МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. І. Сікорського

Кафедра

інформатики та програмної інженерії

(повна назва кафедри, циклової комісії)

**КУРСОВА РОБОТА**

з Основ програмування

(назва дисципліни)

на тему: "Пошукова семантична система на основі даних сайту stackoverflow.com із використанням машинного навчання"

Студентів 1 курсу, групи ІП-11, 14

Коткова Тимура Максимовича

Сідака Кирила Ігоровича

Спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення»

Керівник Головченко Максим Миколайович

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Кількість балів: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Національна оцінка \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Члени комісії |  |  |  |
|  | (підпис) |  | (вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) |
|  |  |  |  |
|  | (підпис) |  | (вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) |

Київ- 2022 рік

КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. І. Сікорського

(назва вищого навчального закладу)

Кафедра інформатики та програмної інженерії

Дисципліна Основи програмування

Напрям "ІПЗ"

Курс 1 Група ІП-11 Семестр 2

Курс 1 Група ІП-14 Семестр 2

ЗАВДАННЯ

на курсову роботу студентів

Коткова Тимура Максимовича

Сідака Кирила Ігоровича

(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи "Пошукова семантична система на основі даних сайту stackoverflow

із використанням машинного навчання"

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 12.06.2022

3. Вихідні дані до роботи

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці)

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

6. Дата видачі завдання 10.02.2022

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Назва етапів курсової роботи | Термін виконання етапів роботи | Підписи керівника, студента |
| 1. | Отримання теми курсової роботи | 10.02.2022 |  |
| 2. | Підготовка ТЗ | 02.05.2022 |  |
| 3. | Пошук та вивчення літератури з питань курсової роботи | 03.05.2022 |  |
| 4. | Розробка сценарію роботи програми | 04.05.2022 |  |
| 5. | Узгодження сценарію роботи програми з керівником | 04.05.2022 |  |
| 6. | Розробка (вибір) алгоритму рішення задачі | 04.05.2022 |  |
| 7. | Узгодження алгоритму з керівником | 04.05.2022 |  |
| 8. | Узгодження з керівником інтерфейсу користувача | 05.05.2022 |  |
| 9. | Розробка програмного забезпечення | 06.05.2022 |  |
| 10. | Налагодження розрахункової частини програми | 06.05.2022 |  |
| 11. | Розробка та налагодження інтерфейсної частини програми | 07.05.2022 |  |
| 12. | Узгодження з керівником набору тестів для контрольного прикладу | 25.05.2022 |  |
| 13. | Тестування програми | 26.05.2022 |  |
| 14. | Підготовка пояснювальної записки | 05.06.2022 |  |
| 15. | Здача курсової роботи на перевірку | 12.06.2022 |  |
| 16. | Захист курсової роботи | 15.06.2022 |  |

Студент

(підпис)

Керівник Головченко Максим Миколайович

(підпис) (прізвище, ім’я, по батькові)

"\_\_\_" \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2022 р.

**АНОТАЦІЯ**

Пояснювальна записка до курсової: 97 сторінок, 5 рисунків, 17 таблиць, 5 посилань.

Об’єкт дослідження: гра «Шахові фігури».

Мета роботи: дослідження методів обрахунку взять на шаховій дошці, розробка програмного забезпечення для обрахунку усіх можливих взять, доступних в позиції на шаховій дошці.

Опановано розробку програмного забезпечення з використанням ООП. Приведені змістовні постановки задач, їх індивідуальні математичні моделі, а також описано детальний процес розв’язання кожної з них.

Виконана програмна реалізація гри «Шахові фігури»

ЗМІСТ

[1 Постановка задачі 8](#_Toc105450337)

[2 Теоретичні відомості 9](#_Toc105450338)

[3 Опис алгоритмів 14](#_Toc105450339)

[3.1. Загальний алгоритм 14](#_Toc105450340)

[3.2. Алгоритм методу 1 14](#_Toc105450341)

[4 Опис програмного забезпечення 15](#_Toc105450342)

[4.1. Діаграма класів програмного забезпечення 15](#_Toc105450343)

[4.2. Опис методів частин програмного забезпечення 15](#_Toc105450344)

[4.2.1. Користувацькі методи 15](#_Toc105450345)

[4.2.2. Стандартні методи 15](#_Toc105450346)

[5 Тестування програмного забезпечення 16](#_Toc105450347)

