

І. В. Рубан, Н. М. Бологова, В. О. Мартовицький

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДТВЕРДЖЕННЯ ПРАВА ВЛАСНОСТІ НА ЦИФРОВІ ЗОБРАЖЕННЯ

**Анотація.** У сучасному світі зображення стає потужнішим засобом спілкування. В епоху діджиталізації люди мають змогу виражати свої думки, почуття та інше у вигляді зображень. Головна складність автора завжди полягає у тому, яким чином довести своє авторство. Тому актуальним є розробка новітніх технологій підтвердження авторства на цифрові зображення. Об'єктом дослідження є процес підтвердження автентичності цифрового зображення. Предметом дослідження є інформаційна технологія підтвердження авторства на цифрові зображення, яка використовує цифрові водяні знаки, блокчейн, геш-функції для зображення і IPFS для створення абсолютно нової децентралізованої технології підтвердження права власності у цифрову епоху Інтернету. Що стосується типів файлів, у цій статті згадується лише управління авторськими правами на цифрові зображення. У майбутньому технологію можна буде розширити на аудіо, відео та інші типи мультимедійних файлів, щоб сформувати єдину систему для підтвердження права власності на будь-який цифровий контент.

**Ключові слова:** автентифікація; цифровий водяний знак; захист права власності; інформаційна технологія; зображення; блокчейн.

### Вступ

У сучасному світі зображення стає потужнішим засобом спілкування. В епоху діджиталізації люди мають змогу виражати свої думки, почуття та інше у вигляді зображень. Презентації, слайд-шоу тощо документуються у вигляді електронних копій.

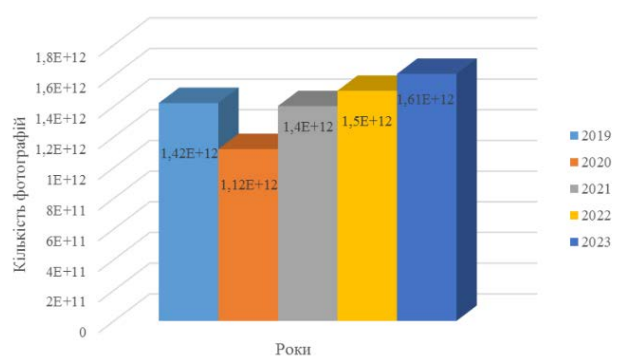
Багато користувачів публікують в інтернеті свої фотографії, у соціальних мережах, в особистих блогах, на корпоративних сайтах, фотобанках, надсилають електронною поштою тощо. Щодня записуються мільярди фотографій та відео. Більшість з них призначені для спільного використання в соціальних мережах і збереження пам'яті, але все більше використовуються нові застосування, такі як доповнена реальність і штучний інтелект.

Згідно звіту Keypoint Intelligence у 2020 році населення світу зробило 1,44 трильйона фотографій [1].

У червні 2021 року консалтингова фірма Rise Above Research, що займається дослідженнями ринку для індустрії цифрових зображень, оцінила, що глобальна цифра зроблених фотографій у 2020 році становить лише 1,12 трильйона [2]. Rise Above Research також прогнозує на кілька років уперед рис. 1 [2], при цьому в 2023 році загальна кількість фотографій може перевищити 1,6 трильйона фотографій.

Цифрові зображення захищені законом про авторське право, як і будь-які інші оригінальні роботи. Авторські права на зображення належать автору з моменту їх створення, якщо він не працює за наймом в агентстві або на іншого роботодавця. І тут авторські права належать агентству чи роботодавцю. Захист авторських прав дає можливість правовласнику визначити, хто копіює, розповсюджує або адаптує зображення для подальшого використання. Єдиний спосіб легального використання зображення, захищеного авторським правом, це отримання ліцензії або доручення правовласника. Головна складність фотографа завжди полягає у тому, яким чином довести своє авторство. Сучасні цифрові камери, навіть дешеві, при певних налаштуваннях відразу вводять дані про влас-

ника фото, але це ще не вихід. Бо до публікації в інтернеті фото зазвичай обробляється у різних редакторах.



**Рис. 1.** Кількість зроблених фотографій у світі (Fig. 1. The number of photos taken in the world)

Тому актуальним є розробка новітніх технологій підтвердження авторства на цифрові зображення.

