. Програмний механізм реалізації

2.4.1. Впровадження бібліотеки CoreNLP

У данному проекті використовується декілька сторонніх бібліотек з відкритим кодом окрім Core NLP. Так як ручний процес інтеграції цих бібліотек у проект може бути доволі працемістким, було вирішено скористатися менеджером залежностей Apache Maven.

Apache Maven є інструментом управління програмним продуктом. На основі концепції об'єкта проекту моделі (POM), Maven може централізовано керувати збіркою, звітністю та документацією проекту.

Для того щоб використати Apache Maven нам портібно:

1. Cтворити проект Java на основі Maven
2. Вказати у створеному файлі **pom.xml** необхідні залежності, бібліотеки, фреймворки, тощо. Приклад цього файлу буде наведений нижче.

<project xmlns="http://maven.apache.org/POM/4.0.0" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation="http://maven.apache.org/POM/4.0.0 http://maven.apache.org/xsd/maven-4.0.0.xsd">

<modelVersion>4.0.0</modelVersion>

<groupId>com.svitlanamoiseyenko</groupId>

<artifactId>ontology.text-to-uml.parser</artifactId>

<version>0.0.1-SNAPSHOT</version>

<name>Text to UML parser</name>

<description>The Development of Software for Parsing Texts and Generating their UML Models</description>

<dependencies>

**<dependency>**

**<groupId>edu.stanford.nlp</groupId>**

**<artifactId>stanford-parser</artifactId>**

**<version>3.7.0</version>**

**<scope>compile</scope>**

**<classifier>models</classifier>**

**</dependency>**

<dependency>

<groupId>org.jgrapht</groupId>

<artifactId>jgrapht-core</artifactId>

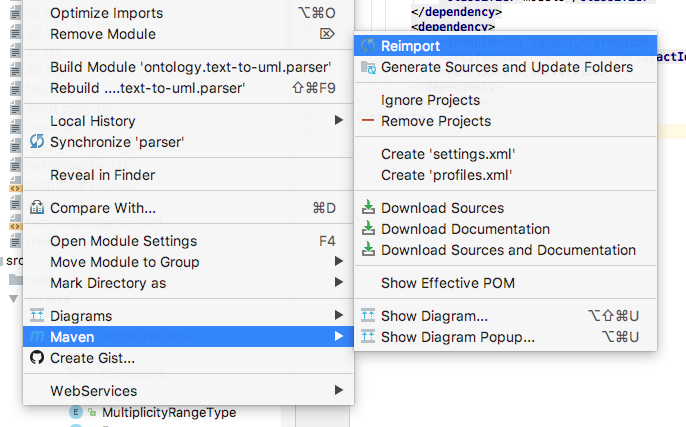
<version>1.0.1</version>

</dependency>

</dependencies>

</project>

Жирним шрифтом виділино код для підключення Core NLP бібліотеки. Все що потрібно було зробити для імпортування, це взяти на сайті Stanford Core NLP необхідний код і додати його до pom.xml, далі потрібно виконати команду mvn install, але у моєму випадку я використовувала IDE Intellij IDEA яка вже містіть необхідний функціонал, для автоматичного додавання бібліотек після необхідних змін у pom.xml файлі. Також це можно зробити за допомогою меню Maven -> Reimport, наведено на мал. 4.



малюнок 4. Меню інтегрованого плагіна Apache Maven у Intellij IDEA

2.4.2. Отримання результатів парсинга у вигляді дерева сутностей (NP, VP …)

Для отримання результатів парсингу,у вигляді дерева залежностей між частинами мови, як було зазначено у попередніх розділах, я використала бібліотеку Core NLP. Нижче наведені приклади коду, короткий опис класів та їх використання.

Клас TextParser являє собою модель парсера текста, який виконує основну роботу по управлінню процесами та етапами створення графів, можна відноситись до нього як до сценарію перетворення текста природною мовою на XMI об’єкт для подальшого запису у файл .xmi.

public class Main {

public static void main(String[] args) {

**TextParser textParser = new TextParser();**

**XMI xmi = textParser.process("poem.txt");**

XMI\_output.WriteToXMIFile(Constants.resourcesDir + "test\_outputparser" + ".xmi", xmi);

}

}

Кожна програма Java починається з класу Main та статичного методу з такою ж назвою. Перше що ми робимо це створюємо об’єкт типу TextParser, далі буде викликаний метод process, у який буде передано назву текстового файлу poem.txt, який містить текст для парсингу. Тепер розглянемо детальніше код методу process.

public XMI process(String filename) {

**String fileText = FileManager.readFile(filename);**

**Properties props = new Properties();**

**props.put("annotators", "tokenize, ssplit, pos, lemma, parse");**

**pipeline = new StanfordCoreNLP(props);**

System.out.println("pipeline: " + pipeline);

**Annotation document;**

**document = new Annotation(fileText);**

**pipeline.annotate(document);**

System.out.println(" pipeline annotation" + document);

XMI xmiStructure = null;

**ParseDocument(document);**

//buildAbstractModelElementsList();

xmiStructure = buiildXMI(xmiHelper.abstractModelElements);

return xmiStructure;

}

Тут створюються властивості, які будуть використані у подальшому для конфігурування бібліотеки Core NLP. Безпосередньо, створюється властивість для анотаторів які в свою чергу параметризують механізм парсингу цієї бібліотеки.

Наступним створюється об’єкт типу **Annotation** в який ми передаємо текст з прочитаного файлу, з цього об'єкта викликається метод annotate, у який ми передаємо об'єкт анотованого документу. Далі цей же анотований документ ми передаємо у метод **ParseDocument** для подальших перетворень результатів роботи Core NLP у проміжний граф.

2.4.3. Побудова проміжного графа на основі отриманого дерева.

Розглянемо програмну побудову проміжного графу на основі отриманого дерева залежностей. Почнемо з методу **ParseDocument**.

private void ParseDocument(Annotation document) {

List<CoreMap> sentences = document.get(SentencesAnnotation.class);

for (CoreMap sentence : sentences)

{

// this is the parse tree of the current sentence

**Tree tree = sentence.get(TreeAnnotation.class);**

System.out.println("tree: ");

**TreePrint treePrint = new TreePrint("penn");// latexTree**

**treePrint.printTree(tree);**

**buildNPGraph(tree);**

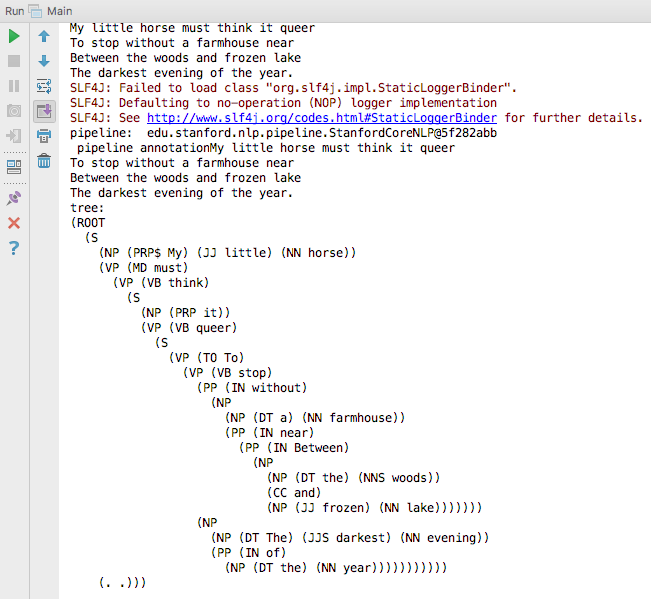
**buildXMIGraph();**

**buildAbstractModelElementsList();**

}

}

Перше що робить метод **ParseDocument**, це обхід кожного об’єкту речення у документі, та створює дерево залежностей між фразами та словами цього дерева. Наступним кроком виводимо це речення до консолі мал. 5. у вигляді Latex Tree за допомогою метода **printTree** який міститься у об'єкті типу **TreePrint** з бібліотеки Core NLP.



