

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Проректор з навчальної роботи  
Національного технічного  
університету України



“Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського”

к.філос.н., проф.  
Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО

“ 11 ” березня 2024 р.

### ВИТЯГ

з протоколу № 9 від 28 лютого 2024 р. розширеного засідання  
кафедри системного проектування  
Національного технічного університету України  
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

#### БУЛИ ПРИСУТНІ:

- з кафедри системного проектування:  
зав. каф., д.т.н., професор Мухін В.Є.;  
професор, д.т.н., професор Петренко А.І.;  
професор, д.т.н., професор Рогоза В.С.;  
доцент, к.т.н., ст.н.с. Кисельов Г.Д.;  
доцент, к.т.н., ст.н.с. Стіканов В.Ю.;  
доцент, к.т.н., доцент Артюхов В.Г.;  
доцент, к.т.н. Харченко К.В.  
доцент, к.т.н. Гіоргізова-Гай В.Ш.  
доцент, к.т.н. Безносик О.Ю.;  
доцент, к.т.н. Булах Б.В.;  
старший викладач Іщенко Г.В.  
старший викладач Бритов О.А.;  
асистент Ткачук А.В.;  
асистент Куб'юк Є.Ю.;  
асистент Клещ К.О.;

- з інших кафедр КПІ ім. Ігоря Сікорського:  
доцент кафедри цифрових технологій в енергетиці, к.т.н., доцент  
Шаповалова С.І.;  
декан факультету інформатики та обчислювальної техніки, д.т.н., професор  
Корнага Я.І.

#### СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення Яковчука Олега Костянтиновича за матеріалами

дисертаційної роботи “Методи вирівнювання рукописного тексту на основі розпізнавання з використанням машинного навчання та структурного аналізу символів”, поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп’ютерні науки, освітньо-наукова програма Комп’ютерні науки.

Тему дисертаційної роботи “Методи вирівнювання рукописного тексту на основі розпізнавання з використанням машинного навчання та структурного аналізу символів” затверджено на засіданні Вченої ради Інституту прикладного системного аналізу (протокол № 11 від 30 листопада 2020 року) та перезатверджено на засіданні Вченої ради Інституту прикладного системного аналізу (протокол № 10 від 28 листопада 2023 року).

Науковим керівником затверджений доктор технічних наук, професор Рогоза В.С.

## 2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили:  
зав. каф., д.т.н., професор Мухін В.Є.;  
професор, д.т.н., професор Петренко А.І.;  
доцент, к.т.н., ст.н.с. Кисельов Г.Д.;  
доцент, к.т.н. Гіоргізова-Гай В.Ш.  
доцент, к.т.н. Булах Б.В.;  
доцент, к.т.н. Шаповалова С.І.;

## 3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь:  
зав. каф., д.т.н., професор Мухін В.Є.;  
професор, д.т.н., професор Петренко А.І.;  
професор, д.т.н., професор Рогоза В.С.;  
професор, д.т.н. Корнага Я.І.;  
доцент, к.т.н., ст.н.с. Кисельов Г.Д.;  
доцент, к.т.н. Гіоргізова-Гай В.Ш.  
доцент, к.т.н. Булах Б.В.;  
доцент, к.т.н. Шаповалова С.І.;

## УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

1. **Актуальність теми дослідження** полягає в тому, що існуючі на сьогодні методи обробки рукописного введення не можуть ефективно виконувати вирівнювання рукописного тексту зі збереженням початкового стилю написання. Існуючі підходи з перетворенням рукописного тексту в друкований вигляд шляхом розпізнавання несуть потенційні помилки через неточність розпізнавання. Виконання вирівнювання тексту в рукописному представленні дає змогу обійти ці помилки, перетворити текст у більш легкий

для сприйняття вигляд, зменшити загальний розмір рукописного тексту в документі, підвищуючи ефективність використання наявного простору. Отже, тематика даного дослідження є актуальною, а задачі по поліпшенню та вирівнюванню рукописного тексту мають значну практичну цінність.

## **2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Наукові дослідження виконувались в рамках тематичного плану науково-дослідних робіт кафедри системного проектування, а також в рамках вирішення поставлених задач у підрозділі із досліджень та розробки у галузі інтелектуального введення інформації в компанії «Самсунг РнД Інститут Україна».

Результати дисертаційного дослідження використані в проекті НН ІПСА СП 2023-1 «Впровадження сервіс-орієнтованого підходу до реалізації процесів діджиталізації суспільства» (номер держреєстрації 0123U101333), що виконується згідно Тематичного плану виконання ініціативних кафедральних науково-дослідних робіт Навчально-наукового інституту прикладного системного аналізу КПІ ім. Ігоря Сікорського.