### Аналіз сучасного стану в сфері технологій захисту авторських прав на зображення

Реєстрація авторських прав не впливає на факт їх виникнення, оскільки авторські права виникають з моменту створення твору. Проте, ця процедура дозволяє додатково зафіксувати факт створення твору, особу автора та передати державі копію твору для публічного зберігання. У деяких юрисдикціях, наприклад в США, реєстрація авторських прав впливає на обсяг процесуальних прав позивача при захисті авторських прав у суді. Порядок державної реєстрації авторського права визначений в Законах України «Про авторське право і суміжні права» [3] та «Порядку державної реєстрації авторського права і договорів» [4]. Реєстрація здійснюється за допомогою національного органу інтелектуальної власності - державної організації, що входить до державної системи правової охорони інтелектуальної власності, та визначена Кабінетом Міністрів України і має право представляти Україну в міжнародних та регіональних організаціях.

Але порядок державної реєстрації авторського права на зображення, визначений в Законах України, має ряд недоліків, таких як тривалий процес перевірки авторства, відсутність предметної перевірки, складність доказу, висока вартість, централізоване зберігання та інші. Для подолання цих недоліків в статті пропонується технологія підтвердження авторського права заснована на сучасній концепції блокчейн.

Ідея технології блокчейн була описана ще в 1991 році, коли вчені-дослідники Стюарт Хабер та У. Скотт Шторнетта впровадили обчислювально-практичне рішення для цифрових документів зі штампом часу, щоб вони не могли бути оформлені заднім числом або підробитися.

Система використовувала криптографічно закріплені ланцюжок блоків для зберігання документів з позначкою часу. Однак ця технологія не використовувалася, і патент втратив чинність у 2004 році.

У 2004 році вчений у галузі комп'ютерних технологій та криптографічний активіст Хел Фінні представив систему під назвою Reusable Proof Of Work (RPOW). Система працювала, отримавши незмінний або не-взаємозамінний Hashcash токен, заснований на proof of work і підписаний RSA, який потім міг бути переданий від людини до людини.

RPOW вирішив проблему подвійного використання, зберігши право власності на токени, зареєстровані на довіреному сервері, який був розроблений, щоб дозволити користувачам у всьому світі перевірити його правильність та цілісність у режимі реального часу.

На сьогоднішній день сфера використання блокчейн дуже широка від фінансової сфери до програм військового призначення. Також блокчейн знайшов своє використання сфері захисту інтелектуальної власності.

Так автори статті [5] пропонують заснований на технології блокчейну та алгоритмі вилучення локальних ознак SIFT підхід до реалізації системи цифрового авторського права зображень нового покоління. Алгоритм SIFT використовується для отримання інваріантних характеристик зображення, таких як кут огляду, яскравість, поворот та інші, які складають локальний набір векторів ознак зображення, і ці набори локальних векторів ознак вважаються єдиною основою авторського права для зображення. Однак недоліком такого підходу є те, що алгоритм SIFT опирається на побудову ключових точок і, якщо зловмисник захоче підробити зображення, то йому достатньо буде направити вектор атаки на модифікацію цих ключових точок. Але алгоритм SIFT можна використовувати для пошуку дублікатів в системі, оскільки алгоритм SIFT може вирішити певною мірою інваріантність наступних операцій:

- обертання,
- масштабування (RST);
- афінність зображення / перетворення проєкції (кут огляду);
- освітлення;
- цільова оклюзія;
- хаотичність;
- шум.

В статті [6] представлено підхід до захисту інтелектуальної власності в процесі 3D-друку за допомогою технології блокчейн. В роботі описується використання управління цифровими правами як ключової технології для успішного переходу до методів адитивного виробництва, ключа для її комерційного впровадження та запобігання крадіжці інтелектуальної власності.

За допомогою такого підходу можливо ідентифікувати на якому етапі відбулася крадіжка інтелектуальної власності. На сьогодні даний підхід розробляють в рамках платформи безпечного адитивного виробництва SAMPL.

Беручи до уваги сучасні тренди та результати застосування блокчейн для захисту авторських прав [5-6] в даній роботі пропонується інформаційна технологія підтвердження права власності на цифрові зображення, що ґрунтується на технології блокчейн та цифрових водяних знаках для забезпечення надійної гарантії встановлення авторських прав.

