

## **РЕЦЕНЗІЯ**

**рецензента Авруніна Олега Григоровича д.т.н., професора, завідувача кафедри  
біомедичної інженерії**

**Харківського національного університету радіоелектроніки**

**на дисертаційну роботу Бологової Наталії Миколаївни за темою:**

**«Модель, методи та інформаційна технологія автентифікації цифрових зображень у  
прикладних системах користувача», що представлена на здобуття наукового ступеня  
доктора філософії за спеціальністю 126 – Інформаційні системи та технології,  
галузь знань 12 – Інформаційні технології**

### **1. Актуальність та обґрунтування вибору теми дослідження.**

За останні роки спостерігається значне збільшення трафіку через різні мережі та канали. Розвиток нових технологій, значне зростання обсягів даних і тотальне споживання контенту в цифровому середовищі змінюють екосистему сучасних медіа. Проте, виникають питання інформаційної безпеки, що привертають велику увагу. Інтернет – це вільна зона, де легко можна відкрити, скопіювати та тиражувати будь-яку відкриту інформацію, навіть не замислюючись про авторських прав власників контенту.

Причому, майже до всіх дописів в інтернеті додається візуальний матеріал. Але, розміщені в мережі ілюстрації та фотоматеріали використовуються без ліцензій та відома самих авторів. Тому виникає потенційна можливість незаконного використання цифрових зображень. Це є дуже актуальною задачею при створенні власних інтернет-ресурсів, зокрема відкритих освітніх ресурсів OER, які пропонуються у країнах Європейського Союзу.

Отже, вважаю, що дисертаційна робота Бологової Н.М., що присвячена розробці інформаційної технології підтвердження права власності на цифрові зображення, яка використовує сучасні тенденції в галузі цифрових водяних знаків та блокчейну для створення нової децентралізованої технології підтвердження права власності на цифрові зображення., виконана на дуже сучасну та актуальну тему.

### **2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому та оформлення.**

Дисертація має наступну структуру: вступ, 4 розділи, висновки, список використаних джерел, додатки.

У першому розділі. Проведено системний аналіз проблеми й особливості задач забезпечення авторського права та підтвердження автентичності цифрових зображень.

Визначено, що існують методи основних засобів захисту авторських прав на твори, які розміщені в Інтернеті: обмежена функціональність, часова обмеженість, захист від копіювання, криптографічні конверти. Вони сприяють уникненню порушення авторських прав та застосовуються для контролю щодо використання цих творів іншими відвідувачами мережі. Проведений авторкою порівняльний аналіз методів дозволив виявити їх переваги та недоліки. Захист відбувається на етапі після виявлення порушення, автори та їх правонаступники можуть використовувати певні технічні та правові засоби, до яких належать агент, стенографія, судове переслідування. Здійснено огляд та аналіз технології блокчейн та токenu як засобу охорони авторського права. Здійснено огляд та аналіз водяних знаків в якості засобу охорони авторського права. Проаналізовано три різні класи цифрових водяних знаків, які залежать від характеристик та способу їх детектування. Також проаналізовано атаки на водяні знаки, проведено аналіз та виділено різні надійні підходи для нанесення водяних знаків для захисту конфіденційної інформації в різних сферах застосування.

У другому розділі представлено, класифіковано та порівняно різні алгоритми, які забезпечують сувору та часткову автентифікації. Порівняння ґрунтуються на різних критеріях, таких як виявлення, локалізація, відновлення. Розглянуто автентифікацію зображення за допомогою цифрових підписів на основі вмісту зображення. Останні дослідження у сфері автентифікації зображення були зосереджені на цифрових підписах, нанесених на вміст зображення, ці підходи пропонують високу продуктивність. Досліджено особливості функціональної моделі перевірки автентичності цифрового зображення. Модель перевірки автентичності цифрового зображення може розглядатися як стеганографічна система, у якій передається інтегрований зашифрований ідентифікатор в область зображення, яке є цифровим водяним знаком (ЦВЗ). Розроблено комплексний критерій оцінки ефективності методів нанесення цифрових водяних знаків.

