

## **ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**

доктора технічних наук, професора,

директора навчально-наукового інституту комп'ютерних систем

Національного Університету «Одеська політехніка»

Антощук Світлани Григорівни

на дисертаційну роботу **Бологової Наталії Миколаївни**

на тему

**«Модель, методи та інформаційна технологія автентифікації цифрових зображень у прикладних системах користувача»,**

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 126 – Інформаційні системи та технології,

галузь знань 12 – Інформаційні технології

### **Актуальність теми дисертації.**

Науково-технічний прогрес у галузі цифрового фотографування та відеозапису, технологій та засобів програмного редагування цифрових зображень створює широкі можливості до запозичення цифрових зображень та відео, маніпулювання їх змістом. Це призводить до того, що біля 85 % зображень, розміщених в інтернеті, використовуються без згоди й отримання прав на їх використання у власника фотографій. Тому необхідність захисту авторських прав на цифровий контент є важливою науково-практичною задачею для прикладних систем в різних сферах діяльності людини, особливо там, де порушення прав та маніпуляція змістом цифрових зображень призводить до виникнення суттєвих проблем.

Виходячи з вищезазначеного, я вважаю, що дисертаційна робота Бологової Наталії Миколаївни, яка присвячена підвищенню ефективності інформаційних технологій підтвердження права власності на основі розробки відповідних моделей та методів, є актуальною.

### **Оцінка обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.**

При вирішенні поставлених у дисертаційній роботі задач, створенні наукових положень, висновків та рекомендацій здобувачем застосовані дані, які одержані з літературних джерел, та використані відомі методи системного аналізу та теорії множин для опису моделі автентифікації цифрових зображень, стеганографічні методи при реалізації приховування факту використання цифрового підпису зображення, методи математичного та імітаційного моделювання при апробації запропонованих рішень. Вважаю, що створенні наукові положення, висновки та рекомендації можна вважати достатньо обґрунтованими.

Крім того, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується результатами моделювань та практичними результатами, які підтверджуються наведеними довідками.

### **Достовірність наукових положень, рекомендацій та висновків.**

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, отриманих у дисертації, підтверджена результатами теоретичних та експериментальних досліджень, коректним застосуванням математичного апарату, сучасних методів моделювання, а також впровадженням запропонованої моделі перевірки справжності цифрового зображення із високим ступенем захисту від спотворень та підробки.

**Наукова новизна висновків, положень та рекомендацій, викладених в дисертації.** Дисертаційна робота вирішує актуальну науково-практичну задачу підвищенню ефективності інформаційних технологій підтвердження права власності на основі розробки відповідних моделей та методів. Можна погодитись, що вона містить раніше незахищені наукові положення та отримані автором нові науково обґрунтовані результати. А саме:

- вперше запропоновано комплексний критерій оцінки ефективності методів вбудови цифрових водяних знаків на зображеннях з урахуванням ключових характеристик та визначенням вагових коефіцієнтів, що дозволяє провести

комплексну оцінку ефективності методу нанесення цифрових водяних знаків;

- вдосконалено метод надійної перевірки справжності цифрового зображення з високим ступенем захисту за рахунок застосування як ЦВЗ завадових кодів та приховування ЦВЗ не в усьому зображенні, а в його фрагменті, який найбільше підходить для приховування;

- вдосконалено метод псевдогологографічного кодування цифрових водяних знаків за рахунок врахування ключових показників для підвищення стійкості стегосистеми при протидії усім типам атак, що розглядалися, окрім повороту зображення;

- отримали подальшого розвитку методи генерації ЦВЗ для цифрових зображень, які є ефективними для забезпечення стійкості ЦВЗ до локальних спотворень, а саме розроблено методи генерації ЦВЗ на основі хаотичних карт та додаткової фільтрації цифрового водяного знаку.

### **Практичне значення отриманих результатів полягає в такому:**

Розроблено функціональний алгоритм вбудови цифрових водяних знаків в цифрові зображення, оснований на псевдогологографічному кодуванні та додатковій фільтрації цифрового водяного знаку, що дозволяє протидіяти різним типам атак.

Розроблено алгоритм надійної перевірки справжності цифрового зображення з високим ступенем захисту, що дозволяє сховати ЦВЗ в його фрагменті.