малюнок 5. Консоль Intellij IDEA та виведеня дерева у вигляді Latex Tree

Після виводу дерева залежностей, викликається метод **buildNPGraph** для побудови проміжного графу. Розглянемо цей метод та два інших метода **buildGraphNodes** та **buildGraphEdges**

private void buildNPGraph(Tree tree) {

**buildGraphNodes(tree);**

**buildGraphEdges(tree);**

}

private List<Tree> buildGraphNodes(Tree tree) {

List<Tree> nodesNP = new ArrayList<Tree>();

**treeManager.getNPTrees(tree, nodesNP);**

**npGraph.addNodes(nodesNP);**

return nodesNP;

}

private void buildGraphEdges(Tree tree) {

System.out.println("buildGraphEdges: ");

List<NPNode> graphNodes = npGraph.getAllNodes();

for (NPNode node: graphNodes)

{

NPNode parentNode = node;

List<NodeTreeData> connectedItems =

new ArrayList<NodeTreeData>();

**treeManager.getRelatedNP(tree, parentNode.tree, tree, connectedItems);**

**npGraph.addEdges(parentNode, connectedItems);**

}

npGraph.printGraph();

}

Метод обгортка **buildNPGraph** викликає два методи **buildGraphNodes** та **buildGraphEdges** які додають вершини та ребра до проміжному графу. Для побудови графів у програмі використовується бібліотека JGraphT.

JGraphT є вільною для використання Java бібліотекою, яка надає математичну теорію графів та алгоритми для її використання.

Далі методи **getNPTrees** та **getRelatedNP** об’єкта **TreeManager** викликають одноіменні методи класу **BaseTreeUtil**.

**TreeManager** являє собою клас “одинак” який може існувати тільки у одному екземплярі, також цей клас було оптимізовано для використання у багатопотоковому середевищі, так як планувалося робити обробку дерев паралельно, що може значно скоротити час обробки великих текстів.

**BaseTreeUtil** клас є частиною пакету utils.tree цей пакет потрібен для роботи з деревами CoreNLP а також для конвертації цих дерев у спеціалізовані дерева зв’язків між іменниками та іншими частинами мови для проміжного графу.

У цих методах дотаток Г. відбувається основна робота з відокремлення частин мови та створення вершин і ребер, базуючись на правилах з таб. 3. Після того як дані будуть оброблені та додані до проміжного графу, він буде переданий для подальшої конвертації у UML граф. Це реалізовано викликом метода **buildXMIGraph** з класу **TextParser**. Але перед тим як перейти до створення UML графу, у **додатку Б** розглянемо декілька констант з класу **Constants**, які потрібні для відтворення правил з таб.3 і таб. 4. у коді програми.

2.4.4. Побудова UML діаграми шляхом перетворення елементів базового графа

Побудова UML графу розпочинається після того як метод **buildNPGraph** збудує проміжний граф і програма буде готова до побудови UML графу, це буде зроблено після виклику метода **buildXMIGraph** код якого наведений нижче.

private void buildXMIGraph() {

**List<NPNode> graphNodes = npGraph.getAllNodes();**

for (NPNode node: graphNodes) {

**xmiGraph.addNode(XMIGraphUtil.getXMINode(node));**

}

**List<NPEdge> graphEdges = npGraph.getAllEdges();**

for (NPEdge edge: graphEdges) {

**xmiGraph.addEdge(XMIGraphUtil.getXMIEdge(edge));**

}

xmiGraph.printGraph();

}

Задачею цього метода є обробка кожної вершини і ребра проміжного графу та перетворення їх у вершини і ребра UML графу. Також тут використовується класс **XMIGraphUtil** з пакету utils.xmi. Призначенням цього пакету є конвертація сутностей проміжного графу за правилами з таб. 4. у сутності UML графу.

Наступним кроком після побудови UML графу буде генерація UML сутностей, виклик **buildAbstractModelElementsList** побудує список UML елементів, таких як класи, зв’язки типа генералізація, асоціація та інші. Розглянемо код цього метода.

private void buildAbstractModelElementsList() {

**List<XMINode> graphNodes = xmiGraph.getAllNodes();**

for (XMINode node: graphNodes) {

Class element = xmiHelper.getClassElementFromNode(node);

xmiHelper.addElementToClass(element);

}

**List<XMIEdge> graphEdges = xmiGraph.getAllEdges();**

for (XMIEdge edge: graphEdges) {

XMINode parentNode = xmiGraph.getNode(edge.parentNodeId);

XMINode childNode = xmiGraph.getNode(edge.childNodeId);

**AbstractModelElement abstractModelElement = xmiHelper**

**.getConnectionElement(edge, parentNode, childNode);**

**xmiHelper.addElementToClass(abstractModelElement);**

}

}

У цьому методі вилучаються усі вершини та ребра з UML графу та перетворюються на XMI об’єкти за допомогою класу **AbstractModelElement** з пакету legacy.xmi.model. Після чого використовується **XMIUtil** клас з пакету utils.xmi для створення списку з UML елементами які будуть готові до запису у .xmi файл.

AbstractModelElement в пакеті legacy.xmi.model є запозиченим класом з роботи [26].

XMIUtil клас з пакету utils.xmi імплементує логіку для роботи з вершинами та ребрами UML графу, ця логіка полягає в тому, що кожна вершина та ребро буде конвертоване у необхідну UML сутність, яка буде розпізнана у падальшому JAXB фреймворком.

При проектуванні цих класів та моделей даних, була розглянута можливість використовувати тільки проміжний граф який містить іменники та їх зв’язки між собою, а також мати можливість одразу конвертувати цей граф у XMI сутності з подальшим записом у файл. Але така можливістьбула відкинута на користь допоміжному UML графу. У разі використання тільки проміжного графу механізм конвертації був би набагато складніший ніж при використанні обох графів. Так як вершини і ребра проміжного графу містять дерева типу Tree, така структура даних буде дуже важко конвертуватись у список XMI об’єктів.

2.4.5. Генерація XMI файлу з метою зберігання та подальшої передачі даних

Після того як був отриманий проміжний та UML графи, а також дані з цих графів були конвертовані у список XMI елементів, переходимо до запису у файл формату .xmi. Розглянемо код з якого починається запис у файл.

public static void main(String[] args) {

TextParser textParser = new TextParser();

XMI xmi = textParser.Processing("poem.txt");

**XMI\_output.WriteToXMIFile(Constants.resourcesDir + "test\_outputparser" + ".xmi", xmi);**

}

Жирним шрифтом виділено виклик статичного метода **WriteToXMIFile** з класу XMI\_output до якогу передається назва файла для запису, а також отримані дані у вигляді списку XMI елементів. Розглянемо детальніше код методу **WriteToXMIFile**.

public static void WriteToXMIFile(String \_filepath,XMI \_xmi) {

try {

**File file = new File(\_filepath);**

JAXBContext jaxbContext = JAXBContext.newInstance(XMI.class);

**Marshaller jaxbMarshaller = jaxbContext.createMarshaller();**

// output pretty printed

jaxbMarshaller.setProperty(Marshaller.JAXB\_FORMATTED\_OUTPUT, true);

