

яка виявлятиметься в місці використання об'єкту потрібної розмірності, наприклад,

```
R<double, double, double, double, double> u = { 1, 2, 3, 4, 5 };
```

Тим же методом визначимо цільову функцію, наприклад, $y = x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2$.

```
template <typename ...T>
inline double f(const R<T...>& u);
template <typename T, typename ...P>
inline double f(const R<T, P...>& u) { return u.x*u.x+f(u.y); }
template <>
inline double f(const R<>& u) { return 0;}
```

І її градієнти:

```
template <typename ...T>
inline R<T...> g(const R<T...>& u);
template <typename T, typename ...P>
inline R<T, P...> g(const R<T, P...>& u) { return { 2 * u.x, g(u.y) }; }
template <>
inline R<> g(const R<>& u) { return {}; }
```

Оператори множення і віднімання, застосовані у алгоритмі, визначаємо аналогічно. Для виклику градієнтного спуску обгорнемо цільову функцію і її градієнти в лямбда вирази

```
gradient_descent(u, h, eps, [](auto u) { return f(u); }, [](auto u) { return g(u); });
```

Як висновок стверджуємо, що підтримка об'єктно-орієнтованої парадигми узагальненим програмуванням доповнюють одна другу без додаткових витрат етапу виконання.

Література:

1. Crawford, Bob. "Object-Oriented Programming: The Good, the Bad, and the Ugly." *TUG Lines*, vol. 32, Aug.-Sep. 1989, pp. 7-11.
2. E. W. Dijkstra, Hoe wiskundig programmeren is, EWD 261, <https://www.cs.utexas.edu/~EWD/transcriptions/EWD02xx/EWD261.html>
3. An Interview with A. Stepanov by Graziano Lo Russo, 2008-04-25 <http://www.stlport.org/resources/StepanovUSA.html>
4. Grady Booch, Object-Oriented Analysis and Design with Applications, Addison-Wesley Professional; 3rd edition, 2007, 720 pp.
5. Peter Gottschling, Discovering Modern C++, Addison Wesley, 2015, 472 pp.

СТВОРЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ З ГЕОМЕТРІЇ

Жежерун О.П., доцент, Смиш О.Р., PhD, ст.викладач// Zhezherun, O., Smysh, O
Національний університет «Києво-Могилянська академія»
вулиця Григорія Сковороди, 2, Київ, 04655, тел.: +380 44 425-77-23
E-mail: o.smysh@ukma.edu.ua, zhezherun@ukma.edu.ua

At the Department of Multimedia Systems at the National University of Kyiv-Mohyla Academy, a recommendation system is being developed to automate solving mathematical problems. This system utilizes natural language processing (NLP) techniques and the UDPipe morphosyntactic analyzer to extract meaningful elements from problem statements. Designed for students, teachers, and educators, it provides automated problem-solving, step-by-step solutions, and interactive visualizations. The system supports various tasks, including calculating geometric properties of shapes such as squares, triangles, and trapezoids, and visualizing these elements. Developed in Python, the project integrates advanced tools like Matplotlib. Tested on diverse problem sets, the system demonstrates effectiveness and flexibility in educational and research contexts. Future plans include expanding mathematical capabilities and integrating multilingual support.

На кафедрі мультимедійних систем факультету інформатики Національного університету «Києво-Могилянська академія» ведеться створення рекомендаційної системи, що здатна підтримувати підготовку учнів до розв'язання задач з геометрії. Система базується на сучасних методах обробки природної української мови (NLP) та використовує морфосинтаксичний аналізатор UDPipe [1] для видобування значущих елементів із тексту задач.

Робота над проектом відбувається за участі студентів факультету інформатики, спеціальності інженерії програмного забезпечення, які в межах роботи над дисципліною реалізовували програмні модулі, що здатні автоматично:

- нормалізувати тексти задач;
- видобувати ключові параметри задачі, використовуючи інструменти морфосинтаксичного аналізу, разом із регулярними виразами;
- обчислювати математичні характеристики заданих фігур (периметри, площі, радіуси кіл тощо);
- візуалізувати геометричні фігури та їхні елементи.

Результати роботи демонструють високу ефективність автоматизації таких завдань, як розрахунок геометричних характеристик квадратів, трикутників, трапецій та інших фігур. Система може інтерпретувати задачі, задані природною мовою, надавати покрокові розв'язки та візуалізувати результати. Наприклад, система здатна розв'язати задачу типу «У трикутнику ABC $\angle A = 30^\circ$, $\angle B = 45^\circ$, CM — висота, $AC = 10$ см. Знайдіть відрізок BM .» [2, с. 152] чи «Периметр паралелограма $ABCD$ дорівнює 24 см, $\angle ABC = 160^\circ$, діагональ AC утворює зі стороною AD кут 10° . Знайдіть сторони паралелограма.» [3, с. 208].

Система орієнтована на потреби учнів і викладачів, забезпечуючи:

1. Автоматизоване розв'язування задач, що економить час і зусилля користувачів.
2. Надання покрокових розв'язків, які допомагають зрозуміти принципи обчислень.
3. Інтерактивну візуалізацію, яка полегшує сприйняття геометричних побудов.

