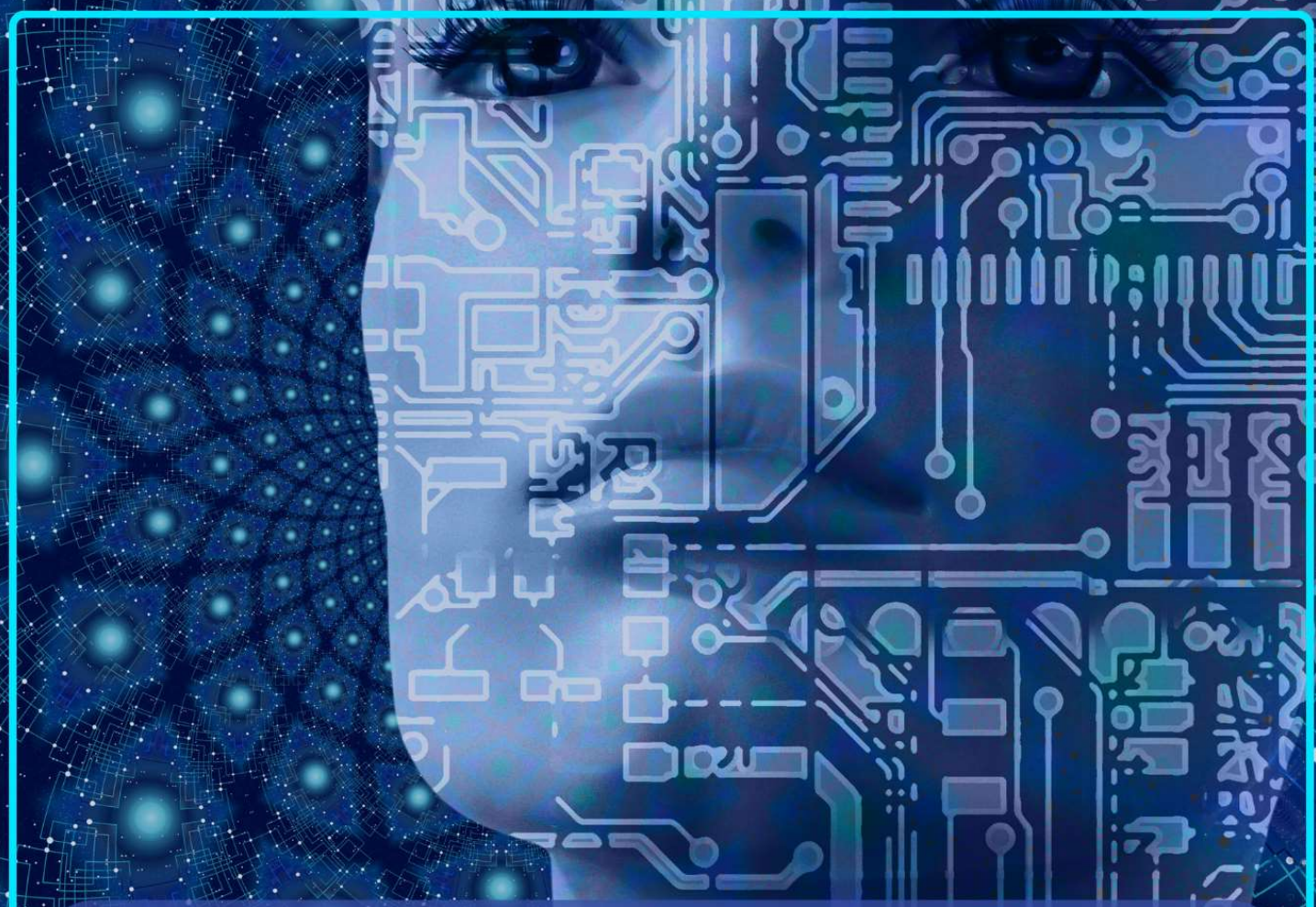
Наукові перспективи
Видавнича група

№ 11(52)
2025

НАУКА і ТЕХНІКА СЬОГОДНІ

серія: право, серія: економіка, серія: педагогіка,
серія: техніка, серія: фізико-математичні науки



З Україною в серці!

Видавнича група «Наукові перспективи»

Всеукраїнська Асамблея докторів наук із державного управління

«Наука і техніка сьогодні»

(Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка», Серія «Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»)

Випуск № 11(52) 2025

Київ – 2025

Publishing Group «Scientific Perspectives»

Ukrainian Assembly of Doctors of Sciences in Public Administration

"Science and technology today"

("Pedagogy" series, "Law" series, "Economics" series, "Physical and mathematical sciences" series, "Technics" series)

Issue № 11(52) 2025

Kyiv – 2025

ISSN 2786-6025 Online
УДК 001.32:1 /3](477)(02)

DOI: **https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-11(52)**

«Наука і техніка сьогодні» (Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка», Серія «Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»)»: журнал. 2025. № 11(52) 2025. С. 2990

Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 07.04.2022 № 320 журналу присвоєно категорію "Б" із економіки та педагогіки (спеціальності – 015 - Педагогічні науки; 076 - Економічні науки)

Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 06.06.2022 № 530 журналу присвоєно категорію "Б" із права (спеціальність – 081 Юридичні науки)

Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 10.10.2022 № 894 журналу присвоєно категорію "Б" із техніки (спеціальність - 122 Комп'ютерні науки)

Журнал видається за підтримки Міждержавної гільдії інженерів консультантів, Інституту філософії та соціології Національної Академії Наук Азербайджану (Баку, Азербайджан), громадської організації «Християнська академія педагогічних наук України» та громадської організації «Всеукраїнська асоціація педагогів і психологів з духовно-морального виховання»

Рекомендовано до видавництва Президією Всеукраїнської Асамблеї докторів наук з державного управління (Рішення від 24.11.2025 № 8/11-25)

Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus (IC), міжнародної пошукової системи Google Scholar та до міжнародної наукометричної бази даних Research Bible



Головний редактор: **Сопілко Ірина Миколаївна** - доктор юридичних наук, професор, Відмінник освіти України, Лауреат Премії Президента України для молодих вчених, Лауреат Премії Верховної Ради України найталановитішим молодим ученим в галузі фундаментальних і прикладних досліджень та науково-технічних розробок, академік Академії наук вищої школи України, Заслужений юрист України (Київ, Україна)

Редакційна колегія:

- Бахов Іван Степанович — доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри іноземної філології та перекладу Міжрегіональної академії управління персоналом (Київ, Україна)
- Будник Вікторія Анатоліївна - кандидат економічних наук, професор, професор кафедри бізнес-логістики та транспортних технологій Державного університету інфраструктури та технологій (Київ, Україна)
- Войтасик Андрій Миколайович – кандидат технічних наук за спеціальністю системи та процеси керування, доцент кафедри електричної інженерії суднових та роботизованих комплексів Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова (м. Миколаїв, Україна), Віце-академік громадської наукової організації «Академія технічних наук України» (Івано-Франківськ, Україна)
- Волк Павло Павлович — доцент кафедри водної інженерії та водних технологій Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне, Україна)
- Воробйов Яків Анатолійович – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри математики, інформатики та інформаційної діяльності Ізмаїльського державного гуманітарного університету, учасник бойових дій, член громадської організації «Міжнародна фундація науковців та освітян», автор наукових публікацій та навчально-методичних матеріалів у галузі математики, прикладної математики, інформаційних технологій та педагогіки;
- Гирка Ольга Ігорівна - кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю Львівського торговельно-економічного університету (Львів, Україна)
- Гнатюк Сергій Олександрович - кандидат технічних наук, доцент,заступник декана факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Дівізінюк Михайло Михайлович - доктор фізико-математичних наук, професор, Завідувач відділу Відділу цивільного захисту та інноваційної діяльності Державної установи"Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України" (Київ, Україна)
- Дяденчук Альона Федорівна - кандидат технічних наук, старший викладач кафедри вищої математики і фізики Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного (Мелітополь, Україна)
- Забулонов Юрій Леонідович - доктор технічних наук, професор, Член-кореспондент НАН України, директор Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України» (Київ, Україна)
- Ільїн Валерій Юрійович - доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

- Ільїна Анастасія Олександрівна - кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри публічного управління і адміністрування Національного торговельно-економічного університету (Київ, Україна)
- Кардаш Оксана Любомирівна — кандидат економічних наук, доцент кафедри комп'ютерних технологій та економічної кібернетики Навчально-наукового інститут автоматики, кібернетики та обчислювальної техніки Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне, Україна)
- Квасніков Володимир Павлович — доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Коваленко Валентин Васильович - доктор юридичних наук, професор, провідний науковий співробітник сектору авторського права та суміжних прав лабораторії авторського права та інформаційних технологій Науково−дослідного центру судової експертизи з питань інтелектуальної власності Міністерства юстиції України (Київ, Україна)
- Коваленко Олена Михайлівна - кандидат педагогічних наук, провідний науковий співробітник відділу профільного навчання Інституту педагогіки НАПН України (Київ, Україна)
- Комнатний Сергій Олександрович - докторант кафедри філософії права та юридичної логіки Національної академії внутрішніх справ (Київ, Україна)
- Коробкова Олена Миколаївна - кандидат економічних наук, доцент кафедри «Експлуатація портів і технологія вантажних робіт» Одеського національного морського університету, засновниця Навчального центру з підготовки та підвищення кваліфікації митних брокерів в Україні, есперт з митної справи, член Асоціації митних брокерів в Україні, дійсний Віце академік громадської організації «Академія технічних наук України», Member of International federation of customs brokers association (USA)
- Кравчук Володимир Миколайович — доктор юридичних наук, доцент, доцент кафедри конституційного, адміністративного та міжнародного права Волинського національного університету імені Лесі Українки (Луцьк, Україна)
- Кузьмич Людмила Володимирівна - доктор технічних наук, головний науковий співробітник Інституту водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України (Київ, Україна)
- Куницький Сергій Олегович - кандидат технічних наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник науково-дослідної частини Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне, Україна)
- Лук'янчук Олександр Петрович — кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин та обладнання Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне, Україна)
- Маджд Світлана Михайлівна - доктор технічних наук, професор , професор кафедри зеленої економіки та економіки природокористування Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління (Київ, Україна)
- Мануель Давид Массено - доцент відділу права та захисту даних, старший науковий співробітник і член координаційного комітету лабораторії UbiNET, запрошений член PDPC, член-консультант комісій цифрового права муніципальних адвокатських колегій Кампінаса та Прая-Гранде (Сан-Паулу), а також Комісії з інновацій, управління та технологій муніципальної адвокатської колегії Гуаруляюса, коментатор IODA, почесний член IDEIA Institute, член Наукового комітету MICHR, член EDEN, член-кореспондент RedNAC, член UMAU, член-кореспондент UBAU (Португалія)
- Микитин Тарас Миронович - кандидат технічних наук, завідувач кафедри менеджменту Рівненськеого державного гуманітарного університету (Рівне, Україна)
- Миргород-Карпова Валерія Валеріївна - кандидат юридичних наук, заступник директора з наукової роботи, старший викладач кафедри адміністративного, господарського права та фінансово-економічної безпеки Сумського державного університету (Суми, Україна)
- Мізюк Вікторія Анатоліївна – кандидат педагогічних наук, доцент, декан факультету управління, адміністрування та інформаційної діяльності Ізмаїльського державного гуманітарного університету (Ізмаїл, Україна)
- Мірошніченко Валентина Іванівна - доктор педагогічних наук, професор, завдувач кафедри психології, педагогіки та соціально-економічних дисциплін Національної академії Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького (Хмельницький, Україна)
- Міхальський Томаш — доктор наук, доцент кафедри географії регіонального розвитку Гданського університету (Польща)
- Огієнко Микола Миколайович - кандидат технічних наук, професор кафедри організації авіаційних робіт та послуг Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Одарченко Роман Сергійович - завідувач кафедри телекомунікаційних та радіоелектронних систем Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Олексенко В'ячеслав Михайлович – доктор педагогічних наук, кандидат фізико-математичних наук, професор, професор кафедри вищої математики Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (Харків, Україна)
- Оніщенко Наталія Миколаївна - доктор юридичних наук, професор, Заслужений юрист України, академік НАПрН України, завідувач відділу теорії держави і права Інституту держави і права ім. В.М.Корецького НАН України (Київ, Україна)
- Опанасенко Володимир Миколайович — доцент кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Ордановська Олександра Ігорівна – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри інноваційних технологій та методики навчання природничих дисциплін Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського» (Одеса, Україна)
- Охріменко (Жмурко) Тетяна Олександрівна - старший науковий співробітник кафедри комп'ютеризованих систем управління Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Павлов Костянтин Володимирович — доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри підприємництва і маркетингу Волинського національного університету імені Лесі Українки (Луцьк, Україна)
- Паскаль Олена Вікторівна - кандидат педагогічних наук, доцент кафедри педагогічних технологій початкової освіти Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського» (Одеса, Україна)
- Поліщук Віталій Васильович — кандидат сільськогосподарських наук , завідувач відділу зрошення, відділення меліорації Інституту водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України (Київ, Україна)
- Пономаренко Лілія Петрівна – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри Загальної фізики Фізико-математичного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Київ, Україна)
- Приходькіна Наталія Олексіївна - доктор педагогічних наук, професор кафедри педагогіки, адміністрування і спеціальної освіти Навчально-наукового інституту менеджменту та психології ДЗВО «Університет менеджменту освіти» НАПН України (Київ, Україна)