**jaxbMarshaller.marshal(\_xmi, file);**

**jaxbMarshaller.marshal(\_xmi, System.out);**

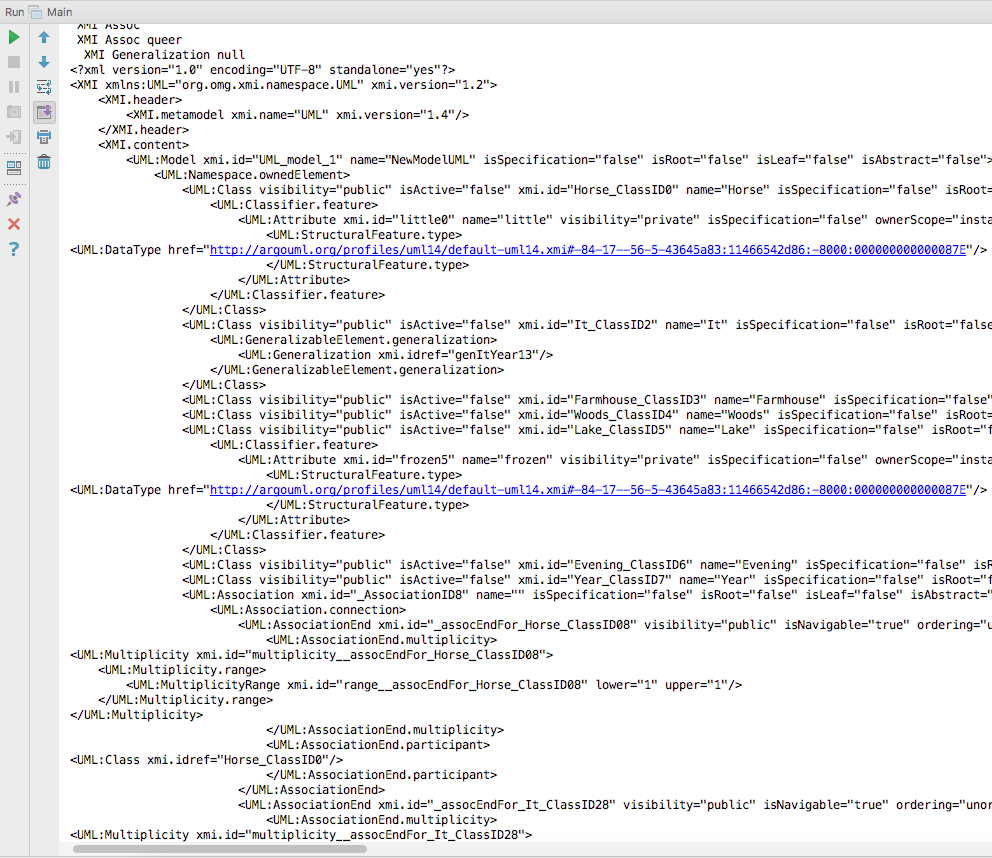
} catch (JAXBException e) {

e.printStackTrace();

}

}

Спочатку створюється об’єкт файла, до якого буде відбуватися запис, потім створюється об'єкт типу **Marshaller** з фреймворку JAXB, його призначенням є виконання запису XMI об’єкта (маршалінгу). Наступним буде конвертовано XMI об'єкт у XML код який буде записано до .xmi файлу. Після того як запис відбудеться, програма парсер завершує свою роботу, та виводить XML код до консолі мал. 6.



малюнок 6. Вивід XML (XMI) коду до консолі в Intellij IDEA

Для перевірки на валідність XML (XMI) коду було використано онлайн валідатор [xmlvalidation.com](http://xmlvalidation.com). А також найкращою перевіркою є те що .xmi файл може бути відкритий у програмі ArgoUML.

2.5. Переваги і недоліки

Розглянемо таблицю переваг та недоліків на архітектурному рівні, а також у програмному коді.

| Переваги | Недоліки |
| --- | --- |
| Застосування бібліотеки Stanford CoreNLP дає широкі можливості виконання різних типів парсингу. | Stanford CoreNLP може надавати непередбачувані результати парсингу,  це залежить від багатьох факторів наприклад, помилки в тексті, неправильно поставлені знаки пунктуації та інші. |
| Обробка отриманого дерева через виділення основних вузлів NP та VP без чіткої прив'язки до кожного типу залежності. | Так як обробка текстів виконується не паралельно, парсинг великого об’єму тексту може займати досить багато часу. У майбутньому треба провести оптимізацію цього процеса. |
| Використання JgraphT графу як основної структури даних. | Поточний підхід до конвертації дерева залежностей між частинами мови хоч і є універсальним, але не є досить надійним. В окремих випадках ми можемо отримати досить непередбачувані результати, які можуть дуже сильно відрізнятись від очікуваних. |
| Швидка обробка невеликих об’ємів текстів. | На теперішній час досі не існує чітких правил конвертації тексту, тому досить важко вивести успішну формулу для конвертації природної мови до UML діаграми. |
| Використання менеджера залежностей Maven. Цей менеджер дозволяє підключати будь-які бібліотеки які знаходяться у відкритому доступі. | Дуже велика залежність від результатів парсингу Stanfrod Core NLP. У майбутньому можна розглянути альтернативне або комплексне рішення (наприклад використання додаткових бібліотек чи оптимізацію Core NLP) |

таблиця 5. Переваги та недоліки

2.6. Висновок

У цьому розділі описана специфіка і особливості реалізації програми парсера, технології, мови, та середовища розробки які були використані у процесі розробки. Був розглянутий механізм побудови UML діаграм, описані алгоритми для вилучення класів з дерева залежностей яке надає Core NLP. Також у цьму розділі були розроблені правила для конвертації частин мови у UML сутності. У розділі 2.3. розглядається робота з форматом XMI, впровадження та використання пакету javax.xml для запису XMI сутностей у файл. У розділі 2.4. описана логіка роботи програми та основні архітектурні особливостей парсеру, також у цьому розділі описано впровадження бібліотеки Core NLP та її використання. Також була наведена логіка побудови UML діаграми шляхом перетворення елементів проміжного графу у UML елементи.

Результатом виконаної роботи є розроблений програмний продукт для парсингу тексту, який використовує результат роботи бібліотеки CoreNLP, а саме - дерево залежностей, виконує його парсинг згідно розробленим правилам. Далі на основі отриманих даних, генерує UML модель та зберігає результат у форматі XMI.

Даний результат буде використовуватись у якості вхідних даних у дипломному проекті Олександра Василейко [2] з ціллю подальшого проведення їх аналізу, редагування та конвертації у формат OWL. Розроблене програмне забезпечення не є досконалим, тому що воно не вірішує всіх пролем з якими можна зіткнутися у процессі його роботи. Тому наступним кроком буде проведення експеременту та визначення всіх недоліків та переваг з метою покращення.

3. Експериментальна перевірка результатів роботи програмного забезпечення

3.1. Мета експерименту

Метою експерименту є перевірка конвертації тексту природною мовою у UML діагрму та подальший аналіз отриманої діаграми. Потрібно відразу зазначити, що не існує чітких прийнятих правил для такого виду конвертацій. Тому будуть використані правила з таб. 4.

3.2. План і проведення експерименту

Перевірка розробленого програмного забезпечення буде проведена у чотири етапи. На першому та другому етапах буде проведене тестове роспізнавання семантично насичених текстів малої довжини. На третьому етапі буде проведений тестовий парсинг тексту великої довжини. На четвертому етапі буде проведене розпізнання та конвертація тексту з помилками як орфографічними так і синтаксичними. Після парсингу та конвертації текста будуть створені UML діаграми.

Такий план дозволить провести перевірку програмного продукту, у умовах використання, наближених до реальних. А також гарантує те, що будуть виявлені слабкі сторони як архітектурних так і програмних рішень даного ПЗ.

3.2.1. Вхідні дані

У якості вхідних даних будуть використовуватись такі тексти

*The woods are lovely, dark and deep,*

*But I have promises to keep,*

*And miles to go before I sleep,*

*And miles to go before I sleep.*

1. куплет з поеми [9]

*Cats are similar in anatomy to the other fields, with a strong flexible body, quick reflexes, sharp retractable claws, and teeth adapted to killing small prey.*

2. Короткий текст опису котів як хижих тварин, взятий з вікіпедії.

*Apple was founded by Steve Jobs, Steve Wozniak, and Ronald Wayne in April 1976 to develop and sell personal computers.It was incorporated as Apple Computer, Inc. in January 1977, and was renamed as Apple Inc. in January 2007 to reflect its shifted focus toward consumer electronics. Apple joined the Dow Jones Industrial Average in March 2015.*

*Apple is the world's largest information technology company by revenue, the world's largest technology company by total assets, and the world's second-largest mobile phone manufacturer, by volume, after Samsung. In November 2014, Apple became the first U.S. company to be valued at over US$700 billion in addition to being the largest publicly traded corporation in the world by market capitalization. The company employs 115,000 full-time employees as of July 2015 and maintains 478 retail stores in seventeen countries as of March 2016. It operates the online Apple Store and iTunes Store, the latter of which is the world's largest music retailer. Consumers use more than one billion Apple products worldwide as of March 2016.*

3. Опис компанії Apple.

