

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ЦИФРОВИХ ВОДЯНИХ ЗНАКІВ У ЗОБРАЖЕННЯХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СТЕГОАНАЛІТИЧНИХ МЕТОДІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглядається проблема оцінювання стійкості цифрових водяних знаків у зображеннях в умовах їх обробки та передавання через мережеві сервіси. Запропоновано концепцію навчально-дослідницького веб-сервісу, призначеного для проведення стегоаналітичного аналізу ефективності алгоритмів цифрового водяного маркування. Сервіс передбачає можливість моделювання типових операцій обробки зображень, зокрема JPEG-уцілювання, а також автоматизоване обчислення кількісних метрик якості та стійкості водяного знака. Реалізація запропонованого підходу дозволить створити зручне середовище для експериментального дослідження алгоритмів цифрового водяного маркування та їх порівняльного аналізу.

Ключові слова: цифрові водяні знаки, стегоаналіз, інформаційна безпека, обробка зображень, JPEG-уцілювання, веб-сервіс, оцінювання стійкості.

Abstract

The paper addresses the problem of evaluating the robustness of digital watermarks in images under conditions of processing and transmission through network services. A concept of an educational research web service for steganalytical evaluation of digital watermarking algorithms is proposed. The service enables simulation of common image processing operations, including JPEG compression, and provides automated calculation of quantitative quality and robustness metrics. The implementation of the proposed approach will create a convenient environment for experimental analysis and comparative evaluation of digital watermarking methods.

Keywords: digital watermarking, steganalysis, information security, image processing, JPEG compression, web service, robustness evaluation.

Вступ

В умовах стрімкого зростання обсягів мультимедійного контенту та його активного поширення через соціальні мережі й мережеві сервіси проблема захисту авторських прав і цілісності цифрових зображень набуває особливої актуальності. Після розміщення зображення у відкритому доступі воно може зазнавати автоматичного стискання, масштабування та повторного збереження, що ускладнює контроль його використання та підтвердження авторства.

Одним із перспективних підходів до розв'язання зазначеної проблеми є застосування технологій цифрового водяного маркування, що передбачають вбудовування прихованої ідентифікаційної інформації безпосередньо у структуру зображення. Особливої уваги потребує забезпечення стійкості цифрового водяного знака до JPEG-уцілювання, яке є стандартним механізмом обробки зображень у більшості мережевих сервісів.

Результати дослідження

Цифрові зображення легко копіюються, модифікуються та повторно поширюються без відома автора, що ускладнює контроль їх походження та використання. У зв'язку з цим значна увага в сучасних дослідженнях приділяється методам захисту мультимедійної інформації, зокрема технологіям цифрового водяного маркування, які дозволяють вбудовувати приховану інформацію у зображення без помітного погіршення їх візуальної якості [1].

Цифрові водяні знаки широко використовуються для підтвердження авторства, контролю поширення цифрового контенту та виявлення фактів несанкціонованого модифікування зображень. Ефективність таких систем значною мірою залежить від здатності водяного знаку зберігатися після типових операцій обробки зображень, зокрема компресії, масштабування, фільтрації або зміни

формату файлу. Одним із найпоширеніших факторів спотворення водяного знака є JPEG-ущільнення, яке активно застосовується під час передавання зображень через веб-сервіси та соціальні мережі [2].

Для реалізації алгоритмів цифрового водяного маркування застосовуються різні підходи, серед яких виділяють методи просторової та частотної областей. Просторові алгоритми, зокрема методи на основі модифікації молодших бітів пікселів, відрізняються простотою реалізації та високою швидкістю роботи. Водночас вони можуть бути менш стійкими до компресії та інших перетворень зображення. Методи, що працюють у частотній області та використовують дискретне косинусне або хвильове перетворення, дозволяють підвищити стійкість водяного знака до типових атак, оскільки зміни виконуються у спектральних коефіцієнтах зображення [3].

Важливим напрямом сучасних досліджень є створення інструментів для аналізу ефективності алгоритмів цифрового водяного маркування. Такі системи дозволяють оцінювати вплив різних типів атак і перетворень на можливість відновлення водяного знака, а також порівнювати різні алгоритми за рівнем спотворення контейнерного зображення. Для кількісної оцінки якості найчастіше використовуються метрики пікового відношення сигнал/шум (PSNR), індекс структурної подібності (SSIM) та коефіцієнти кореляції між оригінальним і відновленим водяним знаком [4].