### **Опис інформаційної технології підтвердження права власності на цифрові зображення**

Відповідно до моделі автентифікації цифрових зображень, яка детально представлена в роботі [7], пропонується наступна загальна схема інформаційної технології підтвердження права власності на цифрові зображення, рис. 2.

Процес підтвердження права власності на цифрове зображення пропонується проводити за етапами, які представлені на рис. 3.

З рис. 3 можемо виділити основні процеси, які забезпечують роботу технології підтвердження права власності на цифрове зображення:

1) реєстрація користувачів відповідними органами та компаніями, які відповідають за реєстрацію права власності. За результатами цього користувач отримує права на внесення своїх зображень в систему та згідно з технологією блокчейн смарт-контракт, який буде його ідентифікатором в системі та дозволить здійснювати передачу авторських прав на зображення;

2) перевірка зображення на наявність цифрового водяного знаку та пошук дублікату зображення. Цей процес забезпечує захист від можливих повторних підписів захищених зображень та пошук дублікатів зображень для уникнення різного роду колізій;

3) генерація цифрового водяного знаку. Даний процес на основі даних користувача (смарт-контракт користувача), вхідного зображення створює смарт-контракт зображення та формування на його основі цифрового водяного знаку. Смарт-контракт зображення містить інформацію про зображення, про правовласника та час внесення в систему. За допомогою цього смарт-контракту відповідно до блокчейн технології відбувається підтвердження права власності та можливість його передачі в комерційних цілях;

4) нанесення цифрового підпису на зображення. Даний процес на основі згенерованого ЦВЗ наносить підпис цифрового зображення та видає користувачеві захищену копію зображення. Також даний процес

після підпису зображення забезпечує збереження оригіналу зображення у розподіленій системі зберігання даних IPFS та внесення інформації про захищене зображення до блокчейн сховища;

5) перевірка автентичності зображення. Даний процес забезпечує локалізацію та вилучення цифрового водяного знаку з зображення, після чого перевіряє автентичність смарт-контракт зображення відповідно до технології блокчейн, цим самим забезпечуючи достовірність права власності на цифрове зображення;

Для реалізації даної технології була розроблена архітектура системи підтвердження права власності на цифрове зображення, яка представлена на рис. 4.



Рис. 2. Загальна схема інформаційної технології підтвердження права власності на цифрові зображення (Fig. 2. General scheme of information technology confirmation of ownership on digital images)