- Стахова Анжеліка Петрівна — старший викладач кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Турчинова Ганна Володимирівна — кандидат педагогічних наук, доцент, декан факультету природничо-географічної освіти та екології Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (Київ, Україна)
- Удодова Яна Вадимівна – кандидат економічних наук, доцент кафедри обліку та оподаткування Запорізького національного університету (Запоріжжя, Україна)
- Фесенко Андрій Олексійович - кандидат технічних наук, асистент кафедри кібербезпеки та захисту інформації Київського національного університету імені Тараса Шевченка. (Київ, Україна)
- Черненко Варвара Петрівна - кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інформатики і вищої математики Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського (Кременчук, Україна)
- Чернуха Надія Миколаївна — доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри соціальної реабілітації та соціальної педагогіки Київського національного університету імені Тараса Шевченка (Київ, Україна)
- Чумак Оксана Володимирівна - доктор економічних наук, доцент, науковий співробітник відділу статистики і аналітики вищої освіти Державної наукової установи «Інститут освітньої аналітики», (Київ, Україна)
- Шандра Наталія Андріївна - кандидат педагогічних наук, доцент кафедри іноземних мов для природничих факультетів Львівського національного університету імені Івана Франка (Львів, Україна)
- Шеремет Інеса Володимирівна - кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри медикобіологічних та валеологічних основ охорони життя і здоров'я Національного педагогічного університету ім. М. П. Драгоманова (Київ, Україна)
- Якимчук Аліна Юріївна - доктор економічних наук, професор, Академік економічних наук України, професор кафедри державного управління, документознавства та інформаційної діяльності Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне, Україна)
- Якимчук Олег Феодосійович - керівник групи білінгу Відділу бізнес-систем Департаменту інформаційних технологій ПРаТ «Рівнеобленерго» (Рівне, Україна)
- Яцишин Андрій Васильович - доктор технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Відділу цивільного захисту та інноваційної діяльності Державної установи"Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України" (Київ, Україна)

Статті розміщені в авторській редакції. Відповідальність за зміст та орфографію поданих матеріалів несуть автори.

© автори статей, 2025
© Видавнича група «Наукові перспективи», 2025

Kopp A.M., Gamayun I.P., Dashkivskyi R.B., Nesterenko I.S. 1737
MODEL AND INFORMATION TECHNOLOGY FOR ENTERPRISE ARCHITECTURE SYNTHESIS BASED ON MATURITY LEVELS

Kurinko D.D., Kryvda V.I. 1752
FROM COMMITS TO CAUSALITY: CONSTRUCTING LOW-IMPACT REFACTORING SEQUENCES VIA REPOSITORY-BASED CAUSAL INFERENCE

Kyiashko D. 1774
DEVELOPMENT OF A HYBRID TESTING FRAMEWORK FOR MULTIMODAL SYSTEMS BASED ON AI AGENTS

Savenko M.M. 1789
ARCHITECTURE OF RESILIENT UI SYSTEMS: ERROR HANDLING BOUNDARIES, OBSERVABILITY, AND RECOVERY STRATEGIES

Volyanskyy S., Melnyk O., Onishchenko O., Kotenko O. 1801
STRUCTURAL–FUNCTIONAL MODELING OF AUTONOMOUS MARITIME TECHNICAL SYSTEMS UNDER OPERATIONAL DISTURBANCES

Арсенюк І.Р., Соболєв Д.О., Федишен Б.В. 1815
МУЛЬТИАГЕНТНА СИСТЕМА ПЕРЕВІРКИ СХОЖОСТІ ТЕКСТОВИХ ЦИФРОВИХ РОБІТ СТУДЕНТІВ У МЕЖАХ ОСВІТНЬОЇ ПЛАТФОРМИ

Арсенюк І.Р., Шевченко І.Ю. 1830
СИСТЕМА АНАЛІЗУ СХОЖОСТІ МЕЛОДІЙ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ МОЖЛИВОГО ПЛАГІАТУ

Батаєв С.В., Федорчук А.Л., Багнюк О.М. 1844
ZERO TRUST У ВЕБАРХІТЕКТУРІ: НОВІ ПІДХОДИ ДО БЕЗПЕКИ В УМОВАХ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ

Бевза В.І., Слатвінська В.М. 1864
ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ OSINT У СИСТЕМАХ КІБЕР-БЕЗПЕКИ: АНАЛІЗ ІНСТРУМЕНТІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ РОЗПІЗНАВАННЯ ПАТЕРНІВ

№ 11(52) 2025
НАУКА і ТЕХНІКА СЬОГОДНІ
серії: право, економіка, педагогіка, техніка, фізико-математичні науки

УДК 004.896:004.912:37.018.43

https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-11(52)-1815-1829

Арсенюк Ігор Ростиславович кандидат технічних наук, доцент кафедри КН, ВНТУ, м. Вінниця, https://orcid.org/0000-0003-4045-6144

Соболєв Данило Олександрович студент групи 2КН-24м, факультет ІІТА, ВНТУ, Вінниця

Федишен Богдан Вікторович студент групи 2КН-24м, факультет ІІТА, ВНТУ, Вінниця

МУЛЬТИАГЕНТНА СИСТЕМА ПЕРЕВІРКИ СХОЖОСТІ ТЕКСТОВИХ ЦИФРОВИХ РОБІТ СТУДЕНТІВ У МЕЖАХ ОСВІТНЬОЇ ПЛАТФОРМИ

Анотація. У статті представлено підхід до розширення функціональних можливостей сучасних освітніх платформ шляхом впровадження розподіленої інтелектуальної системи перевірки схожості текстових цифрових робіт студентів.

Інтеграція такої системи у середовище дистанційного навчання забезпечує підвищення ефективності процесу оцінювання, зменшення навантаження на викладачів і підвищення рівня прозорості оцінювання. Завдяки цьому викладачі отримують можливість оперативно визначати рівень академічної доброчесності в межах кожного індивідуального завдання.

Реалізація системи базується на поєднанні концепцій експертних систем, мультиагентних систем і методів нечіткої логіки. Експертний компонент відповідає за формування правил нормалізації та попереднього очищення текстових даних, отриманих із робіт студентів, а також за інтерпретацію результатів порівняння текстів. Модуль нечіткої логіки використовується для формалізації процесу оцінювання схожості, що дозволяє коректно враховувати невизначеність та нечіткість у лінгвістичних даних. Введення контрольованої випадкової похибки дає змогу компенсувати неточності в алгоритмах порівняння та підвищити загальну достовірність результатів оцінювання.

Для тестування запропонованої концепції створено прототип системи у вигляді сукупності взаємодіючих агентів, реалізованих за допомогою інструментарію платформи .NET. Аенти функціонують у розподіленому середовищі та взаємодіють між собою через брокери повідомлень, що забезпечує паралельну обробку студентських робіт і масштабованість системи.

Запропонований підхід створює передумови для формування інтелектуального освітнього середовища з високим рівнем автоматизації та прозорості оцінювання. У перспективі концепцію можна розширити до повноцінної адаптивної системи, здатної самостійно навчатися на основі накопичених даних і підвищувати точність оцінювання академічної доброчесності студентів.

Ключові слова: мультиагентна система, експертна система, інформаційні технології, нечітка логіка, розподілені системи, перевірка схожості текстових робіт, освітня платформа.

Arseniuk Ihor Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer Sciences, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, https://orcid.org/0000-0003-4045-6144

Sobolev Danylo Student of the 2CS-24M group, Faculty of Intellectual Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Fedyshen Bohdan Student of the 2CS-24M group, Faculty of Intellectual Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

MULTI-AGENT SYSTEM FOR TEXTUAL SIMILARITY ANALYSIS OF STUDENTS' DIGITAL WORKS WITHIN AN EDUCATIONAL PLATFORM

Abstract. This paper presents an approach to enhancing the functionality of modern educational platforms through the integration of a distributed intelligent system for assessing textual similarity in students' digital works. The proposed integration significantly improves the efficiency, transparency, and objectivity of the assessment process by enabling educators to instantly evaluate the level of academic integrity for each specific assignment.