## **3. Наукова новизна отриманих результатів**

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати: (1) Запропоновано метод вирівнювання рукописного тексту, наукова новизна якого полягає у використанні розроблених алгоритмів розпізнавання та сегментації тексту, які базуються на теорії машинного навчання, а також у проведенні структурного аналізу символів, що враховує індивідуальні особливості почерку, зв'язне написання символів та дозволяє зберегти початковий стиль написання тексту. (2) Вдосконалено метод сегментації рукописного тексту, який відрізняється від існуючих тим, що ґрунтується на використанні легкої рекурентної нейронної мережі, динамічного програмування та додаткових алгоритмів, які дають змогу знаходити та виправляти помилки сегментації, визначати відповідні символи для відтермінованих штрихів, що дозволяє підвищити точність маркування кожного символу. (3) Розроблено метод вирівнювання для тексту, написаного українською мовою, наукова новизна якого полягає у використанні алгоритмів, що базуються на структурному аналізі символів, та визначаються окремо для кожного символу, а також у можливості реалізувати вирівнювання рукописних літер для різних стилів написання.

## **4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи**

полягає в тому, що за проведеним аналізом літератури та сучасних методів до обробки рукописного введення було визначено основні недоліки наявних підходів до візуального поліпшення та вирівнювання рукописного тексту, а також визначено можливі шляхи до вирішення існуючих проблем та підвищення ефективності вирішення комплексу задач, що виникають при вирівнюванні рукописного тексту. З'ясовано, що використання розпізнавання та сегментації рукописного введення зможе підвищити точність та якість вирівнювання тексту, шляхом використання результатів маркування послідовності для виконання структурного аналізу символів та знаходження правильних позицій

для всіх символів. Тому одним з напрямків дослідження також було вдосконалення методів сегментації символів, оскільки наявні методи не здатні забезпечити маркування послідовності з високою точністю, особливо у випадку зв'язного написання символів.

Розроблені метод та алгоритми, які було впроваджено в інструментальну систему вирівнювання рукописного тексту, дають змогу розв'язувати задачу вирівнювання одного рядка рукописного тексту та текстів, що складаються з багатьох рядків, на пристроях з обмеженнями обчислювальних ресурсів.

Розроблено систему вирівнювання рукописного тексту українською мовою, яка забезпечує високу точність результатів, що підтверджено проведеними експериментами та продемонстровано на прикладі її використання в тестовому мобільному застосунку.

Представлений в дисертаційній роботі метод вирівнювання рукописного тексту було впроваджено у комерційний додаток «Samsung Notes» для флагманської моделі смартфона Samsung Galaxy S24 у вигляді повноцінної функції вирівнювання «Clean Up» для різних мов, в тому числі англійської та корейської, що підтверджено актом впровадження результатів дисертаційної роботи.

## **5. Апробація/використання результатів дисертації**

Основні положення та отримані наукові результати, що викладені в даній дисертаційній роботі, пройшли апробацію на трьох міжнародних науково-технічних конференціях:

“25th International Conference on Intelligent User Interfaces (ACM IUI), Cagliari, Italy, March 17–20, 2020”,

“IEEE Third International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP), Lviv, Ukraine, August 21–25, 2020”,

“16th ACM SIGGRAPH Conference and Exhibition on Computer Graphics and Interactive Techniques in Asia (ACM SIGGRAPH-Asia), Sydney, Australia, December 12–15, 2023”.

## **6. Дотримання принципів академічної доброчесності**

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Яковчука О.К. визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

**7. Перелік публікацій за темою дисертації** із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень було опубліковано 8 наукових публікацій, у тому числі:

- 3 статті у наукових фахових виданнях України за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки, в яких число співавторів разом із здобувачем не більше двох осіб;

- 2 міжнародні патенти на винахід рівня А1;

- 3 публікації у неперіодичних збірниках наукових праць міжнародних конференцій високого рівня.

*Статті у наукових фахових виданнях України:*

[1] Yakovchuk, O., Vasin, M. (2023). Increasing the accuracy of handwriting text recognition in medical prescriptions with generative artificial intelligence. *Technology Audit and Production Reserves*, 4 (2 (72)), 18–22. DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.284998>.

Особистий внесок: проведення досліджень та розробка методу розпізнавання для підвищення точності результатів розпізнавання медичних рукописних рецептів на основі використання генеративного штучного інтелекту;

[2] Яковчук О.К. (2023). Побудова швидкої та легкої рекурентної нейронної мережі для вирішення задачі розпізнавання рукописних жестів. *Таврійський науковий вісник. Серія: технічні науки*, (4), 87–93. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.11>.