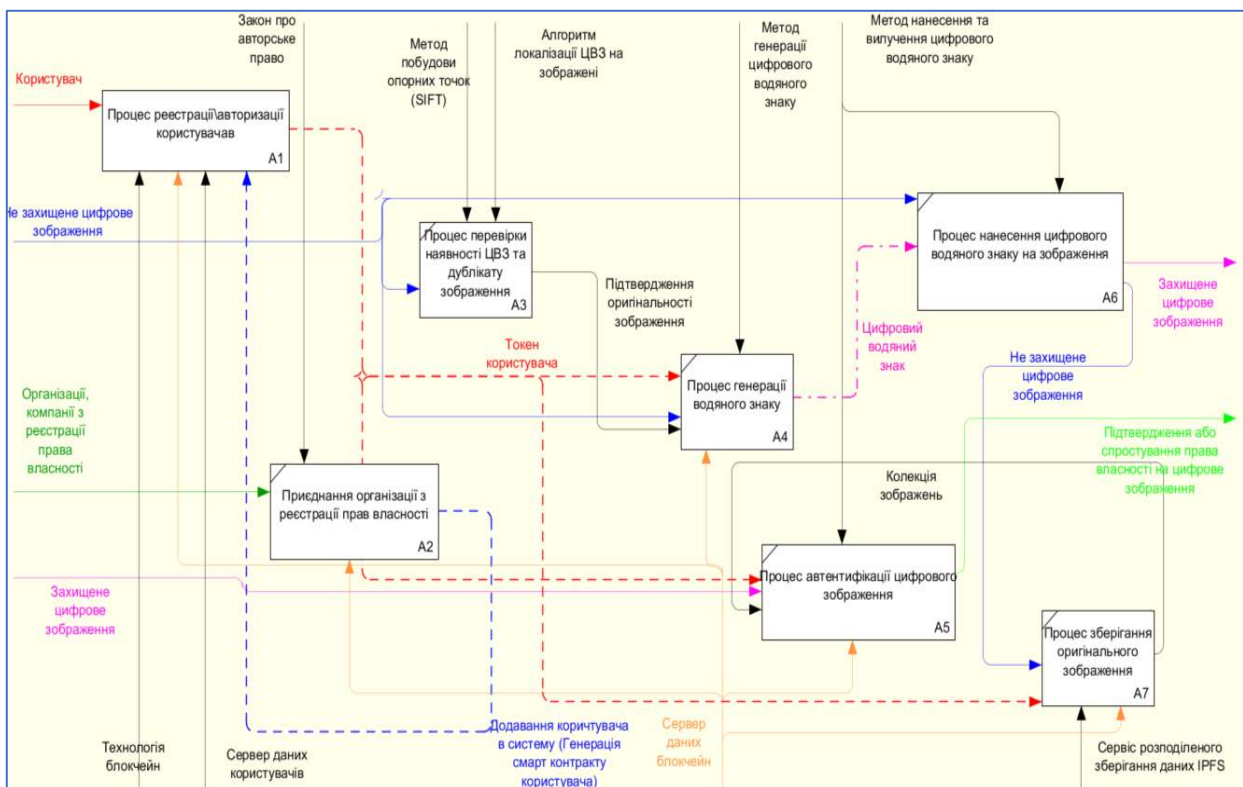


Рис. 3. Етапи процесу підтвердження права власності на цифрове зображення (Fig. 3. Stages of confirming process of the ownership on a digital image)