[5.1 План тестування 16](#_Toc105450348)

[6 Інструкція користувача 20](#_Toc105450349)

[6.1 Робота з програмою 20](#_Toc105450350)

[6.2 Формат вхідних та вихідних даних 24](#_Toc105450351)

[6.3 Cистемні вимоги програмного забезпечення 24](#_Toc105450352)

[Висновки 26](#_Toc105450353)

[Перелік посилань 27](#_Toc105450354)

[ДОДАТОК А ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ 28](#_Toc105450355)

[ДОДАТОК Б ТЕКСТИ ПРОГРАМНОГО КОДУ 31](#_Toc105450356)

**ВСТУП**

Дана робота присвячена розробці Пошукової семантичної системи на основі даних сайту stackoverflow.com із використанням машинного навчання. Задача програмного забезпечення полягає в текстовому відображенні всіх доступних статей за заданим пошуковим запитом в телеграм-боті, та всіх додаткових значень.

# Постановка задачі

Розробити програмне забезпечення, що буде знаходити задану кількість статей з сайту stackoverflow.com, найбільш відповідних до заданого запиту, наступними методами:

а) метод передбачення тегів із використанням моделі машинного навчання;

б) метод передбачення категорії по заданим тегам із використанням логістичної регресії;

Вхідними даними для даної роботи є запит, який заданий у вигляді текстового повідомлення боту в телеграмі, та кількість статей, які задані у вигляді текстового повідомлення боту в телеграмі та які треба отримати, що знаходяться в межах від 1 до 10.

Вихідними даними для даної роботи є список статей з сайту stackoverflow.com у вигляді текстового повідомлення в телеграмі від бота, а саме питання статті у вигляді гіперпосилання, оцінка схожості конкретної статті із заданим запитом (коефіцієнт подібності), теги, відповідним чином оброблений текст питання статті та час, витрачений на пошук статей. Програмне забезпечення повинно видавати статті за умови, що введена кількість статей є натуральним числом в межах від 1 до 10. Якщо це не так, то програма (бот) повинна видати відповідне повідомлення. Якщо не було знайдено жодної відповідної статті (з коефіцієнтом подібності більше 0,8) для заданого запиту, то програма (бот) повинна видати відповідне повідомлення.

# Теоретичні відомості

Текстовий запит можна розбити на слова та представити кожне у числовому форматі, тобто у вигляді вектору дійсних чисел, та, просумувавши ці вектори, поділити отриманий вектор на кількість початкових векторів, отримавши один вектор, координати якого будуть середніми арифметичними відповідних координат початкових векторів, за допомогою такого методу як вкладання слів [1]. Сутність цього методу полягає в тому, що кожному слову ставиться у відповідність вектор дійсних чисел, кожне число відповідає певній характеристиці цього слова, наприклад: семантичному відношенню та різним семантичним подібностям. Для цієї задачі використовується алгоритм *word2vec* [2]. Алгоритм *word2vec* використовує нейромережеву модель для навчання пов'язаностей слів із великого корпусу тексту. Вектори для слів ретельно підбираються таким чином, щоб проста математична функція (косинусна подібність векторів, тобто косинус кута між двома векторами) вказувала на рівень семантичної подібності між словами, представленими цими векторами. Щоб виробляти розподілене представлення слів, word2vec може використовувати будь-яку з двох архітектур моделей: неперервну торбу слів (НТС, continuous bag-of-words, CBOW) та неперервний пропуск-грам(continuous skip-gram). В даному випадку використовується саме неперервна торба слів. В архітектурі неперервної торби слів модель передбачує поточне слово з вікна слів навколишнього контексту. Порядок слів контексту не впливає на передбачення (припущення торби слів). На рисунку 2.1 зображена архітектура моделі CBOW.