*Cats is simillar in anatomy, to the others field with a strogn flexibe body quick reflexes, sharp, retractable claws. And tith adapted - to killing small prey.*

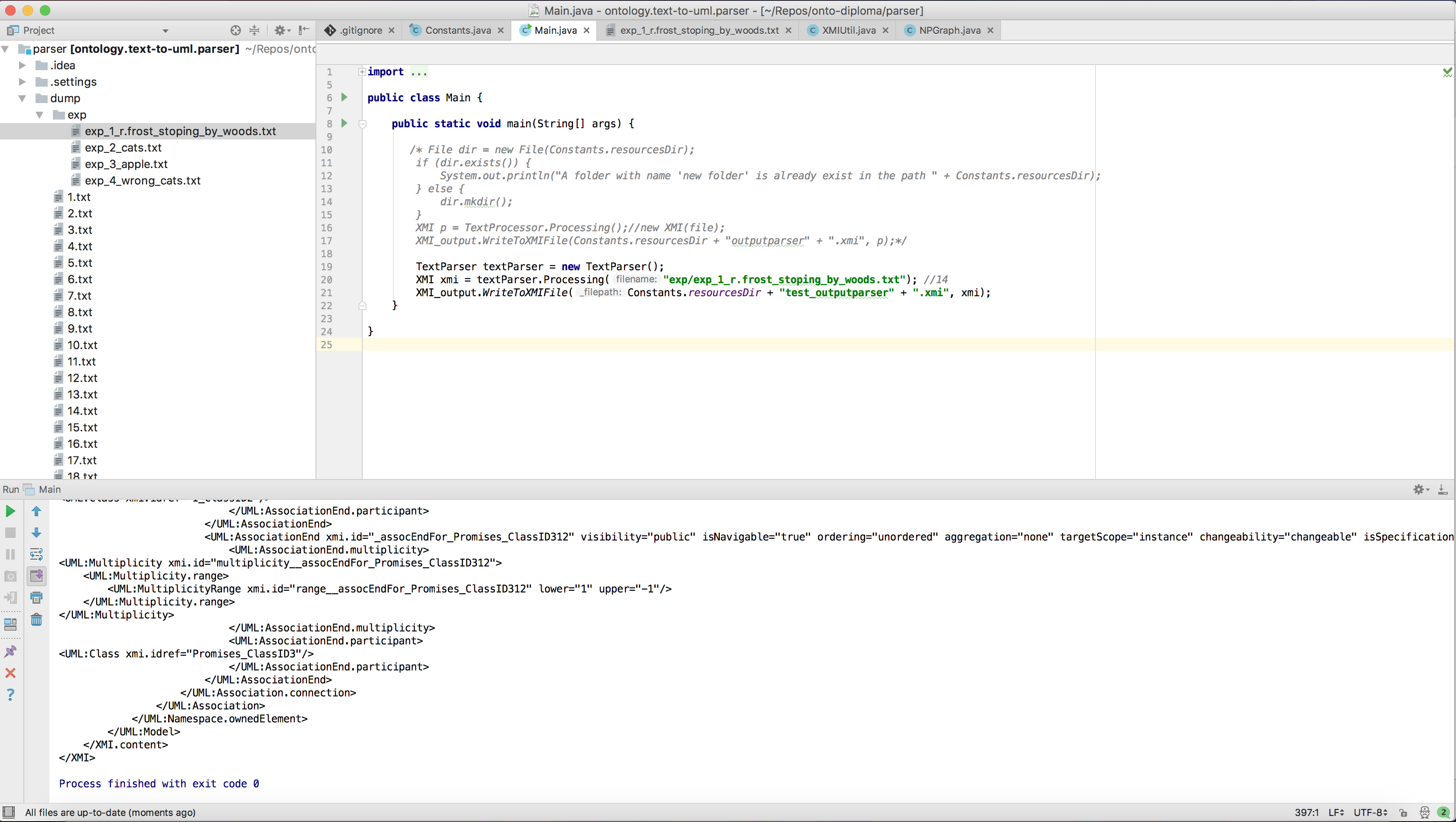
4. А також текст опису котів як хижих тварин, з великою кількістю орфографічних та синтаксичних помилок.

3.2.2. Проведення експерименту

Розпочнемо експеримент записом цих текстів у чотири окремі текстові файли. Далі запускаємо програму і отримуємо перші результати які будуть наведені нижче.

Треба зазначити що на даному етапі програма парсер не може роспізнавати файли один за іншим та не має черги завдань для виконання, а також вона не містить графічного інтерфейсу. Це означає що кожний файл буде роспізнаватись окремо. У майбутньому планується надати можливість інтегрувати програму парсер у вигляді бібліотеки до проектів на Java, а також планується підтримка менеджера залежностей Maven.

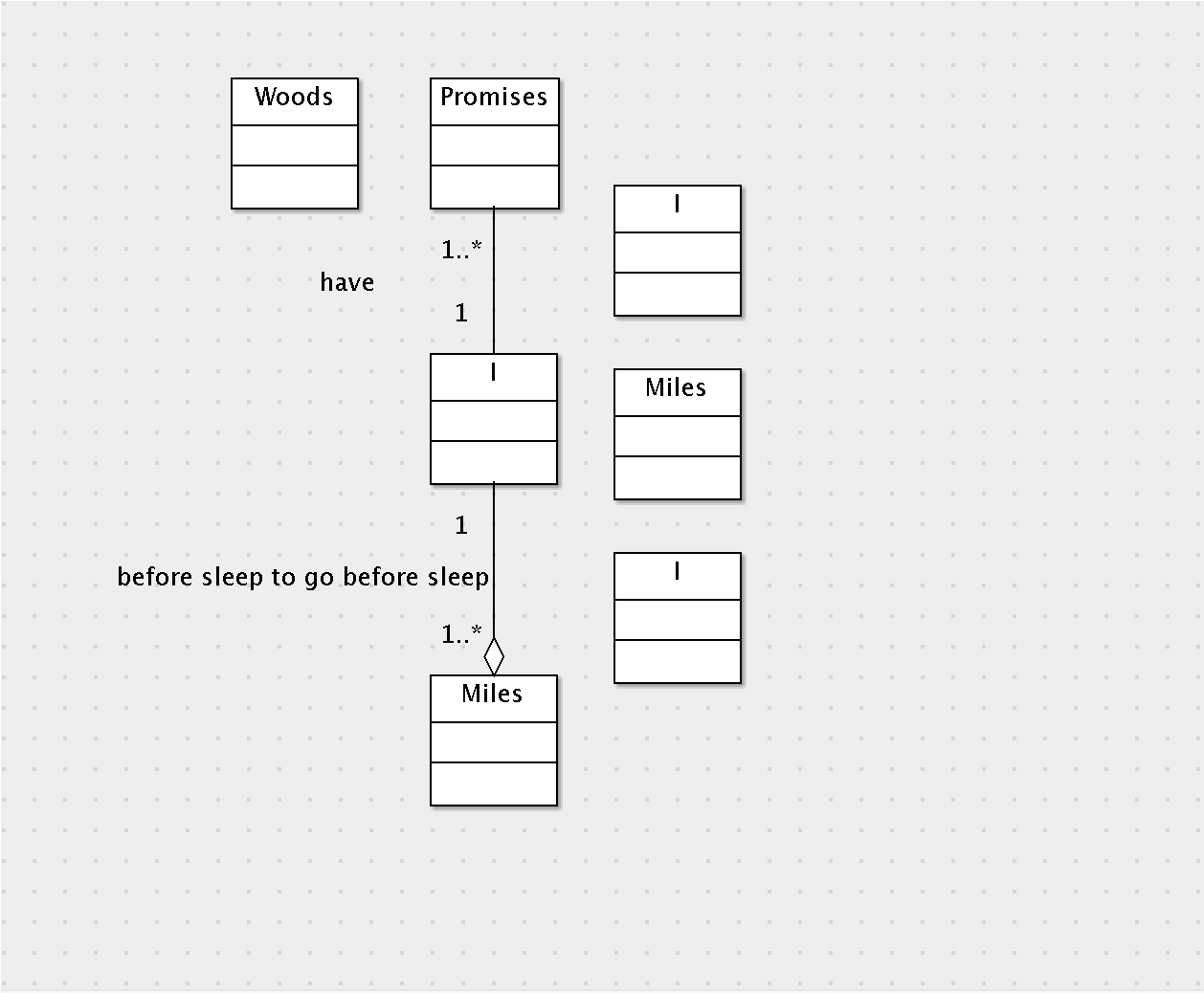
Запуск програми пасрера буде виконуватися у середовищі розробки Intellij IDEA мал. 7.