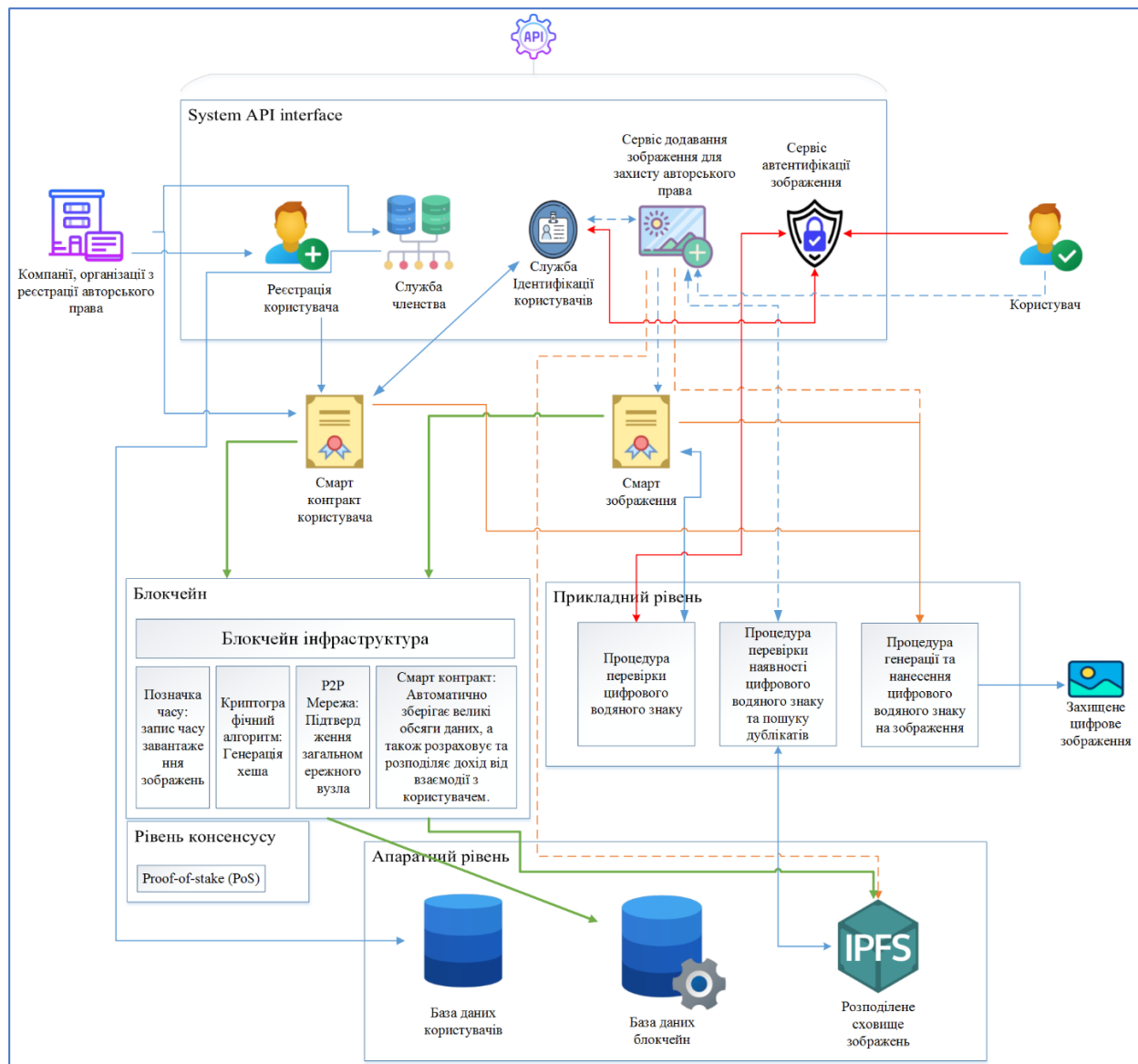


Рис. 4. Процес підтвердження права власності на цифрове зображення  
(Fig. 4. The process of confirming ownership of a digital image)

На рис. 4 показаний процес підтвердження автентичності цифрового зображення, який включає в себе обробку даних поза ланцюжком блокчейн і обробку даних в мережі блокчейн. Враховуючи різноманітність організацій, сервісів та систем, які можуть надавати послуги реєстрації авторського права, з точки зору структури збережених даних та функціональних можливостей доцільно запропонувати Rest API-рішення, як універсальну технологію для інтеграції таких систем та платформи обміну блокчейнами.

API-інтерфейс системи дозволяє всім зацікавленим особам та організаціям здійснювати основні операції з нею, такі як:

- приєднання нової організації забезпечення права власності;
- створення відповідними організаціями користувачів системи (реєстрація користувача);
- додавання зображення для захисту права власності на нього;
- перевірка автентичності зображення. Весь процес перевірки поділяється на дві процедури, за-

лежно від потреб організацій. Перша процедура – автентифікація власника захищеного зображення за допомогою смарт-контракту користувача. Друга процедура автентифікації – отримання детальної інформації про захищене цифрове зображення за допомогою смарт-контракту зображення.

Прикладний рівень забезпечує реалізацію основних процесів захисту та автентифікації цифрових зображень. Він надає інтерфейс користувача, за допомогою якого здійснюється процедура нанесення цифрового підпису та автентифікації зображення. Також саме через цей рівень здійснюється процедура зберігання зображень, які підлягають захисту авторського права.

Рівень блокчейн. Цей процес починається зі створення «Початкового блока» для кожного зареєстрованого в системі користувача, який хоче забезпечити підтвердження авторства на свої цифрові зображення. Після чого всі транзакції записуються в блокчейн. Кожен блок містить унікальний заголовок, що ідентифікується по хешу заголовка блока. Блок складається з таких компонентів: хеш попереднього блока, інформація про

правовласника, хеш-зображення, яке захищається, і мітка часу. Цей процес повторюється кожен раз коли користувач додає нове зображення в систему.

Рівень консенсусу. Оскільки система базується на блокчейн технології, то вона є децентралізованою і не контролюється жодною з організацій реєстрації авторського права. Тому потрібен спосіб перевірки транзакцій в системі. Одним з методів, який використовують багато систем, заснованих на блокчейн, є доказ частки (Proof of Stak). Цей метод є альтернативою методу доказу роботи (Proof of Work), першим механізмом консенсусу, розробленим для криптовалют. Оскільки доказ частки (Proof of Stak) набагато енергоефективніший, тому він пропонується для перевірки транзакцій в системі. Модель proof-of-stake дозволяє власникам робити ставки на активи системи та створювати свої власні вузли-валідатори. Стейкінг - це процес, коли учасник мережі блокчейн зобов'язується використовувати свої активи для перевірки транзакцій. Коли блок транзакцій буде готовий для обробки протокол підтвердження частки обертає вузол-валідатор для перевірки блоку. Валідатор перевіряє правильність транзакцій у блоці. Якщо це так, вони додають блок у ланцюжок блоків та отримують крипто-нагороди за свій внесок. Однак, якщо валідатор пропонує додати блок з неточною інформацією, він втрачає частину своїх стейкінгових активів як штраф.