У рамках даної роботи пропонується розроблення навчально-дослідницького веб-сервісу, орієнтованого на використання стегоаналітичних інструментів для оцінювання стійкості цифрових водяних знаків у зображеннях. Основна увага приділяється аналізу здатності водяного знака зберігатися після застосування типових операцій обробки зображень, зокрема ущільнення, повторного збереження або передавання через мережеві сервіси. Передбачається, що сервіс надаватиме можливість завантажувати зображення, виконувати моделювання різних типів впливів на контейнерні дані та здійснювати автоматизований аналіз результатів із використанням кількісних метрик якості та стійкості. Реалізація такого веб-інструменту дозволить створити зручне середовище для дослідження ефективності алгоритмів цифрового водяного маркування та проведення їх порівняльного аналізу в умовах типових мережевих впливів.

У дослідженні також враховуються наукові підходи до підвищення стійкості цифрових водяних знаків у зображеннях, зокрема методи оптимізації параметрів вбудовування та аналізу якості контейнерного зображення. Такі підходи розглядаються у сучасних дослідженнях з цифрового маркування мультимедійних даних та можуть бути використані під час розроблення програмних засобів для експериментального аналізу алгоритмів водяного маркування [5].

Таким чином, розроблення програмних інструментів для дослідження алгоритмів цифрового водяного маркування та оцінювання їх стійкості до різних типів атак є актуальним завданням сучасної інформаційної безпеки. Створення навчально-дослідницького веб-сервісу дозволить підвищити ефективність експериментальних досліджень у цій галузі та сприятиме розвитку методів захисту цифрового мультимедійного контенту.

Висновки

У роботі розглянуто підхід до дослідження стійкості цифрових водяних знаків у зображеннях із використанням стегоаналітичних методів. Обґрунтовано доцільність створення спеціалізованого веб-сервісу, який забезпечує зручне середовище для експериментального аналізу ефективності алгоритмів цифрового водяного маркування.

Запропонована концепція сервісу передбачає моделювання типових операцій обробки зображень, що можуть впливати на збереження водяного знака, а також використання кількісних метрик для оцінювання якості та стійкості вбудованої інформації. Це дозволяє проводити порівняльний аналіз різних алгоритмів водяного маркування та визначати їх ефективність у реальних умовах обробки зображень.

Реалізація такого веб-інструменту сприятиме розвитку досліджень у галузі цифрового водяного маркування, а також може бути використана в навчальному процесі для демонстрації принципів стегоаналізу та оцінювання стійкості методів захисту цифрових даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ingemar J. Cox, Matthew L. Miller, Jessica Fridrich. Digital Watermarking and Steganography. Science Direct. URL: <https://www.sciencedirect.com/book/monograph/9780123725851/digital-watermarking-and-steganography> (дата звернення: 01.03.2026).

2. Secure spread spectrum watermarking for multimedia. IEEE Xplore. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/650120> (дата звернення: 01.03.2026).
3. El Haziti M., Cherifi H. A Hybrid Robust Image Watermarking Method Based on DWT-DCT and SIFT for Copyright Protection. Journal of Imaging. URL: <https://www.mdpi.com/2313-433X/7/10/218> (дата звернення: 03.03.2026).
4. Image quality assessment: from error visibility to structural similarity. IEEE Xplore. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1284395> (дата звернення: 04.03.2026).
5. Карпинець В., Яремчук Ю. ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ЦИФРОВИХ ВОДЯНИХ ЗНАКІВ У ВЕКТОРНИХ ЗОБРАЖЕННЯХ ДО АТАКИ ВИЯВЛЕННЯ МІСЦЯ ЇХ РОЗТАШУВАННЯ. DSpace: ELAKPI: Репозитарій КПІ ім. Ігоря Сікорського. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/39f0b373-6cc1-48bc-95b0-4dc6abb12968/content> (дата звернення: 06.03.2026).

Пінчук Дар'я Олександрівна – студентка групи 1KITS-22б, Факультет менеджменту та інформаційної безпеки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: dashapinchukschool@gmail.com

Науковий керівник: **Карпинець Василь Васильович** – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри менеджменту та безпеки інформаційних систем, e-mail: karpinets@gmail.com

Pinchuk Daria O. – student of group 1KITS-22b, Faculty of Management and Information Security, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: dashapinchukschool@gmail.com

Supervisor: **Karpinets Vasyl V.** – Cand. Sc. (Eng.), Associated Professor, Head of the Chair of Management and Security of Information Systems, e-mail: karpinets@gmail.com