The proposed system architecture combines elements of expert systems, multi-agent systems, and fuzzy logic. The expert subsystem is responsible for the normalization and preprocessing of textual data obtained from student submissions, as well as for the interpretation of similarity evaluation results based on a set of expert rules. The fuzzy logic component formalizes the similarity evaluation process, allowing the system to manage uncertainty and linguistic imprecision inherent in natural language data. The introduction of a controlled random deviation compensates for potential inaccuracies in similarity estimation, thus improving the overall precision and robustness of the evaluation results.

To validate the concept, a prototype implementation of the distributed system was developed using the .NET platform. The architecture consists of multiple interacting agents that communicate via message brokers, ensuring parallel processing of student submissions and enabling horizontal scalability of the system.

The proposed approach contributes to the creation of an intelligent educational environment characterized by a high degree of automation and transparency in student assessment. In future work, the presented concept may be extended into a more advanced adaptive system capable of self-learning based on accumulated data and continuously improving the accuracy of academic integrity evaluation.

Keywords: multi-agent system, expert system, information technology, fuzzy logic, distributed systems, checking the similarity of text works, educational platform.

Постановка проблеми. У сучасних умовах важко уявити навчальний процес без платформ дистанційної освіти (ПДО). Щороку такі системи розвиваються, набуваючи нових функціональних можливостей – від удосконалення користувацького досвіду та підвищення інтерактивності до впровадження елементів гейміфікації навчання. Але разом із розширенням функціоналу виникають і нові виклики, серед яких одним з найактуальніших є забезпечення академічної доброчесності (АДБ).

АДБ є фундаментальною складовою якісної освіти, однак її підтримка у цифровому середовищі є складним завданням. Викладачі стикаються з необхідністю перевіряти велику кількість робіт, що потребує значних часових ресурсів і створює ризик суб'єктивності оцінювання. Забезпечення АДБ вимагає комплексного підходу, що поєднує прозорість, гнучкість і технологічну ефективність.

Інтеграція систем автоматичної перевірки текстових робіт (ТР) у межах ПДО є складним технічним процесом. Вона потребує пошуку оптимального балансу між точністю аналізу, швидкодією системи, вартістю обчислень і зручністю використання для викладачів та студентів.

Саме тому розробка інтелектуальних рішень, здатних автоматично оцінювати схожість студентських ТР і підтримувати академічну доброчесність, набуває особливої актуальності.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Огляд відкритих джерел засвідчив унікальність розроблюваної підсистеми оцінювання схожості ТР, оскільки не виявлено прямих аналогів, що поєднують нечітку логіку та пояснювану модель прийняття рішень.

Для порівняльного функціонального огляду було обрано дуже популярні та широко використовувані насьогодні ПДО: Google Classroom [1] (управління навчальними процесами), Coursera [2] (використання алгоритмів автоматизованого оцінювання) та Moodle [3] (підтримка сторонніх плагінів перевірки плагіату, що створює ризики з точки зору безпеки даних).

Мета статті – створення підходу до побудови розподіленої інтелектуальної системи перевірки схожості ТР студентів, що поєднує переваги мультиагентних систем, експертних правил та нечіткої логіки. Такий підхід покликаний підвищити ефективність і прозорість процесу оцінювання, забезпечуючи викладачів інструментами для об'єктивного аналізу АДБ у межах ПДО.

Виклад основного матеріалу. У контексті забезпечення АДБ у ПДО особливе значення має створення інтелектуальних механізмів, здатних якісно та об'єктивно оцінювати схожість текстових робіт студентів. Для вирішення проблеми автоматизованого аналізу ТР у розподіленому середовищі було розроблено спеціалізовану інтелектуальну систему, що поєднує принципи мультиагентної архітектури [4, 5], експертного оцінювання та нечіткої логіки [6 – 8]. Такий підхід дозволяє забезпечити динамічний, адаптивний та контекстно релевантний аналіз схожості тексту. Оскільки побудова експертних систем значною мірою базується на формалізації знань фахівців у певній предметній області, на початковому етапі було здійснено аналіз існуючих методів визначення схожості ТР – від класичних лінгвістичних алгоритмів до сучасних контекстних моделей на основі алгоритмів машинного навчання. Метою цього етапу було визначення оптимальної комбінації підходів, що забезпечують баланс між точністю, швидкодією та інтерпретованістю результатів у межах ПДО.

Для обґрунтування вибору раціонального підходу було виконано порівняльний аналіз класичних алгоритмів оцінювання текстової схожості та сучасних алгоритмів машинного навчання [9 – 11]. Результати наведено у таблицях 1 – 3.

Таблиця 1

Порівняння класичних алгоритмів оцінювання текстової схожості

№	Алгоритм	Принцип роботи	Переваги	Недоліки	Складність
1	Cosine Similarity	Визначає кут між векторами документів у векторному просторі	Простота реалізації, швидкість обчислення	Не враховує порядок слів і контекст	O(n)
2	Jaccard Index	Обчислює відношення спільних токенів до їх об'єднання	Підходить для коротких текстів і наборів фраз	Не враховує частоту та вагу термів	O(n)
3	Levenshtein Distance	Визначає мінімальну кількість змін, необхідних для перетворення одного рядка в інший	Висока точність для коротких текстів	Високі обчислювальні витрати для великих текстів	$O(n^2)$
4	N-gram Overlap	Порівнює послідовності з n токенів у двох текстах	Гнучкість, можливість налашту-вання розміру n	Чутливість до перестановок і структурних змін	O(n·m)

Таблиця 2

Порівняння моделей машинного навчання для оцінювання текстової схожості

№	Модель	Принцип роботи	Переваги	Недоліки	Ресурси
1	Word2Vec	Векторизація слів за контекстом у великому корпусі текстів	Враховує семантику, ефективна для коротких фраз	Не враховує контекст на рівні речень	Середні
2	BERT (Bidirectional Encoder Represen-tations from Transformers)	Двонапрямна контекстна модель на основі трансформерів	Висока точність, розуміння контексту	Висока обчислювальна складність, потреба у GPU	Високі
3	Sentence Transformers	Генерує вектори для цілих речень чи абзаців	Висока якість для семантич-ного пошуку	Велика кількість параметрів, складність налаштування	Високі
4	TF-IDF (Term Fre-quency-Inverse Do-cument Frequency)	Зважування частоти термів у документі від-носно корпусу	Простота та швидкість реалізації	Не враховує контекст і синонімію	Низькі

Таблиця 3

Порівняльна характеристика груп підходів

Критерій	Класичні методи	AI-моделі	Комбінований (запропонований) підхід
Точність оцінювання	Середня	Висока	Середня
Швидкодія	Висока	Низька	Середня
Інтерпретованість	Висока	Низька	Висока
Масштабованість	Висока	Обмежена	Висока
Вартість реалізації	Низька	Висока	Низька
Залежність від даних	Мінімальна	Висока	Мінімальна
Прозорість прийняття рішень	Висока	Низька	Висока

Керуючись здійсненим порівняльним аналізом методів оцінювання схожості ТР (табл. 1 – 3), було прийнято рішення відмовитися від використання суто орієнтованих на штучний інтелект моделей на користь комбінованого підходу, що поєднує переваги класичних алгоритмів, експертних правил та елементів нечіткої логіки.