Рис. 2.1 – модель CBOW

Архітектура моделі CBOW намагається передбачити потрібне слово за словами, які знаходяться біля нього в контексті. Ця модель приймає на вхід розподілені представлення слів у контексті (наприклад, вектор  one-hot-representation, де координата з номером слова у словнику буде дорівнювати 1, а інші – 0), щоб передбачити потрібне слово. Таким чином, на вході моделі буде певна конкретна кількість векторів розмірності [4], де V – це кількість слів у словнику, який використовується для навчання моделі. У  прихованому шарі нейронної мережі кожен вектор множиться на відповідну матрицю розмірності , де E – це гіперпараметр, що відповідає розмірності результуючих векторів, тобто на виході утворюється певна кількість (дорівнює кількості вхідних векторів) векторів розмірності , що перетворюються в один вектор шляхом обчислення середнього значення для відповідних координат кожного вектору. Цей результуючий вектор передається вже в  шар softmax (нормованої експоненційної функції) [5] :

Після обчислення цієї функції активації для даного вектору результатом є вектор розмірності , кожна координата якого є певною характеристикою. Цей вектор буде використовуватись для обчислення косинусу подібності між цим вектором запиту та кожним вектором питання статті із множини відібраних статей.

Для передбачення найбільш відповідних тегів для даного запиту використовуються вентильні рекурентні вузли (GRU - Gated recurrent units) [6]. Повний рекурентний вузол працює наступним чином. На вхід подаються значення вектору входу та значення виходу (при , вектор виходу ). По ним обчислюється претендент на нове значення виходу — вектор вузла скидання (*reset gate vector*) , який обчислюється як функція активації (зазвичай сигмоїд) від матричного виразу по параметрам W, U та b. Незалежно, подібним чином, обчислюється вектор вузла уточнення (*update gate vector*) . Цей вектор містить значення, які визначають, чи варто залишити значення зі старого вектору, чи взяти нове значення. Фактично, це набір «вентилів» (*gate*), які «пропускають» або старе, або нове значення. Далі обчислюється вектор виходу , в якому з ймовірністю береться старе значення з вектору , або з ймовірністю обчислюється нове значення. Формули для обчислень наступні:

, де – добуток Адамара (поелементий добуток матриць)

Змінні:

– вектор входу;

– вектор виходу;

– вектор вузла уточнення;

– вектор вузла скидання;

*–* матриці та вектор параметрів.

Функції активації:

– сигмоїдна функція [7]:

– гіперболічний тангенс [8]:

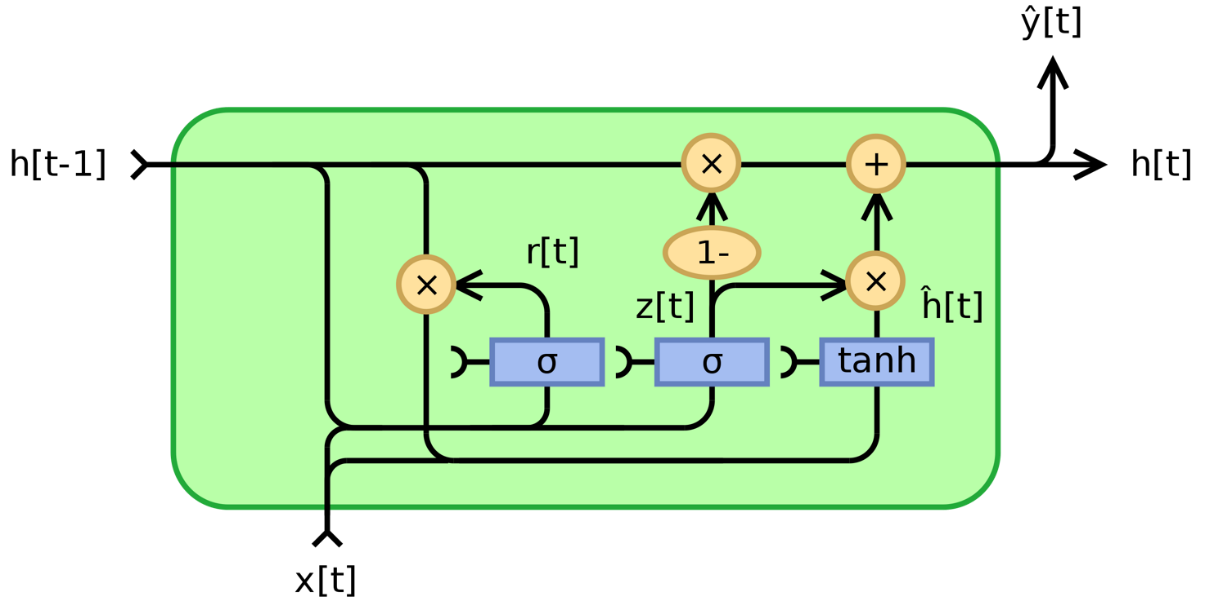
На рисунку 2.2 зображений повний рекурентний вузол.