Апаратний рівень. Як показано на рис. 4 апаратний рівень складається з трьох основних компонентів:

- сховища авторизованих користувачів – централізованої база даних організації (державних органів, організацій забезпечення права власності), зареєстрованих як користувачі. Він використовує службу

членства, яка має доступ до отримання даних за допомогою RestAPI.

- сховища блокчейн даних – блокчейн консорціуму, який функціонує під керівництвом групи організацій, що забезпечує спільну трансформацію бізнесу між організаціями. У даному випадку координатор призначає унікальний доступ для кожного користувача (державних органів, організацій забезпечення права власності).

- розподіленого сховища – децентралізованого сховища зображень, для яких система забезпечує можливість підтвердження автентичності.

## Висновки

Враховуючи загальнодоступність мережі Інтернет і постійне зростання випадків порушення авторського права на цифровий контент, сучасні технології, що використовуються для захисту авторських прав, мають бути вдосконалені.

У роботі запропонована інформаційна технологія підтвердження права власності на цифрові зображення, яка використовує цифрові водяні знаки, блокчейн, геш-функції для зображення і IPFS для створення абсолютно нової децентралізованої технології підтвердження права власності у цифрову епоху Інтернету.

Що стосується типів файлів, у цій статті згадується лише управління авторськими правами на цифрові зображення. У майбутньому технологію можна буде розширити на аудіо, відео та інші типи мультимедійних файлів, щоб сформувати єдину систему для підтвердження права власності на будь-який цифровий контент.

## REFERENCE

- (2020), *Research analysts crunch the statistics and come up with a mind-blowing number*, available at: <https://blog.mylio.com/how-many-photos-will-be-taken-in-2020>.
- (2021), *Rise Above Research is a market intelligence and strategic consulting firm for the digital imaging industry*, Worldwide Image Capture Forecast: 2020 – 2025, available at: <https://riseaboveresearch.com/rar-reports/2021-worldwide-image-capture-forecast-2020-2025>.
- (2001), “ZAKON UKRAINY Pro avtorske pravo i sumizhni prava”, *Verkhovna Rada Ukrainy Zakonodavstvo Ukrainy*, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1756-2001-%D0%BF#Text>. –
- (2001), “POSTANOVA vid 27 hrudnia 2001 r. № 1756 Pro derzhavnu reiest-ratsiiu avtorskoho prava i dohovoriv, yaki stosuutsia prava avtora na tvir”, *Verkhovna Rada Ukrainy Zakonodavstvo Ukrainy*, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3792-12#Text>.
- Shi, Jianfeng, Yi, Dian & Kuang, Jian (2019), “A blockchain and sift based system for image copyright protection”, *ICBTA 2019: Proceedings of the 2019 2nd International Conference on Blockchain Technology and Applications*, December 2019, pp. 1–6, DOI: <https://doi.org/10.1145/3376044.3376051>.
- Holland, M., Stjepandić J. and Nigischer C. (2018), “Intellectual Property Protection of 3D Print Supply Chain with Blockchain Technology”, *2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*, pp. 1-8, DOI: <https://doi.org/10.1109/ICE.2018.8436315>.
- Ruban, I., Bolohova, N., Martovytskyi, V., & Koptsev, O. (2021), “Digital image authentication model”, *Advanced Information Systems*, Vol. 5, No. 1, pp. 113–117, DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.1.16>.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Research analysts crunch the statistics and come up with a mind-blowing number. 2020. URL: <https://blog.mylio.com/how-many-photos-will-be-taken-in-2020>.
- Rise Above Research is a market intelligence and strategic consulting firm for the digital imaging industry. 2021 Worldwide Image Capture Forecast: 2020 – 2025. 2021. URL: <https://riseaboveresearch.com/rar-reports/2021-worldwide-image-capture-forecast-2020-2025>.
- ЗАКОН УКРАЇНИ Про авторське право і суміжні права. *Верховна Рада України Законодавство України* 2001. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1756-2001-%D0%BF#Text>. –