Це дозволяє досягти балансу між точністю оцінювання, швидкодією та прозорістю прийняття рішень, що дуже важливо у контексті АДБ.

Особливої уваги заслуговує фактор інтерпретованості результатів, оскільки викладач повинен мати можливість зрозуміти причини високого рівня схожості робіт. Комбінована модель, на відміну від глибинних нейронних мереж, формує висновки на основі чітко визначених правил і вагових коефіцієнтів, що значно підвищує рівень довіри до системи.

З метою визначення ефективного способу реалізації комбінованого підходу здійснено аналіз двох концепцій розгортання програмних систем – монолітної та розподіленої. Узагальнені результати аналізу представлено у таблиці 4.

Таблиця 4

Порівняння монолітної та розподіленої систем

№	Архі-тектура	**Переваги**	**Недоліки**	**Принцип роботи**
1	Моно-літна	Обмін інформацією між агентами (АГ) через спільну пам'ять значно знижує затримки, порівняно з мережевими комунікаціями, що сприяє високій продуктивності системи; відсутність потреби у мережевій взаємодії полегшує реалізацію логіки взаємодії між АГ та скорочує загальний час розробки; єдине обчислювальне середовище полегшує керування ресурсами, синхронізацію дій АГ та моніторинг виконання	Ресурсні обмеження одного вузла обмежують розширення системи – як у кількості АГ, так і в обробці великих обсягів даних; збій одного АГ або помилка в загальному середовищі виконання може спричинити порушення роботи всієї системи; оновлення одного компонента часто потребує повторної збірки всієї системи, що ускладнює підтримку та розгортання оновлень	Передбачає функціонування всіх АГ у межах одного обчислювального середовища (процесу або сервера), що забезпечує спільний доступ до пам'яті та дозволяє реалізувати взаємодію з мінімальними витратами на комунікацію
2	Розпо-ділена	Система легко розширюється шляхом додавання нових АГ або вузлів без необхідності кардинальної перебудови архітектури; завдяки ізоляції АГ, відмова одного компонента не призводить до зупинки всієї системи; АГ можуть бути розміщені в різних регіонах, що дозволяє адаптувати систему до розподілених сценаріїв обробки даних та підвищити її доступність	Необхідність у мережевій взаємодії між компонентами системи ускладнює розробку та може призводити до додаткових затримок через особливості мережевого середовища; забезпечення консистентності у розпо-діленому середовищі вимагає додаткових механізмів реплікації, узгодження станів та обробки конфліктів; реалізація механізмів безпеки, синхронізації, маршрутизації повідомлень і розподілу ресурсів	Кожен АГ є незалежним процесом, який функціонує на окремому вузлі мережі. Взаємодія між АГ реалізується за допомогою мережевих протоколів, що забезпечує високу гнучкість і розширюваність системи

Керуючись отриманим порівнянням, було вирішено використати розподілений підхід, внаслідок наявності переваг у масштабованості та відмовостійкості. При такому підході система реалізується у вигляді чотирьох автономних АГ (табл. 5), кожен з яких відповідає за певний етап перевірки текстових робіт. Взаємодія між АГ відбувається за допомогою брокерів повідомлень [12], що забезпечує асинхронну комунікацію, незалежність виконання та стійкість системи до збоїв окремих компонентів (рис. 1). Така архітектура дозволяє організувати послідовну обробку даних – від первинної нормалізації тексту до формування фінального звіту про рівень схожості, зберігаючи гнучкість масштабування та можливість розширення функціональності без необхідності зміни всієї системи.

Таблиця 5

Функціональні компоненти мультиагентної системи перевірки схожості

Агенти	Основні функції
ProcessingAgent	Виконує первинну обробку вхідних даних: отримує файли студентських робіт, здійснює попередню очистку та нормалізацію тексту. Підготов. дані передає до SimilarityAgent для подальш. аналізу.
SimilarityAgent	Здійснює порівняння підготовлених робіт між собою, використовуючи алгоритми обчислення текстової подібності. Результати зіставлення передаються до EvaluationAgent для подальшої інтерпретації.
EvaluationAgent	Аналізує отримані результати перевірки, визначає ступінь схожості між роботами та формує підсумковий висновок щодо рівня академічної доброчесності. Передає узагальнені дані до NotificationAgent.
NotificationAgent	Отримує результати від EvaluationAgent, формує інформаційні повідомлення для викладачів, та здійснює надсилання сповіщень через електронну пошту.

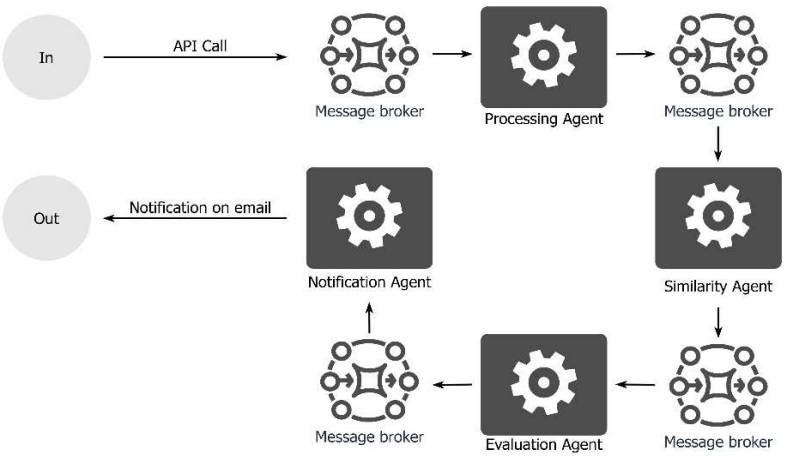


Рисунок 1 – Структура розподіленної системи перевірки схожості ТР студентів

Таким чином, вищезгадана система характеризується чітким розподілом функціональних обов'язків між агентами (АГ), що забезпечує логічну послідовність етапів перевірки, мінімізацію міжмодульних залежностей та високу масштабованість архітектури.

Завдяки використанню брокера повідомлень АГ зберігають автономність у своїй роботі, що дозволяє системі ефективно функціонувати у розподіленому середовищі та швидко реагувати на зміни навантаження. Це створює передумови для реалізації адаптивного та відмовостійкого механізму перевірки, де кожен АГ виконує вузькоспеціалізовану задачу в межах спільного процесу обробки.

Отже, послідовність взаємодії між АГ та логіка обробки запитів у межах розподіленого середовища можуть бути формалізовані у вигляді узагальненого алгоритму роботи системи, що наведений на рисунку 2.



Рисунок 2 – Узагальнена схема алгоритму роботи системи

До початку основної обробки всі вхідні дані проходять етап нормалізації, під час якого з текстів студентських робіт видаляються шаблонні та службові елементи (титульні сторінки, заголовки, формулювання теми тощо) відповідно до набору експертних правил. Для реалізації цього етапу використано спрощену експертну систему [6, 7], що забезпечує попередню стандартизацію даних і підвищує точність подальшого аналізу.