Удосконалено інформаційну технологію підтвердження права власності на цифрові зображення, що ґрунтується на технології блокчейн та цифрових водяних знаках для забезпечення надійної гарантії встановлення авторських прав.

Результати дисертаційного дослідження були впроваджені в ТОВ «ОБОРОННІ ТЕХНОЛОГІЇ», м.Київ та в освітній процес Харківського національного університету радіоелектроніки.

Таким чином, результати виконання роботи можуть бути використанні для надійної перевірки справжності цифрового зображення з високим ступенем захисту від спотворення та підробки при захисту інтелектуальних творів в медіа просторі та в освітньому процесі.

**Повнота викладу в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації, відсутність порушень академічної доброчесності.** Основні положення і практичні результати дисертаційної роботи доповідалися та одержали схвалення на таких конференціях:

- шостій міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми інформатизації» (Черкаси, Баку, Бельско-Бяла, Харків – 2018);
- восьмій міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми інформатизації» (Черкаси, Баку, Бельско-Бяла, Харків – 2020);
- XX міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології і безпека» (Київ. – 2020 р.).
- десятій міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління» (Баку, Харків, Жиліна, 2021 р).
- Fourth International Scientific and Technical Conference on COMPUTER AND INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES (Харків, 2020 р).
- 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies – DESSERT (Київ, 2018).

Основні результати дисертаційної роботи викладено в 14 публікаціях з них: 7 статей: 6 статей у фахових періодичних виданнях України з технічних наук, з яких 2 – категорії А (індексується в Scopus); 4 – категорії Б, 1 стаття у інших виданнях (Індія), 7 публікацій у працях і матеріалах наукових конференцій.

Таким чином, дотримано вимоги Постанови КМУ від 12 січня 2022 р. № 44 «Порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» до кількості публікацій виконано.

Публікація автором результатів досліджень у рецензованих виданнях, які передбачають попередню перевірку матеріалів на відсутність запозичень, є одним із елементів підтвердження відсутності порушень академічної доброчесності. В цілому у дисертаційній роботі порушень академічної доброчесності не виявлено.

### **Аналіз форми та змісту дисертаційної роботи.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Бологової Наталії Миколаївни повністю відповідає Стандарту освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», галузі знань 12 «Інформаційні технології» та напрямкам досліджень відповідно до третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти «Інформаційні системи та технології».

Робота написана на хорошому мовно-стилістичному рівні.

У *вступі* показана актуальність вирішення задачі забезпечення авторського права та підтвердження автентичності цифрових зображень. Визначено об'єкт, предмет, задачі та методи дослідження; наведено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів; висвітлено особистий внесок здобувача.

В *першому розділі* проведено аналіз сучасного стану у сфері захисту авторських прав на цифровий контент. Проведений порівняльний аналіз методів захисту авторських прав дозволив виявити їх переваги та недоліки. Здійснено огляд та аналіз водяних знаків як засобу охорони авторського права. Проаналізовано різні класи цифрових водяних знаків, які залежать від характеристик та способу їх детектування. Проаналізовано атаки на водяні знаки, проведено аналіз та виділено різні надійні підходи для нанесення водяних знаків для захисту конфіденційної інформації в різних сферах застосування.

За результатами проведеного аналізу сформульовано мету та завдання досліджень.

В *другому розділі* запропоновано модель автентифікації цифрових зображень та розроблено комплексний критерій оцінки ефективності методів нанесення цифрових водяних знаків.

Комплексний критерій оцінки ефективності методів вбудови цифрових водяних знаків на зображеннях, якій враховує ключові характеристики та їхні вагові коефіцієнти.

Модель перевірки автентичності цифрового зображення розглянуто як стеганографічну систему, у якій передається інтегрований зашифрований

ідентифікатор в область зображення, яке є цифровим водяним знаком. Досліджено особливості функціональної моделі перевірки автентичності цифрового зображення.

В *третьому розділі* удосконалено метод нанесення цифрового водяного знаку.

Розроблена функціональна модель процесу забезпечення підвищення стійкості методів вбудови цифрових водяних знаків у цифрові зображення основана на псевдоголографічному кодуванні та додатковій фільтрації цифрового водяного знаку. Проведено аналіз хаотичних карт на предмет забезпечення стійкості ЦВЗ, який показав, що використання хаотичних карт для перемішування біт пікселів або самих пікселів на зображенні можуть забезпечити захищеність та стійкість до спотворень.