малюнок 7. Запуск програми у середовищі для Java розробки Intellij IDEA

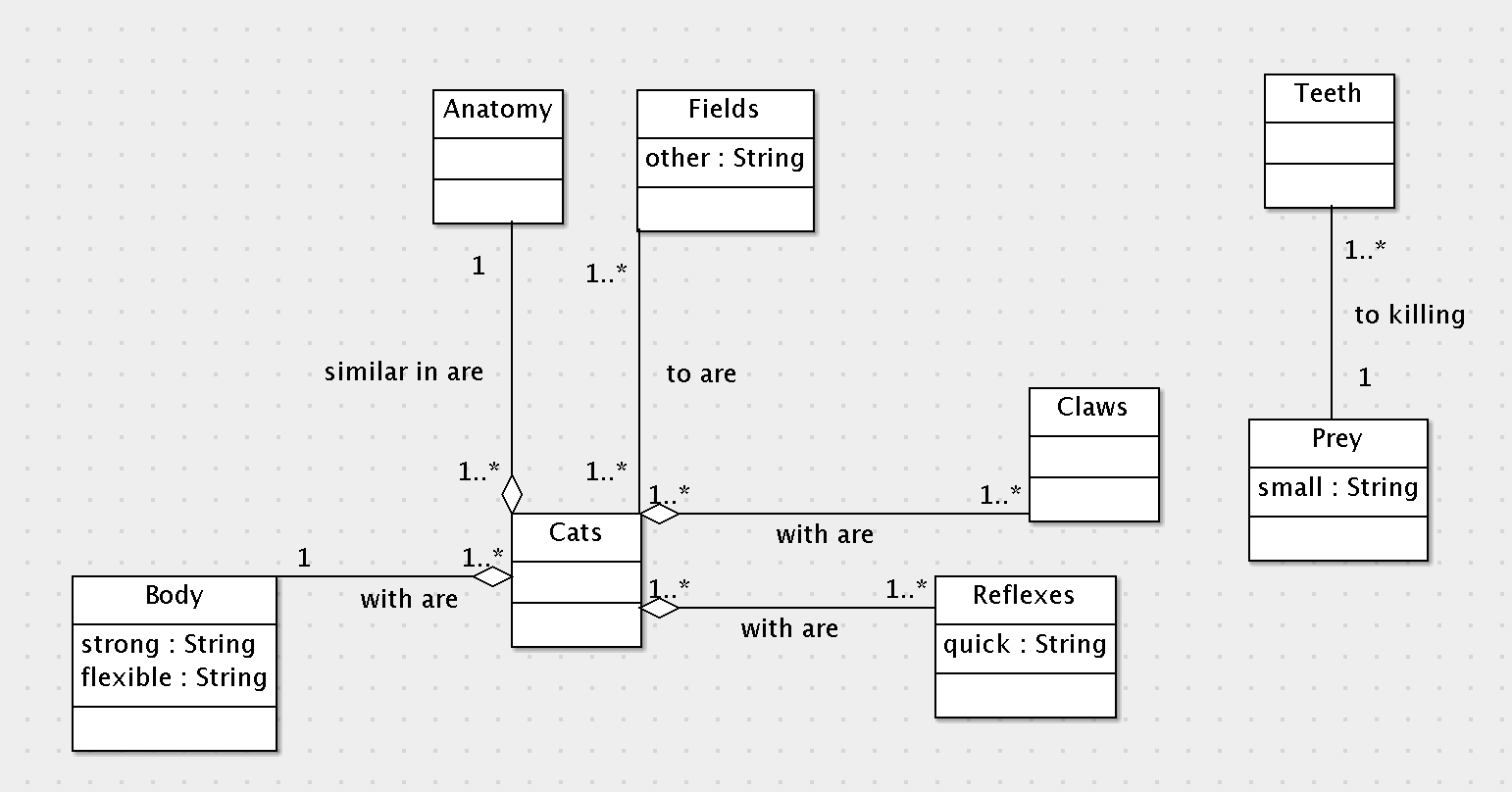
3.2.3. Отримання вихідних даних

Першим був отриманий результат для куплету з віршу [9].



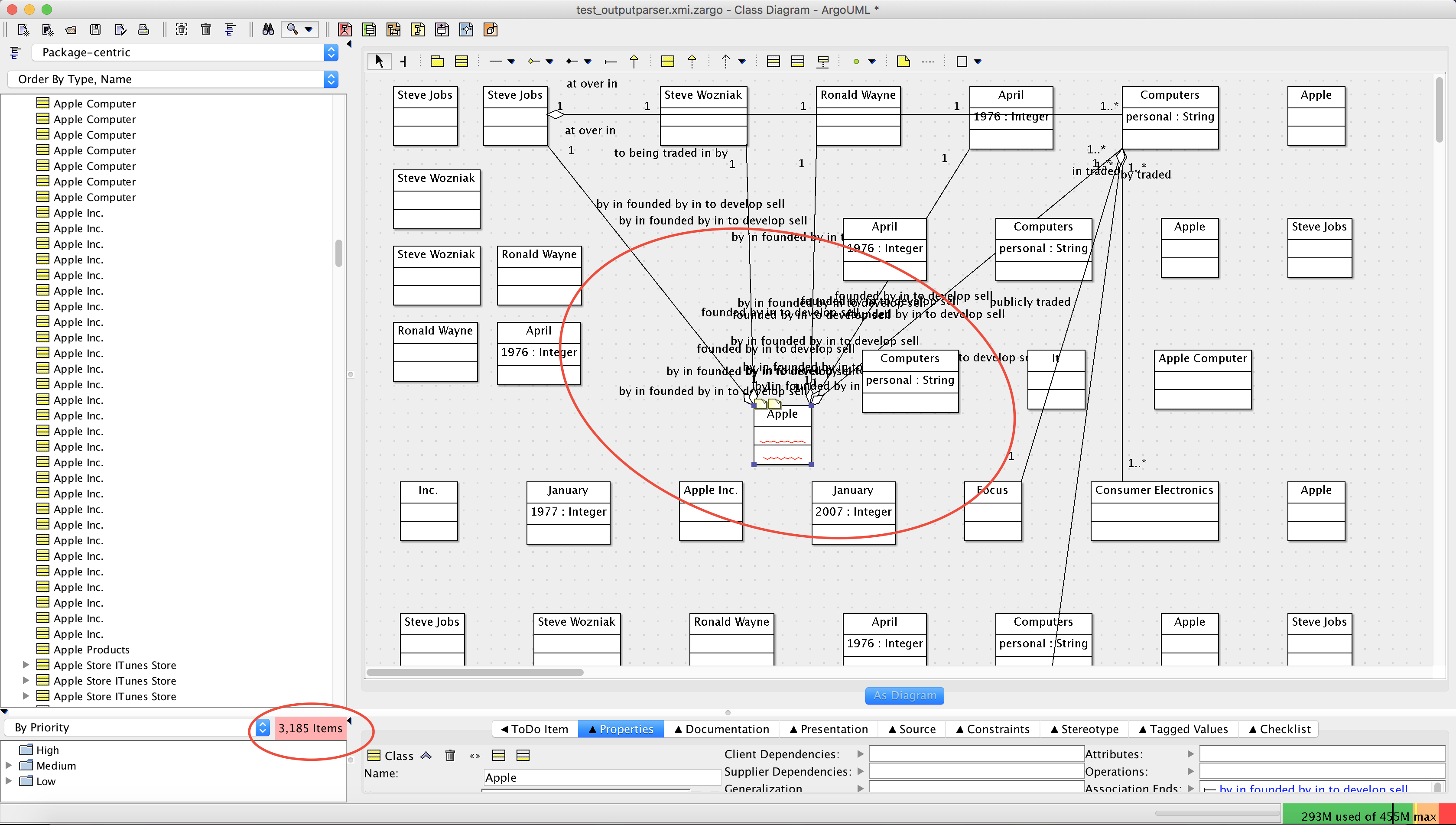
малюнок 8. UML діаграма для куплету з віршу [9]

Другим був отриманий результат для короткого опису котів як хижих тварин, одразу зазначемо що це є найкращий результат на сьогодні. Цей текст використовувався як тестовий при розробці програми парсера.



