УДК 655.3:004.932

ПОЛІГРАФІЧНИЙ ЗАХИСТ ІГРОВИХ КАРТОК ІЗ ШІ-ВЕРИФІКАЦІЄЮ

[1]Даніїл КУЧЕРЕНКО, [2]Ірина ТАБАКОВА
[1]студент,кафедра МСТ, ХНУРЕ
[2]доцент, кафедра МТС, ХНУРЕ

Abstract. *The paper proposes a multi-level approach to protecting collectible trading cards against counterfeiting. Prepress techniques, including spot black channels, halftone structures, Copy Detection Patterns (CDP), and hidden microtextures, are examined. Convolutional neural networks for mobile authentication using smartphone images are also considered. The approach combines print-based security features with automated image analysis to detect potential unauthorized copying.*

Keywords: anti-counterfeiting, prepress, halftone rosette, Copy Detection Patterns, trading cards, convolutional neural networks, mobile authentication.

Стрімкий розвиток ринку колекційних карткових ігор супроводжується зростанням ризику виготовлення високоякісних підробок. Сучасні цифрові технології дають змогу відтворювати зовнішній вигляд оригінальної продукції, ускладнюючи її візуальну ідентифікацію. Водночас методи машинного навчання та комп'ютерного зору відкривають нові можливості для автоматизованої перевірки друкованих видань [1]. Це зумовлює потребу в розробленні доступних способів захисту колекційних карток, які поєднують технології додрукарської підготовки з мобільною верифікацією.

Одним із напрямів такого захисту є використання особливостей кольороподілу та растрування. В офсетному друці багатоколірних зображень застосовують растрові структури, взаємне розташування яких формує характерну поліграфічну розетку [2]. Її параметри залежать від лініатури, кутів повороту растрових сіток та особливостей друкарського процесу. Додатковим елементом захисту може бути використання окремого каналу спеціальної чорної фарби (Spot Black) для дрібних текстових елементів і контурних деталей. Під час сканування та повторного друку вихідна структура кольороподілу не зберігається повністю, а повторне растрування може спричиняти появу муару й спотворення дрібних деталей. Такі зміни доцільно розглядати як потенційні ознаки репринту, проте їх недостатньо для однозначного визначення підробки.

Іншим напрямом є аналіз мікрогеометричних характеристик друкованого відбитка. Відмінності у взаємодії фарби з матеріалом, формуванні растрових точок і відтворенні контурів можуть використовуватися для розмежування оригінальної продукції та копій [3]. Водночас на результати аналізу впливають характеристики паперу, режим друку, умови сканування та подальша обробка зображення. Тому для надійної верифікації необхідно враховувати сукупність характеристик відбитка, а не окремі візуальні ознаки.

Додатковий рівень захисту забезпечують спеціальні графічні структури Copy Detection Patterns (CDP), які інтегруються в дизайн картки. Їх ефективність пов'язана з можливістю виявлення змін, що виникають під час повторного сканування та друку. Такі перетворення можуть спричиняти втрату дрібних деталей і змінювати статистичні характеристики патерну. Дослідження

підтверджують можливість мобільної автентифікації CDP із використанням методів машинного навчання [4]. Але параметри патернів мають відповідати можливостям друкарського обладнання, щоб забезпечити належне відтворення оригінального елемента та його подальше розпізнавання.

Ще одним засобом захисту можуть бути приховані мікротекстури, сформовані за допомогою алгоритмів растрування з дифузією похибки. Такі структури можна інтегрувати у фонові ділянки або ілюстрації, де вони сприйматимуться як звичайні півтони. Під час копіювання просторовий розподіл мікроелементів може змінюватися через оптичне розмиття та розтискування фарби. Подібні принципи досліджуються в контексті текстурних методів захисту графічних кодів [5]. Проте ефективність їх застосування до колекційних карток потребує окремої експериментальної перевірки.

Для автоматизованої перевірки захисних елементів можна використовувати макрознімки, отримані камерою смартфона. Згорткові нейронні мережі здатні аналізувати характерні текстури, зміни растрової структури та мікрогеометричні відмінності. Точність класифікації залежатиме від якості зображення, освітлення, стану картки та репрезентативності навчальної вибірки. Практична реалізація такого підходу передбачає створення еталонних зображень і перевірку системи на оригінальних картках та різних типах копій. Це дасть змогу оцінити ефективність запропонованих методів і визначити умови їх практичного застосування.

Отже, поєднання технологій додрукарської підготовки з методами комп’ютерного зору може стати основою багаторівневого захисту колекційної карткової продукції. Використання окремих каналів спеціальних фарб, патернів CDP і прихованих мікротекстур у поєднанні з мобільною нейромережевою верифікацією створює можливості для виявлення ознак несанкціонованого копіювання без дорогого спеціалізованого обладнання.

Список літератури

1. Kulishova, N., & Sajek, D. (2025). Using machine learning and generative intelligence in book cover development. Journal of Imaging, 11(2), Article 46. https://doi.org/10.3390/jimaging11020046

2. Кулішова, Н. Є., Яценко, Л. О., & Ткаченко, В. П. (2024). Проєктування друкованих видань та технологій їхнього виготовлення. ХНУРЕ. https://doi.org/10.30837/978-966-659-365-1

3. Purnekar, N., Cancelli, G., Ferreira, A., & Barni, M. (2025). Source verification of printed logos for anti-counterfeiting applications. IEEE Access, 13, 148859–148877. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3601854

4. Taran, O., Tutt, J., Holotyak, T., Chaban, R., Bonev, S., & Voloshynovskiy, S. (2023). Mobile authentication of copy detection patterns. EURASIP Journal on Information Security, 2023(1), Article 4. https://doi.org/10.1186/s13635-023-00140-5

5. Wang, T., Zheng, H., You, C., & Ju, J. (2023). A texture-hidden anti-counterfeiting QR code and authentication method. Sensors, 23(2), Article 795. https://doi.org/10.3390/s23020795