У третьому розділі розроблена функціональна модель процесу забезпечення підвищення стійкості методів вбудови цифрових водяних знаків у цифрові зображення оснований на псевдоголографічному кодуванні та додатковій фільтрації цифрового водяного знака. Описаний у роботі метод псевдоголографічного кодування цифрових водяних знаків є ефективним для протидії усім типам атак, що розглядалися, окрім повороту зображення. 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. Розрахунки коефіцієнта кореляції сусідніх пікселів при використанні хаотичних карт свідчать про їх ефективність. Оскільки зображення мають високу

надмірність інформації, бажано мати алгоритм, який порушить її. Розроблено методи генерації ЦВЗ на основі хаотичних карт та додатковій фільтрації цифрового водяного знаку. Описані у роботі методи є ефективними для забезпечення стійкості ЦВЗ до локальних спотворень. Як показали дослідження, при 60 % спотворення зображення можливо відновити 90 % ЦВЗ. Проведено експериментальне дослідження щодо запропонованих методів. Гістограми ЦВЗ показали, що обидва методи забезпечують генерацію ЦВЗ випадкової незрозумілої форми. Але метод, заснований на комбінації карт кота Арнольда на карт Генона, має помітні піки на відміну від метода, який заснований на перемішуванні пікселів та їх біт лише за допомогою карт кота Арнольда. Це свідчить про те, що метод, заснований тільки на картах кота Арнольда, має більш хаотичний характер.

Четвертий розділ присвячений інформаційній технології та інформаційній системі підтвердження права власності на цифрові зображення. Беручи до уваги сучасні тренди та результати застосування блокчейн для захисту авторських прав, запропоновано інформаційну технологію підтвердження права власності на цифрові зображення, що ґрунтується на технології блокчейн та цифрових водяних знаках для забезпечення надійної гарантії встановлення авторських прав. Технологія блокчейн володіє такими характеристиками, як децентралізація, захист від підробки та шифрування, розширюваність та гнучкість, що дозволяє ефективно вирішити питання реєстрації та підтвердження цифрового авторського права, також було запропоновано використовувати блокчейн, хеш-функції для зображення і IPFS для створення нової децентралізованої технології підтвердження права власності в цифрову епоху Інтернету.

Вважаю, що дисертація є завершеною науковою працею, а її оформлення відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», який затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44) та «Вимогам до оформлення дисертації», які затверджено Наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 № 40.

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

Дисертаційна робота виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт Харківського національного університету радіоелектроніки в рамках держбюджетної НДР «Дослідження сучасних методів криптографічного захисту для застосування у постквантовий період» (№ ДР 0120U100109), затверджених Міністерством освіти і науки України. Авторка брала в них участь, як безпосередній виконавець.

#### **4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації.**

Достовірність та обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій у роботі забезпечено ефективним використанням методів нанесення цифрових водяних знаків на зображення та представлено сучасні підходи до їх реалізації. Достовірність отриманих результатів обґрунтовується шляхом: використання відомих та апробованих підходів (автором використані вже відомі та випробувані методи нанесення водяних знаків). Отримані в роботі результати дослідження враховують основні фактори та нові методики, що використовуються потенційними авторами для створення надійної системи нанесення ЦВЗ на цифрові зображення, добре співпадають з відомими в літературі. Це підтверджує вірогідність та адекватність застосованих методів.

Отримані у дисертації наукові результати були представлені та обговорені на семи міжнародних наукових конференціях.

#### **5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна.**

Матеріали дисертації доситьповно викладено у 14 наукових працях автора за темою дисертації, зокрема 7 статей, з них – 6 статей у фахових періодичних виданнях України з технічних наук, з яких 2 – категорії А (індексується в Scopus); 4 – категорії Б, 1 стаття у закордонному виданні (Індія), наявними є 7 тез доповідей у матеріалах міжнародних наукових конференцій.

Здобувач на основі своїх досліджень отримав наступні нові наукові результати.