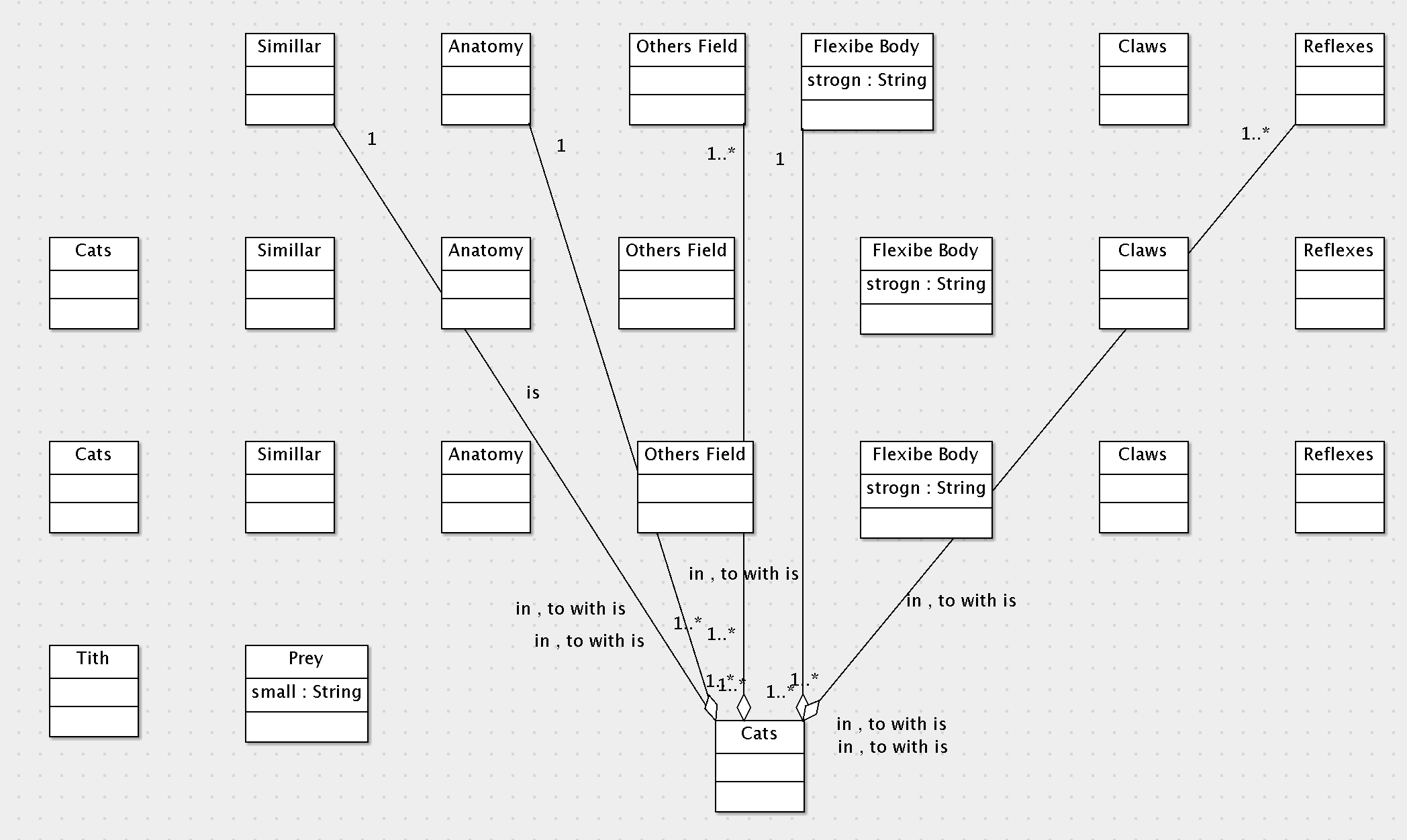
малюнок 9. UML діаграма отримана з тексту про котів як хижих тварин

Третім був отриманий результат для тексту про заснування компанії Apple. Цей результат вже виглядає неправильним та заплутаним. Також неможливо розмістити його повністю на холсті програми ArgoUML.

****

малюнок 10. UML діаграма з тексту про компанію Apple

Розглянемо результат для тексту про котів як хижих тварин з орфографічними та синтаксичними помилками.



малюнок 11. UML діаграма опису котів як хижих тварин отримана з тексту який містить орфографічні та синтаксичні помилки

Останнім розглянемо результати парсингу семантично насичених текстів.

1. *A Clock is a TemporalInstrument to generate the instances of a TemporalMeasure.*



малюнок 12. UML діаграма визначення Clock (короткий текст)

2. *A Clock, as a measurement instrument, may return a single value (a TimeStamp corresponding to a single TimeUnit) or several values (the parts of a TimeStamp corresponding to different TimeUnits).*

**

малюнок 13. UML діаграма визначення Clock (довгий текст)

3.3. Перевірка конвертації текстових сутностей в UML елементи

Конвертація текстових сутностей у UML елементи, за правилами з таб. 4. для перших двох випадків, пройшла більш менш успішно. Це можна оцінити по тому, як були конвертовані іменники, дієслова та інші частини мови, але в останніх двох випадках мал. 10. та мал. 11. не можна з точністю сказати що всі слова були конвертовані правильно, також з’явилась велика кількість дублікатів у UML діаграмах, що вказує на недосконалість використаного алгоритму конвертації природного тексту в UML для мал. 10. А також вказує на недосконалість механізму парсингу текста бібліотеки Stanford Core NLP яка не може пропускати, або ж автоматично виправляти слова та знаки пунктуації.

3.3.1. Перевірка коректності конвертації іменників (підметів) в класи

Мабуть цю задачу програма парсер виконала найуспішніше, практично усі іменники конвертовані у правильні UML сутності (класи), про що свідчать UML діаграми на мал. 8 - 11. Для діаграм на мал. 10 - 11 парсер намагається створити UML класи з іменників навіть якщо результати завідомо некоректні.

Також треба зазначити про отримання досить добрих результатів парсингу семантично насичених текстів мал. 12 (здається це найкращий результат), але тільки якщо використовувати невеликі об’єми тексту мал. 13, інакше результат також може бути непередбачуваним.

3.3.2. Перевірка коректності конвертації дієслів (присудків) в залежності

З цим завданням для UML діаграм на мал. 8 - 9. програма парсер впоралась вдало. Але для діаграм на мал. 10 - 11. неможливо точно назвати процент успішності виконання завдання.

Діаграма на мал. 10. почала будуватись коли парсер Core NLP видав більше ніж 3000 залежностей між частинами мови, більшість з яких на мою думку виявляється неправильними семантично. Це є причиною чому ці залежності (в основному дієслова) були інтерпретовані неправильно.

Діаграма на мал. 11. збудована базуючись на завідомо некоректному прикладі тексту, але алгоритм побудови зв’язків між дієсловами та іменниками намагається коректно інтерпретувати навіть такий завідомо неправильний результат парсингу бібліотеки Core NLP.