Рис. 2.2 – повний рекурентний вузол

Для передбачення категорії заданого запиту по отриманим тегам використовується модель мультиноміальної логістичної регресії [9]. У статистиці мультиноміальна логістична регресія — це метод класифікації, який узагальнює логістичну регресію на багатокласові проблеми, тобто з більш ніж двома можливими дискретними результатами. Мультиноміальна логістична регресія використовується, коли відповідна залежна змінна є номінальною (еквівалентно категоричною, що означає, що вона потрапляє в будь-яку з набору категорій, які не можуть бути впорядковані будь-яким значущим чином) і для якої існує більше двох категорій. Для нашої задачі номінальні значення це теги, які містить та чи інша стаття. Як приклад: одна стаття може містити теги python, django, web, а інша може містити теги c#, .net, string. Ми не можемо заздалегідь знати, які значення тегів буде містити вхідний у модель елемент.

Результатом передбачення даної моделі є вектор з K елементів, де K – кількість категорій, причому кожний елемент (координата) – це ймовірність того, що заданим даним буде відповідати певна конкретна категорія, а сума всіх елементів даного вектору буде дорівнювати одиниці. Таким чином, для n-ої категорії з K к категорій формула обчислення ймовірності цієї категорії для i-го елемента наступна:

Обчислення оптимальних коефіцієнтів у даній моделі зводиться до використання певної ітеративної процедури, які є алгоритмом, що працює на основі градієнтного спуску. На вхід же в нашому випадку модель приймає вектор  one-hot-representation розмірності 2000, де координата даного вектору з індексом даного тегу у словнику тегів, де зберігається 2000 найпопулярніших тегів, буде дорівнювати 1, а інші – 0. В якості порогу ймовірності обрано 0,95, тобто, якщо для передбачених тегів максимальна ймовірність серед ймовірностей кожної з категорії буде як мінімум 0,95, то для пошуку статей для заданого запиту буде використовуватись датасет, де усі статті відповідають цій категорії (попередньо ця ж модель мультиноміальної логістичної регресії була використана для розбиття великого датасету на менші датасети по категоріям). Якщо ж ця ймовірність буде менша 0,95, то будуть використовуватись 3 датасети (які відповідають трьом найбільш ймовірним категоріям).

# Опис алгоритмів

## Загальний алгоритм

## Алгоритм методу 1

# Опис програмного забезпечення

## Діаграма класів програмного забезпечення

## Опис методів частин програмного забезпечення

### Користувацькі методи

### Стандартні методи

# Тестування програмного забезпечення

## 5.1 План тестування

Складемо план тестування програмного забезпечення, за допомогою якого протестуємо весь основний функціонал та реакцію на виключні ситуації

а) Тестування правильності введених значень у телеграм-боті

1) Тестування введення пошукових запитів, які не відповідають темі сайту stackoverflow (такі, що не належать до програмування)

2) Тестування введення кількості статей

б) Тестування правильності передбачення моделі GRU тегів на основі тексту запиту

1) Тестування процентного відношення правильно класифікованих запитів до неправильно класифікованих.

в) Тестування правильності передбачення моделі мультиноміальної логістичної регресії категорії на основі тегів

1) Тестування процентного відношення правильно класифікованих категорій до неправильно класифікованих.

5.2 Приклади тестування

Проведемо тестування програмного забезпечення згідно з розробленим планом, фіксуючи мету, початковий стан програми, вхідні дані, схему проведення, очікуваний результат і стан програми після проведення випробувань кожного тесту в окрему таблицю (таблиці 5.1-5.4).

Таблиця 5.1 – Тестування введення значень, які не відповідають темі сайту stackoverflow

|  |  |
| --- | --- |
| Мета тесту | Перевірити, чи введений користувачем запит відповідає тематиці програмування |
| Початковий стан програми | Відкрите діалогове вікно в телеграм-боті |
| Вхідні дані | Mattermost |

Продовження таблиці 5.1

|  |  |
| --- | --- |
| Схема проведення тесту | Проконтролювати, чи буде бот видавати статті за заданим запитом |
| Очікуваний результат | Повідомлення про відсутність відповідних статей для даного запиту |
| Стан програми після проведення випробувань | Видано повідомлення: «No corresponding articles were found for such request: "Mattermost"» |