1. Вперше запропоновано комплексний критерій оцінки ефективності методів вбудови цифрових водяних знаків на зображення, який побудований з урахуванням ключових характеристик та визначенням вагових коефіцієнтів, дозволяє провести комплексну оцінку ефективності методу нанесення цифрових водяних знаків.

2. Вдосконалено метод надійної перевірки справжності цифрового зображення з високим ступенем захисту. Надійність досягається за рахунок того, що ЦВЗ ховається не в усьому зображенні, а в його фрагменті, який найбільше підходить для приховування зображення, а також застосування як ЦВЗ завадових кодів.

3. Вдосконалено метод підвищення стійкості стегосистеми за рахунок врахування ключових показників. Описаний у роботі метод псевдоголографічного кодування цифрових водяних знаків є ефективним для протидії усім типам атак, що розглядалися, окрім повороту зображення.

4. Отримали подальшого розвитку методи генерації ЦВЗ для цифрових зображень, а саме розроблено методи генерації ЦВЗ на основі хаотичних карт та додаткової

фільтрації цифрового водяного знаку. Описані у роботі методи є ефективними для забезпечення стійкості ЦВЗ до локальних спотворень. Як показали дослідження, при 60 % спотворення зображення можливо відновити 90 % ЦВЗ.

5. 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.

## **6. Практичне значення одержаних результатів**

Одержані в дисертації результати можуть бути використані в якості передачі інформації за допомогою цифрового зображення з високим ступенем захисту від спотворення та підробки, які доказали стійкість даної конструкції до геометричних і не геометричних атак (ТОВ «ОБОРОННІ ТЕХНОЛОГІЇ», м.Київ).

Результати досліджень дисертаційної роботи використано в освітньому процесі Харківського національного університету радіоелектроніки (відповідні акти впровадження містяться у додатку Г, Д).

## **7. Дотримання академічної доброчесності.**

За результатами аналізу дисертації та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено.

## **8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.**

Дисертація є достатньо вагомою науковою працею, спрямована на розв'язання актуальних прикладних задач, але не позбавлена деяких недоліків. Серед недоліків слід відзначити наступне.

1. У першому розділі незрозуміла пряма залежність результатів аналізу від формату JPEG. Потрібно було вказати чи актуально це для інших форматів.

2. У другому розділі некоректний опис формули 2.11., не «околиця», а «окіл», не «безліч», а «множина».

3. У різних частинах роботи по різному написано слово «інтернет» та «Інтернет».

4. У третьому розділі результати експериментального дослідження 3.3 та рис. 3.7-3.9 потребують додаткових пояснень у тексті.

5. У третьому розділі відсутній опис результатів табл. 3.1, звідки взяли дані невідомо.

6. Висновки не носять характеру рекомендацій, а лише констатують виконану роботу.

Проте, на мою думку, зроблені зауваження жодним чином не впливають на високу

оцінку дисертації та наукової кваліфікації її автора.

### 9. Загальні висновки щодо дисертації.

Вважаю, що дисертаційна робота Бологової Наталії Миколаївни на тему: «Модель, методи та інформаційна технологія автентифікації цифрових зображень у прикладних системах користувача», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 126 – Інформаційні системи та технології, галузь знань 12 – Інформаційні технології, являє собою завершене дослідження, виконана на належному рівні з логічно та доступно викладеним матеріалом.

В дисертації розв'язано важливу науково-технічну задачу, що полягає в розробленні сучасного й ефективного захисту права власності на цифровий контент, у даному випадку цифрове зображення за рахунок автентифікації зображення та надійної перевірки справжності цифрового зображення з високим ступенем захисту від спотворення та підробки.

Здобувач Бологова Наталія Миколаївна заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 126 – Інформаційні системи та технології, галузь знань 12 – Інформаційні технології.

Рецензент:

д.т.н., професор, завідувач, кафедри біомедичної інженерії  
Харківського національного університету радіоелектроніки

 Олег АВРУНІН

Підпис Олега АВРУНІНА засвідчую  
Учений секретар



 Ігор МАГДАЛІНА