Під час роботи застосовано сучасні принципи проектування складних систем. Система використовує онтологічну базу знань, реалізовану за допомогою фреймворку Protégé. Також проведені експерименти по використанню функціональної мови програмування Lean для перевірки коректності умови геометричної задачі [5]. Використання бібліотек, як-от UDPipe [1], Matplotlib [4], дало змогу ефективно поєднати текстову аналітику з графічною візуалізацією. Учасники також створили власні граматики для синтаксичного аналізу задач та розробили алгоритми для побудови геометричних фігур.

Інноваційною ідеєю є інтеграція великих мовних моделей (LLM) у модулі для вирішення текстових математичних задач, аби покращувати опрацювання текстів та автоматизувати аналіз умов задач. Мовні моделі слугують як потужні інструменти для взаємодії з природною мовою, що уможливають ефективну роботу з варіативними формулюваннями умов і знаходженням необхідних параметрів. Можливим застосовуванням є інтерпретація складних текстів задач, перетворення їх у структуровані формати, виділення ключових елементів (фігур, параметрів, операцій тощо).

Система вже протестована на різноманітних задачах і показала себе як гнучкий інструмент для освітніх і наукових цілей. Подальші плани розвитку охоплюють інтеграцію з іншими платформами, додавання різних природних мов і розширення набору математичних функцій.

Ця система є важливим кроком у демонструванні потенціалу автоматизації складних обчислювальних процесів.

Список використаних джерел

1. Straka M., Hajič J., Straková J. UDPipe: Trainable Pipeline for Processing CoNLL-U Files Performing Tokenization, Morphological Analysis, POS Tagging

- and Parsing. Proceedings of the Tenth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'16). 2016. P. 4290–4297.
2. Мерзляк А. Г., Полонський В. Б., Якір М. С. *Геометрія* : підручник для 7 класу закладів загальної середньої освіти. 2-ге видання, перероблене. Харків : Гімназія, 2020.
 3. Мерзляк А. Г., Полонський В. Б., Якір М. С. *Геометрія* : підручник для 8 класу закладів загальної середньої освіти. 2-ге видання, перероблене. Харків : Гімназія, 2021.
 4. J. D. Hunter, "Matplotlib: A 2D Graphics Environment", Computing in Science & Engineering, vol. 9, no. 3, pp. 90-95, 2007.
 5. Смиш, О., Загорулько, А. - Використання мови lean для перевірки на несуперечність математичних задач у навчальній рекомендаційній системі. журнал: Measuring and computing devices in technological processes, (Випуск: 1), Ст. 32-38. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-77->

ВИЯВЛЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ МАЛИХ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНСТРУМЕНТІВ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ // DETECTION AND CLASSIFICATION OF SMALL AERIAL OBJECTS USING DEEP LEARNING TOOLS

Федюченко М. І/Fediuchenko M. Національний університет "Кієво-Могилянська академія" 04655, м. Київ, вулиця Сковороди, 2, НаУКМА, Факультет інформатики. тел.(044) 426 60 64.

Email: m.fediuchenko@ukma.edu.ua, аспірант факультету інформатики

The proliferation of drones, fueled by decreasing costs and advancing computing power, has elevated recreational unmanned aerial vehicle use to a realm posing substantial challenges to infrastructure security and public order. Unmanned aerial vehicles extend their potential for misuse in illegal activities, spanning surveillance, information gathering, transportation of illicit items, and threats to both objects and individuals. Addressing the need for effective detection, the research leverages deep learning models integrated with optical, infrared, radiofrequency, acoustic, and radar sensor data. Preliminary results indicate that the combined approach significantly contributes to the accuracy and reliability of small aerial object detection systems. Deep learning models efficiently process and fuse the diverse dataset, mitigating environmental factors such as signal interference and highlighting the effectiveness of this approach compared to traditional detection technologies

Важливим викликом ХХІ століття є зростаюче використання безпілотних літальних апаратів в різних сферах діяльності, що, поряд з перевагами, породжує серйозні виклики для безпеки та приватності. Зниження вартості дронів і зростання обчислювальних потужностей дозволяє використовувати їх не лише для рекреації, а й у незаконних діях. Особливо важливим є контроль використання безпілотних літальних апаратів в обмежених зонах, що створює загрози для національної безпеки та інфраструктури. Однією з головних проблем є розробка ефективних методів виявлення та відстеження таких апаратів. Традиційні технології, зокрема радарні та радіочастотні детектори, не здатні ефективно працювати в умовах блокування сигналів чи за відсутності сигналу зовсім. Вартість радіолокаційних систем є значною, а їх синхронізація ускладнюється зі збільшенням території перекриття. Тому виникає потреба у нових підходах, зокрема у використанні технологій штучного інтелекту та глибинного навчання, які дозволяють створювати доступніші, масштабовані й економічно ефективні рішення для виявлення дронів.

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю розробки методів та систем для автоматичного виявлення малих повітряних об'єктів, які відповідають вимогам точності, швидкодії та стійкості до змінних середовища. Однією з основних цілей дослідження є підвищення точності та надійності систем виявлення малих повітряних об'єктів шляхом інтеграції даних з оптичних, інфрачервоних,