Таблиця 5.2 – Тестування введення кількості статей

|  |  |
| --- | --- |
| Мета тесту | Перевірити, чи введений користувачем текст є натуральним числом від 1 до 10 включно |
| Початковий стан програми | Відкрите діалогове вікно в телеграм-боті |
| Вхідні дані | 69 |
| Схема проведення тесту | Проконтролювати, чи буде бот видавати повідомлення про введення нового правильного значення (натуральне число від 1 до 10) |
| Очікуваний результат | Повідомлення про некоректність введених даних та пропозиція ввести ще раз |
| Стан програми після проведення випробувань | Видано повідомлення: «Incorrect input. Only non-negative integers are allowed which are ≤ 10. Try again:» |

Таблиця 5.3 – Тестування процентного відношення правильно класифікованих запитів до неправильно класифікованих

|  |  |
| --- | --- |
| Мета тесту | Перевірити, наскільки правильно модель GRU за метрикою accuracy (точність) передбачує теги для заданих запитів |
| Початковий стан програми | Відкрита консоль в інтерактивному середовищі розробки (IDE) |
| Вхідні дані | Тестова вибірка оброблених значень (числових представлень текстових запитів) та відповідних тегів для них |
| Схема проведення тесту | Проконтролювати виконання програми для тестування і побачити результат її виконання |
| Очікуваний результат | Повідомлення про виконання програми і результат метрики accuracy |
| Стан програми після проведення випробувань | Видано результат тестування за метрикою accuracy, який становить 92.13% |

Таблиця 5.4 – Тестування процентного відношення правильно класифікованих категорій до неправильно класифікованих

|  |  |
| --- | --- |
| Мета тесту | Перевірити, наскільки правильно модель LogisticRegression за метрикою accuracy (точність) передбачує категорії для заданих тегів |

Продовження таблиці 5.4

|  |  |
| --- | --- |
| Початковий стан програми | Відкрита консоль в інтерактивному середовищі розробки (IDE) |
| Вхідні дані | Тестова вибірка оброблених значень (числових представлень тегів) та відповідних категорій для них |
| Схема проведення тесту | Проконтролювати виконання програми для тестування і побачити результат її виконання |
| Очікуваний результат | Повідомлення про виконання програми і результат метрики accuracy |
| Стан програми після проведення випробувань | Видано результат тестування за метрикою accuracy, який становить 91.92% |

# Інструкція користувача

### Робота з програмою

Після запуску виконавчого файлу з розширенням \*.exe запускається телеграм бот. Коли користувач переходить в особистий чат з ботом, відкривається вікно з привітанням і коротким описом функціоналу бота (рисунок 6.1), якщо, звісно, користувач до цього не писав боту.

Рисунок 6.1 – Головне вікно бота

Після натиснення кнопки Start (що є аналогічним до написання боту команди /start, якщо користувач вже користувався ботом до цього) бот відправляє текстове повідомлення у вигляді привітання з коротким описом його основних можливостей та знизу з’являється меню з двох кнопок: Help та Search🔎 (рисунок 6.2).

Рисунок 6.2 – Виклик команди /start бота

При натисненні на кнопку Search🔎 або ж при виклику команди /search бот надсилає текстове повідомлення, в якому пропонується ввести пошуковий запит користувачу (рисунок 6.3).

Рисунок 6.3 – Повідомлення про введення пошукового запиту

 Далі для введення пошукового запиту необхідно ввести цей запит у вигляді текстового повідомлення боту. Після введення запиту бот надсилає текстове повідомлення про введення кількості статей (від 1 до 10) (рисунок 6.4).

Рисунок 6.4 – Повідомлення про введення кількості статей

Потім для введення кількості статей необхідно ввести число у вигляді текстового повідомлення боту. Після введення кількості статей бот надсилає текстове повідомлення зі списком, що містить задану кількості статей (питання статті у вигляді гіперпосилання, косинусу подібності, тегів, та обробленого тексту питання статті) та часом, за який було здійснено пошук (рисунок 6.5).