Особистий внесок: розробка рекурентної нейронної мережі для вирішення задачі розпізнавання рукописних жестів, проведення експериментів та аналіз отриманих результатів;

[3] Yakovchuk, O., Rogoza, W. (2024). An overview of statistical and neural-based line segmentation methods for offline handwriting recognition task. *Technology Audit and Production Reserves*, 1 (2 (75)), 14–19. DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2024.298405>.

Особистий внесок: проведення досліджень та аналізу наявних методів для вирішення задачі сегментації рукописного тексту на рядки на основі статистичних та нейронних підходів;

*Патенти на винахід:*

[4] D. Zhelezniakov, O. Yakovchuk, D. Olynik, V. Zaitsev., Y. Yakishyn, A. Cherneha (2021). Electronic Device and Method for Modification of Content. WIPO PCT WO2021246570A1. Publication Date 2021.12.09. <https://patents.google.com/patent/WO2021246570A1/en>.

Особистий внесок: проведення досліджень та експериментів, розробка системи модифікації контенту на основі мультимодальної обробки вхідних даних від користувача, підготовка матеріалів для оформлення патенту;

[5] A. Cherneha, N. Sakhnenko, D. Zhelezniakov, O. Yakovchuk, V. Volkova, V. Zaitsev (2022). Method, Electronic Device and Storage Medium for Adjusting Document Style. Patent No. PN146948, Application Date 2022.12.02.

Особистий внесок: проведення досліджень та експериментів, розробка інструментальної системи модифікації рукописних даних для трансформації загального стилю документа, підготовка матеріалів для оформлення патенту;

*Матеріали конференцій:*

[6] D. Zhelezniakov, A. Cherneha, V. Zaitsev, T. Ignatova, O. Radyvonenko, and O. Yakovchuk. 2020. Evaluating new requirements to pen-centric intelligent user interface based on end-to-end mathematical expressions recognition. 25th International Conference on Intelligent User Interfaces (ACM IUI '20). 212–220. DOI: <https://doi.org/10.1145/3377325.3377482>.

Особистий внесок: розробка інструментальної системи розпізнавання математичних виразів, проведення експериментів зручності використання систем рукописного введення;

[7] O. Yakovchuk, A. Cherneha, D. Zhelezniakov and V. Zaitsev. 2020. Methods for Lines and Matrices Segmentation in RNN-based Online Handwriting

Mathematical Expression Recognition Systems. 2020 IEEE Third International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP), Lviv, Ukraine. 255-261. DOI: <https://doi.org/10.1109/DSMP47368.2020.9204273>.

Особистий внесок: розробка методу сегментації рукописного тексту на рядки на основі структурного аналізу символів, проведення експериментів;

[8] K. Korovai, D. Zhelezniakov, O. Radyvonenko, O. Yakovchuk, I. Deriuga, N. Sakhnenko. 2023. Recognition-Independent Handwritten Text Alignment Using Lightweight Recurrent Neural Network. In SIGGRAPH Asia 2023 Posters (SA '23). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 30, 1–2. DOI: <https://doi.org/10.1145/3610542.3626136>.

Особистий внесок: розробка методу вирівнювання рукописного тексту на основі структурного аналізу символів, розробка тестового додатку для вирівнювання тексту.

**ВВАЖАТИ**, що дисертаційна робота Яковчука О.К. “Методи вирівнювання рукописного тексту на основі розпізнавання з використанням машинного навчання та структурного аналізу символів”, що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп’ютерні науки за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред’являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КПІ ім. Ігоря Сікорського Комп’ютерні науки зі спеціальності 122 Комп’ютерні науки.

#### **РЕКОМЕНДУВАТИ:**

1. Дисертаційну роботу “Методи вирівнювання рукописного тексту на основі розпізнавання з використанням машинного навчання та структурного аналізу символів”, подану Яковчуком Олегом Костянтиновичем на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді КПІ ім. Ігоря Сікорського утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

д.т.н., професор, завідувач кафедри системного проектування Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» **Мухін Вадим Євгенович**;

Члени:

Рецензенти:

к.т.н., доцент, доцент кафедри цифрових технологій в енергетиці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» **Шаповалова Світлана Ігорівна**;

д.т.н., професор, декан факультету інформатики та обчислювальної техніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» **Корнага Ярослав Ігорович**;

Опоненти:

д.т.н., професор, завідувач кафедри мережевих та інтернет технологій  
Київського національного університету імені Тараса Шевченка **Кравченко  
Юрій Васильович**;

д.т.н., доцент, завідувач кафедри штучного інтелекту Державного  
університету інформаційно-комунікаційних технологій **Зінченко Ольга  
Валеріївна**.

Головуючий на засіданні

д.т.н., професор,  
зав. каф. системного проектування



Вадим МУХІН

Вчений секретар кафедри  
системного проектування, к.т.н.



Олександр БЕЗНОСИК