Також є проблема яка пов’язана з конвертацією дієслів тільки як зв’язків між класами (іменниками). Можна також уявити дієслово як метод класу, наприклад слово stop чудово підходить у якості метода для класу Horse. У майбутньому якщо цей проект буде розвинутий, треба обов’язково надати таку можливість та удосконалити алгоритм конвертації у UML.

3.3.3. Перевірка коректності конвертації прикметника в атрибути класу

Прикметники, як частини мови, конвертуються у UML властивості класів доволі вдало, але тут є одна проблема з недосконалістю правил конвертації у таб. 4. а відповідно і з алгоритмом конвертації у UML. Це проблема з типами властивостей наприклад: String, Int, Double, Bool. Можна вирішити це для простих та загальноприйнятих типів даних в Java. Але це дуже проблематично, якщо програма парсер будe намагатись створити власні типи даних. Також дуже проблематично отримати коректну інформацію від Core NLP, в такому виді який би дозволяв задати власний тип даних для прикметника.

Альтернативним вирішенням цієї проблеми, міг би бути підхід, коли частина іменників була б конвертована у UML інтерфейси, наприклад такі прикметники як quick, storng, small чудово виглядали б як інтерфейси. А клас Cat мал. 9. міг би їх імплементувати.

3.3.4. Перевірка коректності конвертації відносин один до багатьох, багато до багатьох та інших

Як можна побачити на мал. 8 - 11. конвертація зв’язків один до одного, один до багатьох, багато до багатьох, переважно виконана правильно. Це результат того що, для визначення конкретного типу зв’язку, в основному, використовується множина слова. Core NLP дуже непогано впоралась з наданням інформації про однину або множину, що у свою чергу сприяло простоті, та коректності роботи алгоритму, у частині конвертації таких типів зв’язків.

3.3.5 Перевірка коректності конвертації типів відносин (association, generalization, aggregation)

Цю задачу, там де це можливо, а також там де було надано достатньо інформації про такі типи зв’язків, програма парсер виконала добре мал. 8 - 9. Але залишається дуже багато питань до правил конвертації таб. 4. у частині надання зв’язкам конкретного типу. Наступними діями, по удосконаленню програми парсера, повинні стати дії з розширеня поточних правил у цій частині.

3.4. Аналіз та оцінка проведеного експерименту

Аналізуючи отримані результати, можна дійти висновку, що програма парсер виконує базові функції конвертації тексту природною мовою в UML діаграми згідно правил у таб. 4. але успішність конвертації залежить від багатьох факторів. Два найважливіші з них це: довжина тексту та його коректність з точки зору орфографії та семантики. Третім найважливішим фактором може бути коректність самих правил конвертації таб 3. і таб 4.

3.4.1. Оцінка отриманих результатів

Результати у вигляді діаграм мал. 8 - 11 доводять що, програма парсер неє стабільною на данному етапі і може надавати для подальшого аналізу та редагування, як добре сформовані діаграми, так і абсолютно неприродні та тяжкі для розуміння.

Так як планувалося що ці діаграми будуть надані для редагування та аналізу, з подальшою конвертацією у мову OWL в проекті [2], то такі результати як на мал. 10 - 11 буде неможливо конвертувати правильно, що робить цю програму парсер як найслабкішою ланкою, так і найважливішою у лацюжку створення онтологій з природного тексту.

3.4.2. Визначення вузьких місць і можливості їх оптимізації

Мабуть найслабкішим місцем у програмному продукті є те що, на сьогодні не визначені повні базові правила для конвертації природної мови в UML, такі правила могли б міститись не на однй сторінці тексту, та могли б зайняти не один місяць часу на йх визначення. На мою думку наступним кроком розвитку даного ПЗ, повинно бути, намагання чітко визначити хоча б базові правила конвертації для кожної частини мови.

Наступною проблемою є те що, цей проект дуже залежить від бібліотеки Core NLP та її результатів роботи, які є не ідеальними. Вирішенням цієї проблеми була б доробка та удосконалення бібліотеки разом з співтовариством відкритого коду яке постійно проводить різні вдосконалення, та надає нову функціональність.

Також на сьогодні, ця програма не має інтерфейсу і навіть не може гнучко працювати у консольному режимі. Це необхідно виправити, але це також є найменшою проблемою з перерахованих.

3.5. Висновок

Проведення експерименту є одною з найважливіших частин роботи дипломного проекту. Адже це дозволяє нам визначити переваги та недоліки поточних результатів та подальший напрямок розвитку розробленого програмного забезпечення.

Результатом проведення експерименту є:

* Створення різних як позитивних так і негативних умов для роботи програмного забезпечення
* Тестування розробленого програмного забезпечення моделюючи різні події розвитку
* Аналіз і оцінка роботи окремого модулю
* Визначення вузьких місць та можливостей їх покращення

Отримані результати насамперед будуть використовані для планування наступних етапів розробки та вдосконалення даного програмного забезпечення.

ВИСНОВОК

У першій частині цієї роботи, було розглянуто основні принципи обробки текста природною мовою за допомогою засобів програмного забезпечення. Був наданий короткий опис найбільш часто досліджуваних завдань у NLP. Були наведені основні напрямки використання, а також були описані поточні види та підходи до семантичного аналізу тексту. Наступними у цій частині були розглянуті засоби зберігання та візуального уявлення тексту такі як XMI, XML та UML, але найголовнішою частиною цього розділу є опис бібліотеки Stanford Core NLP. Ця бібліотека є найголовнішим модулем ПЗ для парсингу текста природною мовою та конвертацією у UML.

Друга частина роботи є практичною, в цій частині було розглянуто специфіку та особливості реалізації програмного продукту, механізм побудови UML діаграм та створення правил конвертації природної мови, роботу з форматом XMI, а також програмний механізм реалізації ПЗ. Практичні завдання які були поставлені у цій частині, були успішно виконані у розділі програмної реалізації. Що ж стосується правил конвертації у UML то можна зазначити наступне, треба ще достатньо часу на дослідження для того щоб створити універсальні правила для такого типу конвертацій. Це може бути темою ще для багатьох дипломних робіт та наукових паперів.

У третій частині цієї роботи, надані результати експериментальних досліджень для парсингу текста природною мовою та його перетворення на UML діаграму. У результаті декількох експериментів були визначені як сильні так і слабкі сторони програмного продукта, а також була доведена працездатність даного ПЗ у реальних умовах використання. На підставі цих результатів можна стверджувати що програма надає коректні результати роботи тільки у випадку якщо вхідні тексти не містять більш ніж два або три речення.

