ГІБРИДНИЙ МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ НЕСАНКЦІОНОВАНИХ КОПІЙ ВІДЕОКОНТЕНТУ НА ОСНОВІ ПЕРЦЕПТИВНОГО ГЕШУВАННЯ ТА ЦИФРОВОГО ВОДЯНОГО МАРКУВАННЯ

Кібірєв Д.О., Федорченко В.М.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Проблема встановлення факту несанкціонованого повторного використання відеоматеріалів ускладнюється перекодуванням, зміною роздільної здатності, обрізанням кадру та повторним монтажем. Перцептивне гешування дає змогу шукати візуально подібні фрагменти, але саме по собі не підтверджує належність контенту конкретному правовласнику. Цифрове водяне маркування, навпаки, створює можливість перевірки вбудованого ідентифікатора, однак його зчитування може бути ускладнене спотвореннями сигналу [1–3].

Метою доповіді є обґрунтування гібридного методу виявлення несанкціонованих копій відеоконтенту, який поєднує швидкий пошук за перцептивними гешами з перевіркою цифрових водяних знаків для зменшення неоднозначності результатів та ідентифікації джерела розповсюдження.

Запропонований метод передбачає два взаємопов'язані контури: реєстрацію еталонного відео та перевірку підозрілого відеофрагмента. На етапі реєстрації формується набір часово прив'язаних перцептивних гешів ключових кадрів, для контрольованих копій додатково вбудовується робастний цифровий водяний знак, що кодує ідентифікатор власника або екземпляра розповсюдження. Еталонний запис містить зв'язок між гешами, часовими мітками та захищеним реєстром ідентифікаторів. Наявність водяного знака не припускається для довільного стороннього відео.

На етапі перевірки відео декодується, приводиться до уніфікованого представлення та розбивається на послідовність ключових кадрів. Для кожного кадру обчислюється перцептивний геш, зокрема на основі низькочастотних коефіцієнтів дискретного косинусного перетворення. Попередні кандидати відбираються за порогом відстані Хеммінга. Для протидії випадковим збігам оцінюється не лише схожість окремих кадрів, а й узгодженість їх часової послідовності, допускається пропуск кадрів і помірна зміна швидкості відтворення.

Після встановлення достатньої візуально-часової відповідності виконується пошук цифрового водяного знака в локалізованому фрагменті. Результат перевіряється за допустимою похибкою декодування і зіставляється із записом реєстру. З метою підвищення стійкості до стиснення та геометричних змін доцільно застосовувати методи маркування з надлишковим розміщенням ідентифікаційних ознак у кількох ділянках кадрів; конкретна реалізація потребує окремого дослідження [2-4].

Рішення доцільно формувати за трьома класами. Перший - «підтверджена маркована копія»: виявлено часову відповідність еталону та коректний зареєстрований водяний знак. Другий - «імовірна копія»: виявлено достатню

візуально-часову схожість, але знак відсутній або не зчитаний, такий результат потребує додаткової перевірки. Третій - «збіг не встановлено»: критерії подібності не виконані. Це дає змогу не ототожнювати відсутність знака з відсутністю копіювання, а сам факт подібності - з доведеним правопорушенням.

Науково-практична особливість запропонованого підходу полягає у розділенні завдань пошуку схожого відео і перевірки походження його маркованого екземпляра. Перцептивне гешування використовується як обчислювально дешевший фільтр кандидатів, а водяне маркування - як другий незалежний інформаційний канал. Це потенційно зменшує кількість дорогих операцій зчитування знака та дає змогу зберігати підозрілі збіги для аналізу навіть за пошкодженого маркування. Ефективність методу пропонується оцінювати за precision, recall, F1-мірою, частотою хибних спрацювань, середнім часом аналізу хвилини відео і часткою успішного зчитування знака. Випробування мають охоплювати оригінали, незалежний контент, перекодовані копії, фрагментарні вставки, обрізання, масштабування, накладання графічних елементів та комбіновані перетворення. Для коректного висновку необхідно порівняти три конфігурації: лише перцептивне гешування, лише водяне маркування та їх гібридне використання за однакових вихідних умов [4, 5]. Отже, запропоновано структурно-алгоритмічний підхід до виявлення несанкціонованих копій відеоконтенту з розмежуванням візуальної подібності та перевірки походження. Очікуваною перевагою є підвищення обґрунтованості рішення щодо маркованих копій за рахунок комбінування двох ознакових каналів. Кількісне підтвердження переваг, оптимізація порогів і перевірка стійкості до комбінованих атак становлять предмет подальшого експериментального дослідження.

Список літератури

1. Ruban I., Bolohova N., Martovytskyi V., Yaroshevych R. Methodology for assessing the effectiveness of methods for embedding digital watermarks. Advanced Information Systems. 2021. Vol. 5, No. 3. P. 112–118. DOI: 10.20998/2522-9052.2021.3.15.

2. Martovytskyi V., Ruban I., Bolohova N., Sievierinov O. et al. Development of methods for generation of digital watermarks resistant to distortion. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 6, No. 2 (114). P. 103–116. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.246641.

3. Makoveichuk O., Ruban I., Bolohova N., Kovalenko A., Martovytskyi V., Filimonchuk T. Development of a method for improving stability method of applying digital watermarks to digital images. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 3, No. 2 (111). P. 45–56. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.235802.

4. Awad G. M., Over P. D., Kraaij W. Content-Based Video Copy Detection Benchmarking at TRECVID. ACM Transactions on Information Systems. 2014. Vol. 32, No. 3. Article 14. DOI: 10.1145/2629531.

5. Natsev A., Hill M., Smith J. R. Design and evaluation of an effective and efficient video copy detection system. 2010 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME). 2010.