Представлено показник оцінки стійкості методів нанесення цифрових водяних знаків, який враховує всі типи атак і дозволяє провести комплексну оцінку стійкості методу вбудови цифрових водяних знаків.

Проведені відповідні дослідження.

В *четвертому розділі* розроблено інформаційну технологію підтвердження права власності на цифрові зображення. Така технологія може бути використана в різних сферах, де необхідно підтвердження права власності на цифрові зображення для забезпечення надійної гарантії встановлення авторських прав..

У *висновках* сформульовано основні результати дисертаційної роботи.

У *додатках* представлено довідки впровадження, список публікацій здобувача та код програмної реалізації псевдоголографічного кодування.

Анотація дисертації коректно відображає основні положення дисертації.

### **Зауваження до дисертаційної роботи.**

В цілому дисертація і анотація до неї оформлені з дотриманням нормативних документів на оформлення результатів науково-дослідних робіт. Однак необхідно зауважити наступне:

1) Автор пише в анотації, що у роботі запропоновано інформаційну технологію підтвердження права власності на цифрові зображення, яка використовує цифрові водяні знаки, блокчейн, хеш-функції для зображення і IPFS, але в дисертації ніде не розшифровується загадкова аббревіатура IPFS.

2) Перший розділ перевантажений, містить історичні відомості, відомості щодо формування зображень (наприклад, розділ 1.2), що не стосується завдань, які поставлені у дисертації.

3) П'ятий пункт наукової новизни продубльовано як практичне значення роботи. Вважаю, що цей здобуток автора, а саме удосконалення інформаційної технології підтвердження права власності на цифрові зображення, доцільно віднести до практичного значення роботи.

4) У виразі (2.1) автор пропонує одним з доданків використовувати сума помилки першого та другого роду при вилученні ЦВЗ з контейнера, це є не зовсім коректним, оскільки помилки першого та другого роду є незалежними величинами і використовувати їх в сумі не можна.

5) В тому ж виразі п'ятим доданком є кількість вбудованих ЦВЗ, але доданки з першого по четвертий належать до інтервалу  $(0,1)$ , а кількість вбудованих ЦВЗ очевидно більше одиниці, отже цей доданок завжди переважить вплив всіх інших.

6) Інформаційна технологія підтвердження права власності на цифрові зображення викладена недостатньо чітко.

7) В тексті розглянутої роботи присутні недбалості, стилістичні та граматичні огріхи. Наприклад;

- на сторінці 77: в тексті міститься посилання на вираз (2.6), який очевидно є (2.4);

- вираз (2.6), оцінює надійність методу ЦВЗ, але пояснень змінних немає;

- на рисунку 1 (сторінка 71) наведено методи для підвищення надійності методів нанесення водяних знаків, але немає жодних пояснень;

- з рисунків 3.7-3.9 і 3.14, 3.19, 3.35 не зрозуміло, який же порядок має кількість помилок – від 4 до 10, чи порядок  $10^4$ ; тощо.

**Загальні висновки та оцінка дисертації.** Перелічені зауваження не є принциповими і такими, що піддають сумніву результати дослідження та ніяким чином не зменшують наукову і практичну цінність роботи та позитивне враження від впровадження її результатів.

Дисертаційна робота, яка представлена на відгук, є закінченою кваліфікаційною науковою працею, яка містить раніше не захищені наукові положення і одержані автором нові науково обґрунтовані результати.

В підсумку, з оглядом на актуальність проблеми, вклад автора в розвиток інформаційних технологій автентифікації цифрових зображень, рівень виконаних досліджень та результати практичного впровадження, вважаю, що дисертаційна робота «Модель, методи та інформаційна технологія автентифікації цифрових зображень у прикладних системах користувача» відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її авторка Бологова Наталія Миколаївна заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю – 126 – Інформаційні системи та технології, галузь знань – 12 Інформаційні технології.

Офіційний опонент,

доктор технічних наук,  
професор,  
директор навчально-  
наукового інституту  
комп'ютерних систем  
Національного Університету  
«Одеська політехніка»

Світлана АНТОЩУК