Рисунок 6.5 – Повідомлення зі знайденими статтями

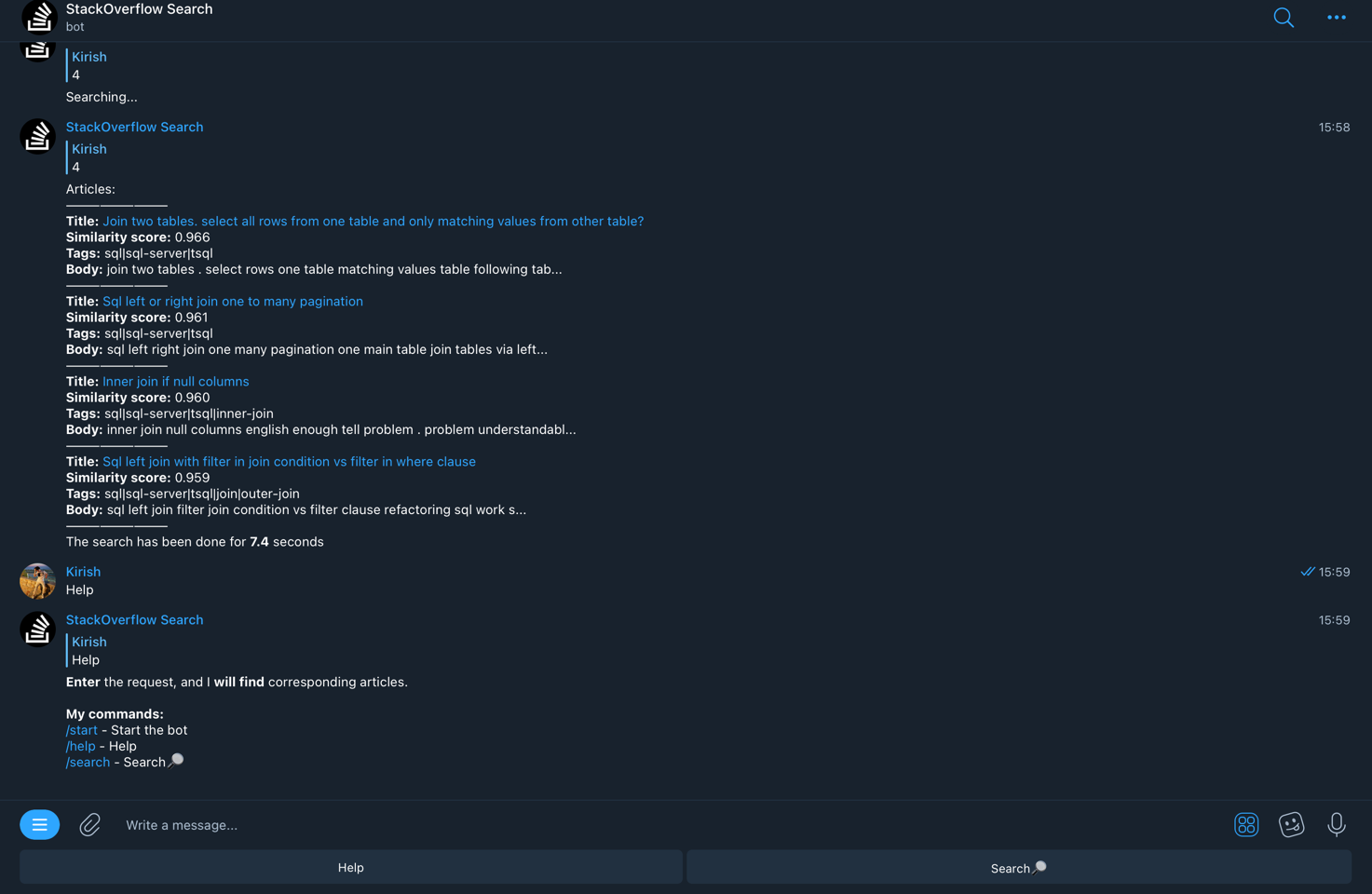
 При виклику команди /help або натисненні кнопки Help, бот надсилає текстове повідомлення з описом його команд (рисунок 6.6).

Рисунок 6.6 – Повідомлення з описом команд бота

### Формат вхідних та вихідних даних

Вхідними даними є пошуковий запит у вигляді текстового повідомлення та кількість статей у вигляді текстового повідомлення. Вихідними даними є список статей, що містить задану кількості статей (питання статті у вигляді гіперпосилання, косинусу подібності, тегів, та обробленого тексту питання статті) та часом, за який було здійснено пошук у вигляді текстового повідомлення або ж відповідне повідомлення для одного з двох випадків: якщо введена кількість статей не є натуральним числом від 1 до 10 включно або не було знайдено відповідних статей для заданого пошукового запиту (коефіцієнт подібності, тобто косинус подібності, менше 0,8).