Нормалізовані тексти передаються до АГ перевірки схожості ТР, який виконує обчислення ступеня подібності між роботами на основі алгоритму TF–IDF (Term Frequency – Inverse Document Frequency). Отримані результати надходять до АГ оцінювання, де за допомогою продукційних правил здійснюється інтерпретація показників схожості. У процесі оцінювання враховуються такі параметри, як відсоток подібності, час подачі роботи та випадкова похибка, що дозволяє сформувати більш гнучкий та об'єктивний підсумковий висновок.

Завершальним етапом є робота АГ нотифікації, що формує звіт про результати перевірки та автоматично надсилає його викладачеві через інтегровану систему повідомлень.

Наведена послідовність дій АГ може бути представлена у формалізованому вигляді. Для цього побудовано низку математичних моделей, які відображають процеси у межах розподіленої системи. Першим етапом роботи системи є попередня обробка текстів. Оскільки процес очищення має чітку

послідовність дій і базується на формалізованих правилах, його доцільно представити у вигляді математичної моделі попередньої обробки, яка описує механізм послідовного застосування правил експертної системи до вхідних текстів. Вважатимемо, що $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ – множина вхідних текстів; $R = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$ – множина правил обробки; $f_i(t)$ – функція, яка застосовує правило r_i до тексту t; $A(t)$ – функція АГ, яка застосовує всі активні правила до тексту; $(t, T) \in \{0, 1\}$ – функція активації правила r_i, яка залежить від конкретного тексту t та загального контексту T. Тоді композиційна функція виглядає таким чином:

$$A(t) = f_m \circ f_{m-1} \circ \cdots \circ f_1(t), \text{ де } f_1(t) = \begin{cases} r_i(t), & \text{якщо } S_i(t, T) = 1 \\ t, & \text{якщо } S_i(t, T) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Наступним етапом є аналіз схожості ТР. Одним із базових підходів до оцінювання схожості ТР є використання методу TF-IDF. Цей метод дозволяє кількісно оцінити важливість окремих слів у ТР відносно всієї колекції текстів. Основна ідея полягає в тому, що слова, які часто зустрічаються в одній ТР, але рідко у решті, мають більшу вагу та краще характеризують зміст конкретної ТР.

TF (частота терміна) вимірює, як часто слово з'являється в документі. Вища частота свідчить про більшу важливість. Якщо термін часто зустрічається в документі, він, ймовірно, релевантний до змісту документа. TF можна визначити за формулою

$$TF = \frac{n_t}{\sum_{i=1}^{k} n_i}, \quad (2)$$

де n_t – кількість окремих слів, а $\sum_{i=1}^{k} n_i$ – загальна кількість слів у документі.

IDF (обернена частота документів) зменшує вагу поширених слів у кількох документах, водночас збільшуючи вагу рідкісних слів. Якщо термін зустрічається у меншій кількості документів, він, ймовірно, буде змістовним і конкретним. IDF можна визначити за наступною формулою:

$$IDF = \ln\left(\frac{n_c}{\sum_{j=1}^{m} n_j}\right), \quad (3)$$

де n_c – загальна кількість документів всього; $\sum_{j=1}^{m} n_j$ – кількість документів, де міститься слово.

Оцінка *TF – IDF* є добутком TF та IDF:

$$TF - IDF = TF \cdot IDF\ . \tag{4}$$

У задачах визначення схожості текстових робіт *TF – IDF* застосовується для перетворення текстів у вектори числових ознак. Далі подібність між роботами оцінюється за допомогою метрик косинусної схожості:

$$Sim = \frac{A \cdot B}{||A|| \cdot ||B||}, \tag{5}$$

де *A* та *B* – значення ваг термінів (TF-IDF) у відповідних документах.

Високе значення косинусної схожості вказує на схожість лексичного складу та змісту текстів, що може бути корисним для виявлення плагіату, повторів або автоматичного групування робіт за тематикою. Перевагою косинусної метрики є її незалежність від абсолютної довжини текстів: вона враховує лише напрямок векторів, а не їхню величину.

Після знаходження косинусної схожості для кожного документа визначається максимальний рівень схожості з іншими документами:

$$S_i^{max} = \max\left(Sim_{ij}\right). \tag{6}$$

Цей показник відображає, наскільки поточна робота подібна до найсхожішої з решти робіт у корпусі. На основі цього розраховується показник подібності документа

$$U_i = 100 - (S_i^{max} \cdot 100). \tag{7}$$

Отримані показники подібності надходять до АГ оцінювання, що здійснює їх інтерпретацію. На цьому етапі виконується оцінювання результатів схожості із використанням правил експертної системи та нечіткої логіки, що дозволяє врахувати як точні, так і наближені значення параметрів.

Оскільки ядром експертної системи виступає система бальної оцінки, доцільно формалізувати цей процес у вигляді математичних моделей, які описують механізм прийняття рішень на основі лінгвістичних правил та вагових коефіцієнтів. Для початку розраховується коефіцієнт своєчасності

$$\mu = \frac{d_{sub} - d_{pub}}{d_{de} - d_{pub}}, \tag{8}$$

де d_{sub} – дата здачі завдання; d_{pub} – дата публікації; d_{de} – крайдата.

Функція належності μ (рис. 3) відображає ступінь подібності між роботами та має такі властивості: при μ = 1 спостерігається повна відповідність, при μ = 0 – повна невідповідність, а у проміжку значення змінюються лінійно.

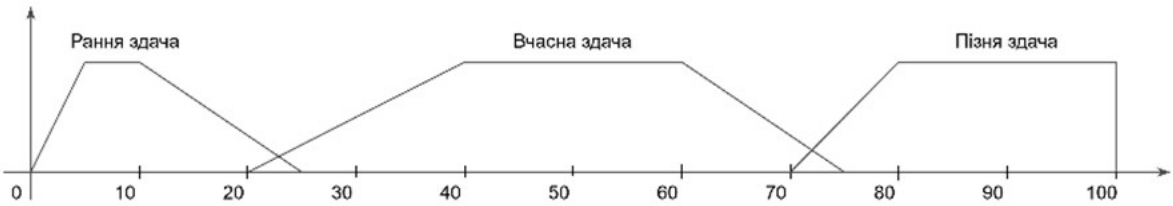


Рисунок 3 – Функція належності коефіцієнта своєчасності здачі завдання

Основою експертної системи є система балів, яку для кращого розуміння доцільно представити у вигляді математичної моделі.

Зіставлення відсотка використаного часу до крайдати, визначеного як коефіцієнт своєчасності, із відповідними функціями належності дає змогу отримати набір значень ступенів належності. Подальша дефазифікація результатів виконується за центрово-зваженим методом:

$$T = \frac{\sum_{i=1}^{n} \mu_i \times \omega_i}{\sum_{i=1}^{n} \mu_i}, \quad (9)$$

де: μ_i – ступінь належності до лінгвістичного терму; ω_i – ваговий коефіцієнт, закріплений за відповідною лінгвістичною змінною.

Підсумкова оцінка схожості визначається як зважена сума ключових показників: оригінальності, своєчасності та стохастичної похибки:

$$Score = \omega_p \times P + \omega_t \times T + \omega_n \times N, \quad (10)$$

де: P – відсоток оригінальності; T – бал за своєчасність; N – стохастична евристична похибка; $\omega_p = 0.7$; $\omega_t = 0.25$; $\omega_n = 0.05$ – вагові коефіцієнти.