Підсумовуючи проведену роботу, можна стверджувати, що основна мета була досягнута, але це ніяк не означає що отриманий результат є ідеальним. Наступним у подальшому розвитку даного ПЗ буде, розширеня правил конвертації тектсу у UML діаграму, удосконалення та оптимізація алгоритму перетворення тексту у UML, а також розширення бібліотеки Stanford Core NLP.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Інтелектуальна обробка текстів - 2014, Тарануха В.Ю.
2. Олександр Василейко “Розробка програмного забезпечення для графічного аналізу відповідності онтологій вимогам”.
3. Natural language processing, [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://en.wikipedia.org/wiki/Natural_language_processing>
4. Stanford CoreNLP – Core natural language software, [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://stanfordnlp.github.io/CoreNLP/>
5. XML Metadata Interchange [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://en.wikipedia.org/wiki/XML_Metadata_Interchange>
6. XML [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.w3.org/XML/>
7. Unified Modeling Language [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Unified_Modeling_Language>
8. Stanford typed dependencies manual, Marie-Catherine de Marneffe and Christopher, D. Manning, September 2008, Revised for Stanford Parser v. 1.6.2 in February 2010
9. Robert Frost, Stopping by Woods on a Snowy Evening, [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.poetryfoundation.org/poems-and-poets/poems/detail/42891>
10. Java Stanford NLP: Part of Speech labels [Електронний ресурс] Режим доступу: https://stackoverflow.com/questions/1833252/java-stanford-nlp-part-of-speech-labels/1833718#1833718
11. Generating Natural Language Specifications From UML Class Diagrams, Farid Meziane, Nikos Athanasakis, Sophia Ananiadou, Informatics Research Institute Newton Building, School of Computer Science University of Manchester
12. Stanford typed dependencies manual Marie-Catherine de Marneffe and Christopher D. Manning
13. ArgoUML User Manual : A tutorial and reference description by Alejandro Ramirez, Philippe Vanpeperstraete, Andreas Rueckert, Kunle Odutola, Jeremy Bennett, Linus Tolke, and Michiel van der Wulp
14. Евгеній Алфьоров, Text to UML
15. Java Code to XML scheme [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.ibm.com/developerworks/java/tutorials/j-jibx1/>
16. The Law of Gravitation for Ontologies and Domains of Discourse, Vadim Ermolayev
17. Part I: Refining Temporal Representations using OntoElect, Vadim Ermolayev, Natalya Keberle, Andreas Harth, May 29, 2016
18. Gravitation and Fitness in Ontology Dynamics, Vadim Ermolayev, Jan. 26, 2016
19. Toward a Syndicated Ontology of Time for the Semantic Web, Vadim Ermolayev, February, 2016
20. [OpenNLP Tutorial](http://www.programcreek.com/2012/05/opennlp-tutorial/) Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.programcreek.com/2012/05/opennlp-tutorial/>
21. Stanford POS tagger in Eclipse , [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://rajvardhan.wordpress.com/2012/11/11/stanford-pos-tagger-in-eclipse/>
22. How to use Opennlp to do part-of-speech tagging [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://blog.pengyifan.com/how-to-use-opennlp-to-do-part-of-speech-tagging/>
23. Temporal Representations, [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://km.aifb.kit.edu/sites/qs-sdm/wiki/Temporal_Representations>
24. Frequently Asked Questions, [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://stanfordnlp.github.io/CoreNLP/faq.html#corenlp-runs-out-of-memory>
25. Stanford JavaNLP API Documentation, [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://nlp.stanford.edu/nlp/javadoc/javanlp/overview-summary.html>
26. Universal Dependencies v2, [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://universaldependencies.org/en/dep/>
27. A Rule-based Part-of-Speech and Morphological Tagging Toolkit, [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://rdrpostagger.sourceforge.net/>
28. Working XML: UML, XMI, and code generation, Part 2 , [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.ibm.com/developerworks/library/x-wxxm24/>
29. Общие механизмы XMI [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://book.uml3.ru/sec_1_8>
30. Onto Diploma репозиторій [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://github.com/alexnodejs/onto-diploma>

Додаток А

1. CC Coordinating conjunction (Координаційний сполучник)

2. FW Foreign word (Іноземні слова)

3. IN Preposition or subordinating conjunction (Прийменник або підрядний сполучник)

4. JJ Adjective (Прикметник)

5. CD Cardinal number (Кардинальне число)

6. NN Noun (Іменник)

7. NNP Proper noun, singular (Власні назви, однина)

8. PRP Personal pronoun (Особисті займенники)

9. NNS Noun, plural (Іменник, множина)

10. PRP Personal pronoun (Особовий займенник)

11. RB Adverb (Прислівник)

12. SYM Symbol (Символ)

13. UH Interjection (Вигук)

14. VB Verb, base form (Дієслово)

15. VBP Verb, non­3rd person singular present (Дієслово без третьої особи однини теперішнього форми)

16. VBN Verb, past participle (Дієслово, дієприкметник минулого часу)

17. VBG Verb, gerund or present participle (Дієслово, герундій або дієприкметник теперішнього часу)

18. TO to (Частка to)

19. VBZ Verb, 3rd person singular present (Дієслово, третя особа однини теперішнього часу)

20. ADVP Adverb phrase (Прислівникова фраза)

21. ADJP Adjective phrase (Прикметникова фраза)

22. PP Prepositional phrase (Прийменникова фраза)

23. SBAR Subordinate clause (Підрядне речення)

Додаток Б

public static final String singleNounSet[] = new String[] {"NN", "NNP", "PRP"};

public static final String pluralNounSet[] = new String[] {"NNS"};

public static final String adjectiveSet[] = new String[] {"JJ", "CD", "RB"};

public static final String verbSet[] = new String[] {"VBP", "VBN", "VBG", "IN", "TO", "VBZ", "ADVP", "VB"};

public static final String joinVerbSet[] = new String[] {"ADJP", "PP", "SBAR"};

public static final String conjVerbSet[] = new String[] {"CC", ","};

public static final String aggregationSet[] = new String[] {“IN"};

public static final String generalizationSet[] = new String[] {"IN"};

public static final String generalizationSetWords[] = new String[] {“of"};

Додаток В

<UML:Association xmi.id="\_AssociationID8" name="" isSpecification="false" isRoot="false" isLeaf="false" isAbstract="false">

<UML:Association.connection>

<UML:AssociationEnd xmi.id="\_assocEndFor\_Horse\_ClassID08" visibility="public" isNavigable="true" ordering="unordered" aggregation="aggregate" targetScope="instance" changeability="changeable" name="think queer To stop without near Between of" isSpecification="false" isRoot="false" isLeaf="false" isAbstract="false">

<UML:AssociationEnd.multiplicity>

<UML:Multiplicity xmi.id="multiplicity\_\_assocEndFor\_Horse\_ClassID08">

<UML:Multiplicity.range>

<UML:MultiplicityRange xmi.id="range\_\_assocEndFor\_Horse\_ClassID08" lower="1" upper="1"/>

</UML:Multiplicity.range>

</UML:Multiplicity>

</UML:AssociationEnd.multiplicity>

<UML:AssociationEnd.participant>

<UML:Class xmi.idref="Horse\_ClassID0"/>

</UML:AssociationEnd.participant>

</UML:AssociationEnd>

<UML:AssociationEnd xmi.id="\_assocEndFor\_It\_ClassID28" visibility="public" isNavigable="true" ordering="unordered" aggregation="none" targetScope="instance" changeability="changeable" name="" isSpecification="false" isRoot="false" isLeaf="false" isAbstract="false">

<UML:AssociationEnd.multiplicity>

<UML:Multiplicity xmi.id="multiplicity\_\_assocEndFor\_It\_ClassID28">

<UML:Multiplicity.range>

<UML:MultiplicityRange xmi.id="range\_\_assocEndFor\_It\_ClassID28" lower="1" upper="1"/>

</UML:Multiplicity.range>

</UML:Multiplicity>

</UML:AssociationEnd.multiplicity>

<UML:AssociationEnd.participant>

<UML:Class xmi.idref="It\_ClassID2"/>

</UML:AssociationEnd.participant>

</UML:AssociationEnd>

</UML:Association.connection>

</UML:Association>

Додаток Г

public static void getNPTrees(Tree tree, List<Tree> nodesNP) {

List<Tree> subtrees = tree.getChildrenAsList();

for (Tree subtree : subtrees) {

**if (BaseTreeUtil.isNP(subtree)**

**&& ! BaseTreeUtil.isHasPhrasesNP(subtree)) {**

**nodesNP.add(subtree);**

}

getNPTrees(subtree, nodesNP);

}

}

public static void getRelatedNP(

Tree tree,

Tree nodeNP,

Tree root,

List<NodeTreeData> connectedNodesNP) {

List<Tree> children = tree.getChildrenAsList();

for (Tree child : children) {

**if (child.equals(nodeNP)) {**

. . .

**if (!VPUtil.hasConjVP(treeVP)**

&& isVP(treeVP.firstChild())) {

. . .

for (Tree vpTree : parentVPS) {

List<NodeTreeData> connectedNodes =

new ArrayList<NodeTreeData>();

**NPUtil.getNPwithPath(**

**vpTree,**

**connectedNodes,**

**root,**

**vpTree);**

connectedNodesNP.addAll(connectedNodes);

}

} else {

. . .

}

}

}

getRelatedNP(child, nodeNP, root, connectedNodesNP);

}

}