### Cистемні вимоги програмного забезпечення

Системні вимоги до програмного забезпечення наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Системні вимоги програмного забезпечення

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Мінімальні | Рекомендовані |
| Операційна система | Windows 10/Windows11/MacOS10.11+/IOS15+/Android11+ (з останніми обновленнями) | Windows 10/Windows 11/MacOs12.3.1/IOS15.5/Android12  (з останніми обновленнями) |
| Процесор | Intel® Pentium® ІІІ  1.0 GHz або  AMD Athlon™ 1.0 GHz | Intel® Pentium® D або AMD Athlon™ 64 X2 |
| Оперативна пам'ять | 4 GB RAM | 8 GB RAM |
| Відеоадаптер | Intel GMA 950 з відеопам'яттю об'ємом не менше 64 МБ (або сумісний аналог) | |
| Дисплей | 800х600 | 1024х768 або краще |

Продовження таблиці 6.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Мінімальні | Рекомендовані |
| Прилади введення | Клавіатура, комп’ютерна миша | |
| Додаткове програмне забезпечення | Telegram Android 5.5+, Telegram Desktop 1.5.11+, Telegram IOS 5.2+, Telegram MacOS 4.9+ | |

Висновки

Перелік посилань

ДОДАТОК А ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. І. Сікорського

Кафедра

інформатики та програмної інженерії

Затвердив

Керівник: Головченко Максим Миколайович

«11» квітня 2022 р.

Виконавець:

Студенти: *Котков Тимур Максимович,*

*Сідак Кирил Ігорович*

«11» квітня 2022 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання курсової роботи на тему:

"Пошукова семантична система на основі даних сайту stackoverflow.com із використанням машинного навчання"

з дисципліни: «Основи програмування»

Київ 2022

1. *Мета*: Метою курсової роботи є розробка семантичної пошукової системи з використанням машинного навчання

2. *Дата початку роботи*: «11» квітня 2022 р.

3. *Дата закінчення роботи*: «12» червня 2022 р.

4. *Вимоги до програмного забезпечення*.

1) Функціональні вимоги:

- Можливість ввести пошуковий запит у вигляді текстового повідомлення (у чаті з телеграм ботом);

- Можливість ввести обмеження на кількість статей (результатів пошуку), у вигляді текстового повідомлення (у чаті з телеграм ботом);

- Можливість побачити оцінку рівня схожості кожної статті із заданим пошуковим запитом (у чаті з телеграм ботом);

- Можливість перейти за посиланням на статтю, що нас цікавить, з сайту stackoverflow.com (у чаті з телеграм ботом);

-Фільтрація вводу інформації (при введені кількості статей боту неможливо ввести буквений вираз, ненатуральне число, або число, яке не належить відрізку [1, 10]).

2) Нефункціональні вимоги:

- Версії Telegram Android 5.5+, Telegram Desktop 1.5.11+, Telegram IOS 5.2+, Telegram MacOS 4.9+;

- Все програмне забезпечення та супроводжуюча технічна документація повинні задовольняти наступним ДЕСТам:

ГОСТ 29.401 - 78 - Текст програми. Вимоги до змісту та оформлення.

ГОСТ 19.106 - 78 - Вимоги до програмної документації.

ГОСТ 7.1 - 84 та ДСТУ 3008 - 2015 - Розробка технічної документації.

5. *Стадії та етапи розробки*:

1) Об'єктно-орієнтований аналіз предметної області задачі (до\_\_.\_\_.2022 р.)

2) Об'єктно-орієнтоване проектування архітектури програмної системи (до\_\_.\_\_.2022 р.)

3) Розробка програмного забезпечення (до \_\_.\_\_.2022р.)

4) Тестування розробленої програми (до \_\_.\_\_.2022р.)

5) Розробка пояснювальної записки (до \_\_.\_\_.2022 р.).

6) Захист курсової роботи (до \_\_.\_\_.2022 р.).

6. *Порядок контролю та приймання*. Поточні результати роботи над КР регулярно демонструються викладачу. Своєчасність виконання основних етапів графіку підготовки роботи впливає на оцінку за КР відповідно до критеріїв оцінювання.

# ДОДАТОК Б ТЕКСТИ ПРОГРАМНОГО КОДУ