Стохастична похибка моделюється експоненційно розподіленою випадковою величиною:

$$N = -\frac{1}{3} \times ln(\xi). \quad (11)$$

Для перевірки працездатності концепту системи перевірки ТР студентів було розроблено експериментальний прототип системи, у якому кожен АГ виконує окрему функцію у межах загального процесу обробки.

Система реалізована у вигляді окремих компонентів, з тестовими ендпоінтами, куди можна передати конкретні текстові дані та перевірити працездатність АГ. На рисунках 4 – 6 наведено результати тестування основних інтелектуальних компонентів.

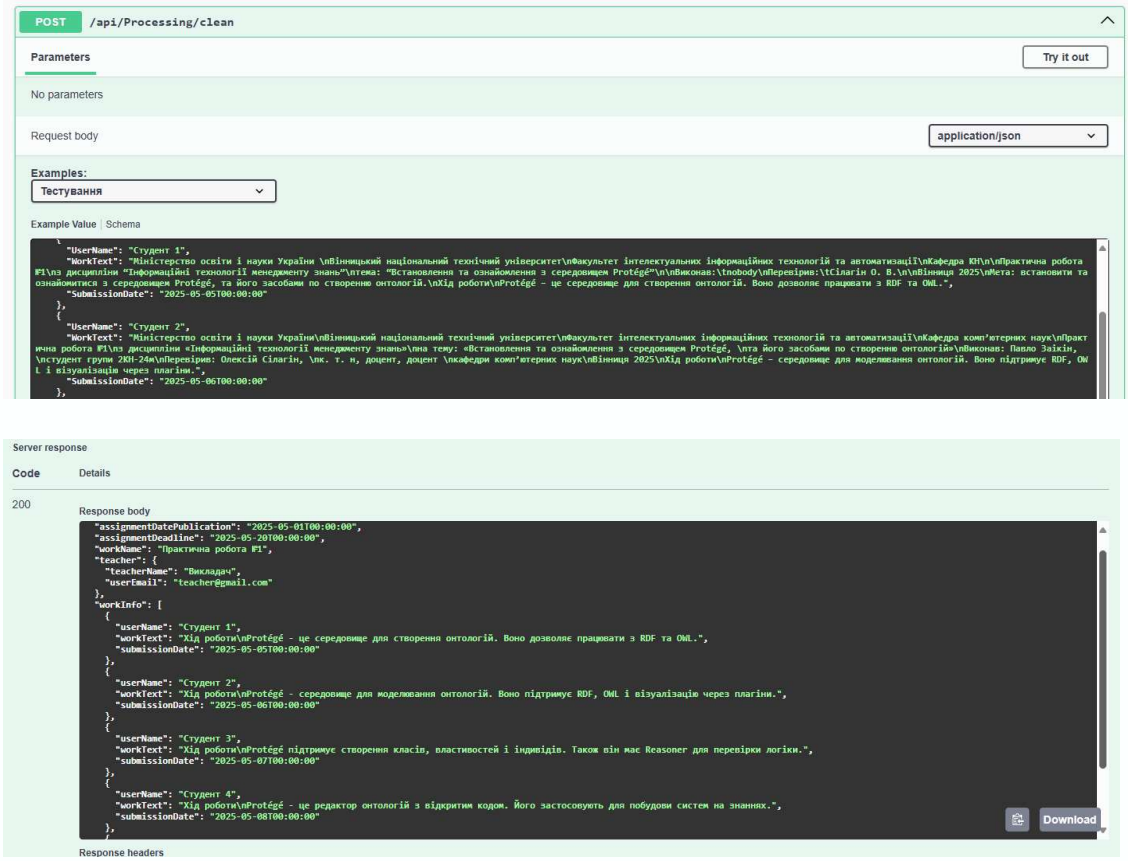


Рисунок 4 – Результат тестування АГ попередньої обробки

Висновки. Запропоновано та реалізовано підхід до побудови системи перевірки текстових цифрових робіт студентів на основі мультиагентної архітектури з інтегрованою експертною системою. Дане рішення забезпечує автономну роботу агентів, відповідальних за попередню обробку, перевірку схожості, та оцінювання результатів перевірки схожості, що дозволяє досягти високої гнучкості, масштабованості та відмовостійкості системи.

Експертна система, закладена в основу обчислювального ядра, враховує низку параметрів – рівень схожості, своєчасність подання роботи та стохастичну похибку – що забезпечує контекстно обґрунтовану оцінку результатів. Завдяки використанню нечіткої логіки результати перевірки мають адаптивний характер, а випадковий компонент дозволяє уникнути детермінованості висновків.

Тестування прототипу підтвердило ефективність запропонованого підходу. Отримані результати свідчать про доцільність подальшого розвитку системи як основи для масштабних освітніх платформ, орієнтованих на підтримку академічної доброчесності.

