

## АНАЛІЗ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В КОНТЕКСТІ ЗАДАЧІ ВІДТВОРЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ ПАПЕРІВ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Наведено результати аналізу інтелектуальних технологій в контексті дослідження задачі відтворення в різних предметних областях. Запропоновано інтегрований підхід для подальшого вирішення задачі відтворення пошкоджених паперів на основі існуючих досліджень.*

**Ключові слова:** нейронні мережі, відтворення пошкоджених паперів, криміналістика.

### *Abstract*

*The results of the analysis of intellectual technologies in the context of research of the problem of reproduction in various subject areas are given. An integrated approach to further solve the problem of reproduction of damaged papers on the basis of existing research*

**Keywords:** neural networks, reproduction of damaged papers, forensics.

### **Вступ**

Із розвитком інформаційних технологій активується розвиток різних професійних сфер, в тому числі й сфери криміналістики. Працюючи в цій сфері, фахівці стикаються з різними неординарними задачами, такими як балістичні дослідження, пошук відбитків пальців, відтворення розірваних та пошкоджених паперів. Однією з актуальних задач, що потребують активнішого застосування інформаційних технологій та автоматизації, є задача відтворення пошкоджених паперів [1].

За результатами спілкування з експертами-криміналістами встановлено, що наразі проблема відтворення пошкоджених паперів вирішується переважно вручну, що займає надто багато часу. Експерти годинами співставляють елементи паперу, співставляючи текстуру, розмір, символи. Автоматизувавши даний процес, можна оптимізувати велику кількість часу та зусиль, збільшити точність відтворення, а також підвищити ефективність роботи експертів-криміналістів.

### **Аналіз існуючих аналогів**

В ході проведеного аналізу літературних джерел, на жаль, не було виявлено прямих аналогів чи досліджень щодо задачі відтворення пошкоджених паперів. Разом з тим, знайдено та проаналізовано подібні дослідження (непрямі аналоги), що стосуються задачі відтворення в інших предметних областях. Їх аналіз буде корисним з точки зору доцільності та перспектив застосування нейромережевих технологій у задачі відтворення.

Зокрема, вчені Хайфського університету, розробили алгоритм відтворення археологічних артефактів за допомогою нейронних мереж. Описаний ними алгоритм базується на чотирьох основних підходах [2]:

По-перше, щоб вирішити проблему застарілих фрагментів археологічних артефактів, розробники пропонують екстрапольовати кожен фрагмент перед повторною збіркою.

По-друге, пропонується метод вибірки набору реальних перетворень. Мета полягає в тому, щоб екстрапольовані фрагменти були близькі один до одного (щоб ймовірність суміжності була високою), але не перекривалися.

По-третє, – пошук збігів. Розробники намагаються обчислити параметр несхожості для даного перетворення між парою фрагментів.

По-четверте, – розміщення. Аналізуються проблеми, що стосуються безперервності простору трансформації та загальної форми фрагментів, які в подальшому ефективно усуваються.

Даний алгоритм досить ефективно вирішує задачу відтворення, так як містить вирішення багатьох підзадач, включаючи нерівності країв, ерозію та інші можливі пошкодження елементів (в контексті ж задачі відтворення пошкоджених паперів, дуже важливо зберегти максимальну якість контенту, так як навіть деякі маленькі елементи паперів, можуть бути значним речовим доказом).

Інший приклад подібних досліджень є відтворення пошкоджених зображень [3]. У даних дослідженнях було проаналізовано модель відновлення зображень за допомогою Карті Кохонена.

Карта Кохонена є двовимірною мережею  $N \times N$ , що складається з нейронів. Кожен нейрон у мережі є квадратом  $S \times S$  – вектор ваги, значення якого рівні коду кольору відповідного пікселя [4].

Для навчання в мережу подаються фрагменти зображення  $S \times S$ , після чого мережа шукає найбільш схожий на фрагмент нейрон, так званий ВМУ (best matching unit), і коригує його вагові коефіцієнти таким чином, щоб він ще більше був схожий на поданий фрагмент. А потім ще тренує сусідів, але вже із меншою інтенсивністю. Що далі знаходиться нейрон від ВМУ, то менший внесок у нього робить поданий фрагмент. Таким чином мережа навчається доти, доки відхилення ВМУ кожного поданого фрагмента досягне встановленої мінімальної величини [5]. Процес відновлення відбувається подібним чином, береться фрагмент  $S \times S$  пошкодженого зображення, і за непошкодженими пікселями шукається ВМУ, після чого пошкоджені пікселі замінюються відповідними значеннями із вектора ваги нейрона.

## Висновки

На основі аналізу результатів досліджень задачі відтворення в інших предметних областях виділено декілька важливих аспектів, які певною мірою є актуальними при вирішенні задачі відтворення пошкоджених паперів.

По перше, стосовно технології відтворення пошкоджених археологічних знахідок. Застосовані тут рішення вирішують задачу знаходження співпадань частин об'єктів навіть при умові, що фрагменти об'єкта так чи інакше пошкоджені ерозією, вицвітанням та іншими природними факторами. Використання області  $k$ -пікселів з подальшим екстраполюванням та пошуком співпадинь на основі кольору та неперервності країв є перспективним при вирішенні задачі відтворення цілісності форми паперу. Проте, залишається проблема втрати цілісності вмісту, що відображений на папері, а також проблема затертості, пошкодження мікрорель'єфу поверхні паперу, що може зробити текст нечитабельним.

По друге, для вирішення задачі втрати цілісності та якості вмісту паперу, є перспективним використання карт карт Кохонена, що розглядається на прикладі задачі відтворення малюнків. Так як нейромережа на основі карт Кохонена шукає нейрони, які найбільше схожі до шуканого фрагмента, – це дозволяє максимально точно відтворити контент, що постраждав внаслідок пошкодження паперу. Використання карт Кохонена є перспективним для відтворення пошкодженого контенту документа після його збірки, що може забезпечити експертам краще опрацювати отриманий матеріал в подальшому.

Таким чином, об'єднавши ключові аспекти проаналізованих досліджень задачі відтворення в інших предметних областях, зроблено висновки щодо подальших досліджень в контексті розробки інформаційної технології задачі відтворення пошкоджених паперів. Перспективою застосування такого інтегрованого підходу є важливі переваги, а саме – не тільки відтворення пошкодженої структури паперу, але й збереження контенту, що може бути спотворений в результаті порушення цілісності текстури матеріалу паперу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Документ з архіву «Криміналістика» [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://studizba.com/files/show/doc/43895-43-28740.html>
2. Solving Archaeological Puzzles [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://arxiv.org/pdf/1812.10553.pdf>
3. Карті Кохонена як спосіб відновлення мультимедійної інформації [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://jre.cplire.ru/koi/oct10/3/text.html>

4. Kohonen Network [Електронний ресурс] - Режим доступу:

[http://www.scholarpedia.org/article/Kohonen\\_network](http://www.scholarpedia.org/article/Kohonen_network)

5. Відновлення зображень за допомогою нейромереж [Електронний ресурс] - Режим доступу:

<https://habr.com/ru/post/120473/>

**Солоний Максим Андрійович** – аспірант групи 122-21а, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: unreal9981@gmail.com

**Яровий Андрій Анатолійович** – д.т.н., професор, завідувач кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

**Solonyi Maksym A.** — Graduate Student, Department of Intelligent Information Technology and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : unreal9981@gmail.com

**Yarovi Andrii A.** — Doctor of Science (Eng.), Professor, Head of the Computer Science Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.