4. ПОСТАНОВА від 27 грудня 2001 р. № 1756 Про державну реєстрацію авторського права і договорів, які стосуються права автора на твір. *Верховна Рада України Законодавство України*. 2001. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3792-12#Text>.
5. Shi Jianfeng, Yi Dian, Kuang Jian. A blockchain and sift based system for image copyright protection. *ICBTA 2019: Proceedings of the 2019 2nd International Conference on Blockchain Technology and Applications*. December 2019. P. 1–6, DOI: <https://doi.org/10.1145/3376044.3376051>.
6. Holland M., Stjepandić J., Nigischer C. Intellectual Property Protection of 3D Print Supply Chain with Blockchain Technology. *2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*. 2018. P. 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICE.2018.8436315>.
7. Ruban I., Bolohova N., Martovytskyi V., Koptsev O. Digital image authentication model. *Advanced Information Systems*. 2021. Том 5. № 1. С. 113–117. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.1.16>

Received (Надійшла) 11.11.2021

Accepted for publication (Прийнята до друку) 19.01.2022

#### ABOUT THE AUTHORS / ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Рубан Ігор Вікторович** – доктор технічних наук, професор, перший проректор Харківського національного університету радіоелектроніки, Харків, Україна;

**Igor Ruban** – Doctor of Technical Sciences, Doctor, The first vice-rector of Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine;

e-mail: [igor.ruban@nure.ua](mailto:igor.ruban@nure.ua); ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4738-3286>.

**Бологова Наталія Миколаївна** – аспірантка, асистент кафедри ЕОМ Харківського національного університету радіоелектроніки, Харків, Україна;

**Nataliia Bolohova** – Postgraduate, Assistant of computer departments, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine;

e-mail: [nataliia.bolohova@nure.ua](mailto:nataliia.bolohova@nure.ua); ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-8927-0055>.

**Мартовицький Віталій Олександрович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри ЕОМ Харківського національного університету радіоелектроніки, Харків, Україна;

**Vitalii Martovytskyi** – Candidate of Technical Sciences, Associate professor, Associate professor of computer departments, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine;

e-mail: [vitalii.martovytskyi@nure.ua](mailto:vitalii.martovytskyi@nure.ua); ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-2349-0578>.

#### Информационная технология подтверждения права собственности на цифровые изображение

И. В. Рубан, Н. Н. Бологова, В. А. Мартовицкий

Аннотация. В современном мире изображение становится более мощным средством общения. В эпоху дигитализации люди могут выражать свои мысли, чувства и прочее посредством изображений. Главная сложность автора всегда состоит в том, каким образом доказать свое авторство. Поэтому актуальна разработка новейших технологий подтверждения авторства на цифровые изображения. Объектом исследования является процесс подтверждения факта право обладания цифровым изображением. Предметом исследования является информационная технология доказательства авторства на цифровые изображения. В работе предложена информационная технология подтверждения права собственности на цифровые изображения, использующая цифровые водяные знаки, блокчейн, хэш-функцию для изображения и IPFS для создания совершенно новой децентрализованной технологии подтверждения права собственности в цифровую эпоху Интернета. Что касается типов файлов, то в этой статье упоминается только управление авторскими правами на цифровые изображения. В будущем технологию можно будет расширить на аудио, видео и другие типы мультимедийных файлов, чтобы создать единую систему для подтверждения права собственности на любой цифровой контент.

Ключевые слова: аутентификация; цифровой водяной знак; защита права собственности; информационная технология; изображение; блокчейн.

#### Information technology for confirming property rights to digital images

Igor Ruban, Nataliia Bolohova, Vitalii Martovytskyi

Abstract. In the modern world, the image is becoming a more powerful means of communication. In the era of digitalization, people can express their thoughts, feelings, and more through images. The main difficulty of the author is always how to prove his authorship. Therefore, the development of the latest technologies for confirming authorship of digital images is relevant. The object of the study is the process of confirming the fact of the right to own a digital image. The subject of the study is the information technology of proof of authorship for digital images. Taking into account modern trends and results of using blockchain for copyright protection, this paper proposes an information technology for confirming ownership of digital images based on blockchain technology and digital watermarks to provide a reliable guarantee of copyright establishment. Proposed digital image ownership information technology using digital watermarking, blockchain, image hash function and IPFS to create a brand new decentralized ownership verification technology in the digital age of the Internet. As far as file types are concerned, this article only mentions digital image copyright management. In the future, the technology could be extended to include audio, video, and other types of media files to create a single system for verifying ownership of any digital content.

Keywords: authentication; digital watermark; property protection; information technology; image; blockchain.