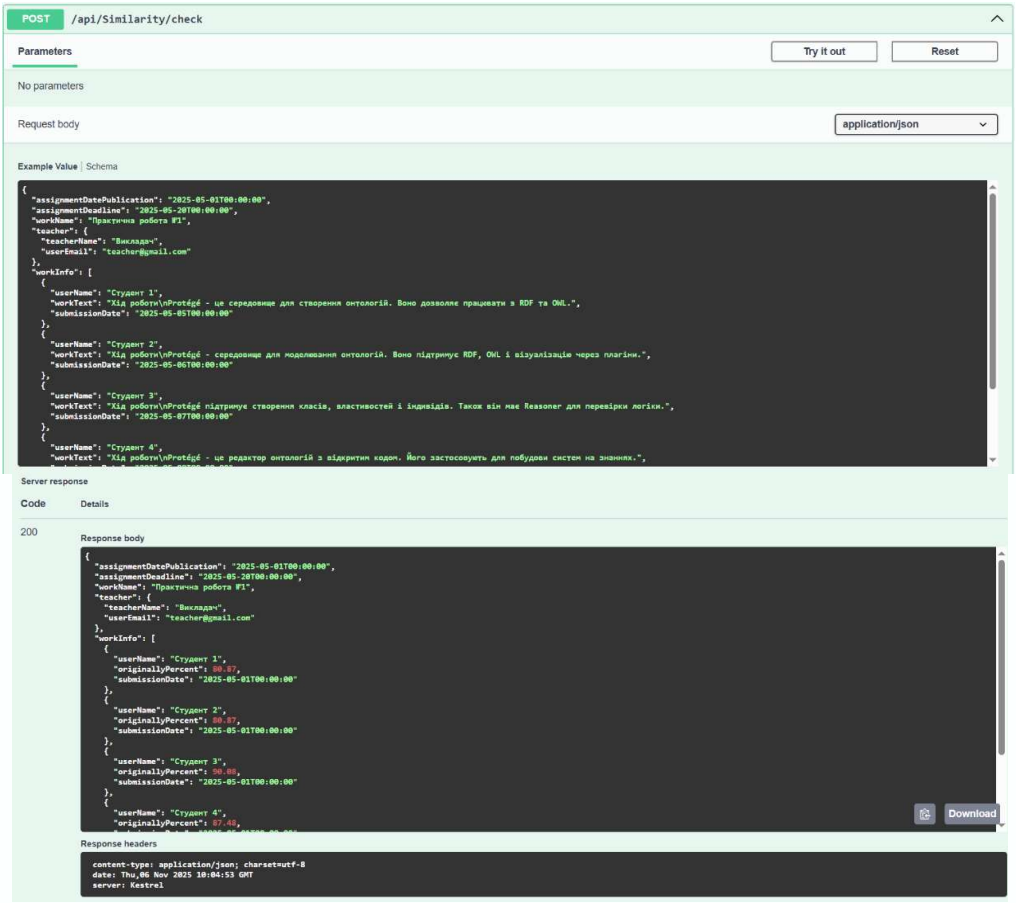


Рисунок 5 – Результат тестування АГ перевірки схожості ТР

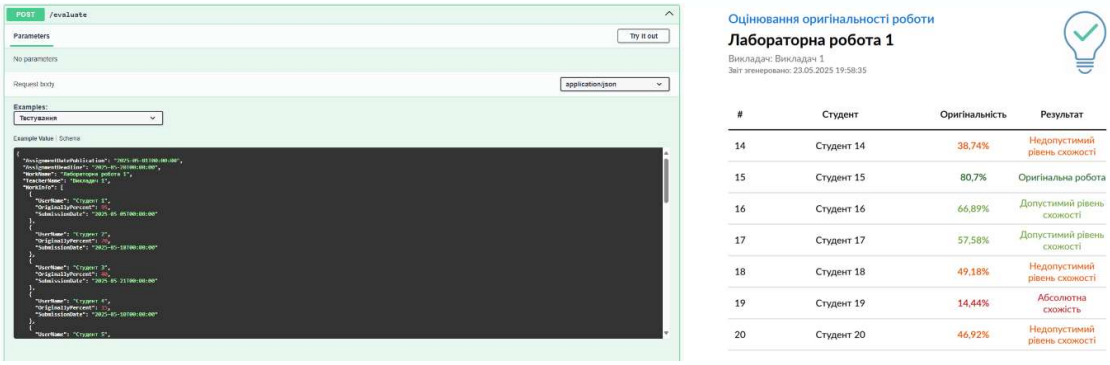


Рисунок 6 – Результат тестування АГ оцінювання результатів перевірки схожості ТР

Література:

1. Сайт Classroom [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://classroom.google.com (дата звернення: 09.11.2025)
2. Сайт Coursera [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.coursera.org (дата звернення: 09.11.2025).Moodle. moodle.org
3. Сайт Moodle [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://moodle.org (дата звернення: 09.11.2025)
4. Russell S., Artificial Intelligence: A Modern Approach (Pearson series in artificial intelligence). 4-th US ed. / S. Russell, P. Norvig. – New York: Pearson, 2020. – 1136 p.
5. Boissier O. Multi-Agent Programming. Introduction [Електронний ресурс]. – доступ: https://www.emse.fr/~boissier/enseignement/maop20-fall/pdf/2-lecture-introduction-mas.pdf
6. Saatchi R. Fuzzy Logic Concepts, Developments and Implementation. Information. 2024. Vol. 15, № 10. P. 656. https://doi.org/10.3390/info15100656
7. Месюра В. І. Експертні системи. Частина 1: навчальний посібник / В. І. Месюра, А. А. Яровий, І. Р. Арсенюк – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 105 с.
8. Яровий А. А. Експертні системи. Частина 2: навчальний посібник / А. А. Яровий, І. Р. Арсенюк, В. І. Месюра – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 105 с.
9. Pykes K. A Glance at Text Similarity: How To Compute the Similarity between Documents [Електронний ресурс] / K. Pykes. – Режим доступу: https://towardsdatascience.com/a-glance-at-text-similarity-52e607bfe920/
10. Hazal, Y. M., Hammo, A. Y. Survey on Software Code Clone Detection [Електронний ресурс] / Y. M. Hazal, A. Y. Hammo // Technum: Romanian Journal of Applied Sciences and Technology. – 2022. – Vol. 4, Issue 3. – P. 28–36. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/360015247_Survey_on_Software_code_clone_detection
11. Keita, Z. Plagiarism Detection Using Transformers [Електронний ресурс] / Zoumana Keita. – Pinecone, 30 June 2023. – Режим доступу: https://www.pinecone.io/learn/plagiarism-detection/
12. A Survey of Distributed Message Broker Queues [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://arxiv.org/pdf/1704.00411

References:

1. Site Google Classroom – Retrieved from https://classroom.google.com [in English]
2. Site Coursera – Retrieved from https://www.coursera.org [in English]
3. Site Moodle – Retrieved from https://moodle.org [in English]
4. Russell, S., & Norvig, P. (2020). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th US ed.). Pearson Series in Artificial Intelligence. – New York: Pearson – 1136 p.
5. Boissier, O. Multi-Agent Programming. Introduction. – Retrieved from https://www.emse.fr/~boissier/enseignement/maop20-fall/pdf/2-lecture-introduction-mas.pdf [in English]
6. Saatchi, R. (2024). Fuzzy Logic Concepts, Developments and Implementation. Information, 15(10), 656. – Retrieved from https://doi.org/10.3390/info15100656 [in English]
7. Mesiura, V. I., Yarovyi, A. A., & Arseniuk, I. R. (2017). Ekspertni systemy. Chastyna 1: navchalnyi posibnyk [Expert Systems. Part 1: Textbook]. Vinnytsia: VNTU [in Ukrainian].
8. Yarovyi, A. A., Arseniuk, I. R., & Mesiura, V. I. (2017). Ekspertni systemy. Chastyna 2: navchalnyi posibnyk [Expert Systems. Part 2: Textbook]. Vinnytsia: VNTU [in Ukrainian].
9. Pykes, K. A Glance at Text Similarity: How To Compute the Similarity between Documents Retrieved https://towardsdatascience.com/a-glance-at-text-similarity-52e607bfe920/ [in English]

10. Hazal, Y. M., & Hammo, A. Y. (2022). Survey on Software Code Clone Detection Technum: Romanian Journal of Applied Sciences and Technology, 4(3), 28 – 36. – Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/360015247_Survey_on_Software_code_clone_detection [in English]

11. Keita, Z. (2023) Plagiarism Detection Using Transformers / Zoumana Keita. Retrieved from https://www.pinecone.io/learn/plagiarism-detection/ [in English]

12. A Survey of Distributed Message Broker Queues – Retrieved from https://arxiv.org/pdf/1704.00411 [in English]

Журнал

«Наука і техніка сьогодні»

(Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка», Серія «Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»)

Випуск № 11(52) 2025

Формат 60x90/8. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк. 8,2. Наклад 100 прим.
Зам. 1

Видавець:
Громадська наукова організація «Всеукраїнська асамблея докторів наук з державного управління»
Свідоцтво серія ДК №4957 від 18.08.2015 р., Андріївський узвіз, буд.11, оф 68, м. Київ, 04070.

Підготовлено рекламним агентством
«GoToPrint» Адреса, Україна, Київська обл., м. Київ, вул. Льва Толстого, 63
тел.+38073 996 46 57, +38050 771 27 31, e-mail: gotoprint@gmail.com