

colossal damage. Objects of military, transport, and industrial infrastructure, as well as objects that ensure the livelihood of settlements of various forms of ownership, were shelled.

At the same time, domestic business suffered significant losses. A specific aspect of the damage of the latter is not only direct losses from destruction and destruction, but also lost profit, impossibility of receiving income in the future, disruption of normal economic activity, loss of economic ties, disruption of production links, reduction of capitalization of enterprises.

Resolution No. 326 of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated March 20, 2022 approved the "Procedure for determining damage and losses caused to Ukraine as a result of the armed aggression of the Russian Federation" (hereinafter - Resolution No. 326 of March 20, 2022). However, the regulatory act did not provide a methodology for recording the damage and determining the size of the damage. The document only obliged state bodies to develop such methods within six months. The article, based on the study of expert practice and scientific sources, defines the main methods by which, in the author's opinion, damages caused to the country's budget, enterprises and organizations should be calculated. The categories of losses, the calculation of which are assigned to the tasks of the forensic expert-economist in terms of Resolution No. 326 of March 20, 2022, are also highlighted.

It was concluded that expert assistance in determining the amount of damage and losses from the damage and destruction of buildings, structures and other infrastructure objects as a result of the armed aggression of the Russian Federation is an important element of the implementation of compensation mechanisms for losses incurred, including at the expense of the aggressor country.

Keywords: expert, forensic examination, special knowledge, methodology, economic examination, damages, lost profit, lost profit.

DOI: 10.33766/2524-0323.102.279-289

УДК: 343.98; 004.921

Носулько І. В., судовий експерт сектору звуко- та відеозапису відділу досліджень у сфері інформаційних технологій Харківського науково-дослідного експертно-криміналістичного центру МВС України (м. Харків, Україна)

e-mail: nosulko.ihor@gmail.com

ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0008-2366-8528>

ВИЯВЛЕННЯ ОЗНАК МОНТУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ АНАЛІЗУ ПОРЯДКУ СЛІДУВАННЯ КАДРІВ ЕКСПЕРТИЗОЮ ВІДЕО-, ЗВУКОЗАПИСУ

У сучасному світі, де відео- та аудіозаписи стали повсякденними засобами комунікації, судова експертиза відео-, звукозапису має все більш важливе значення. Це обумовлено тим, що відео- та аудіоматеріали можуть бути використані як докази в судових процесах, але їх правильна інтерпретація та оцінка вимагає високої кваліфікації та досвіду.

Монтування відео є поширеним видом обробки, який може бути використаний для створення багатьох типів медіаконтенту, включаючи фільми, рекламні ролики та

відеоблоги. Проте монтування також може бути використане для створення неправдивого медіаконтенту з навмисно помилковою інформацією (дезінформація), наприклад, фальшивих відеограм: з раніше записаної інформації різноманітними видами маніпуляцій (поєднання двох чи більше частин однієї чи більше відеограм тощо) створюється нова відеограма з необхідним трансформуванням оригінального змісту.

У статті викладено метод виявлення ознак монтування за допомогою аналізу порядку слідування кадрів без використання спеціального програмного забезпечення. Такий метод базується на аналізі особливостей формування порядку слідування відеокадрів у групі зображень відеограми включно з особливостями створення окремих видів кадрів. Описано особливості трьох типів відеокадрів, їх утворення, а також проаналізовано порядок формування в групі у відеопотоці. Викладено конкретні приклади порядку слідування кадрів, які використовуються в типових кодексах стандартів Moving Picture Experts Group – H.261 та H.264. Запропоновано оптимальний алгоритм встановлення ознак монтування, визначення цих ознак, опираючись на загальні принципи формування порядку слідування кадрів відеограми та особливості кожного виду відеокадру, без використання спеціального програмного забезпечення. Наведені емпіричні приклади вказують на те, що покладатися тільки на виявлені ознаки порушень формування кадрів та їх порядок слідування недостатньо. Тому встановлення істинності фактів наявності монтування у відеограмі та виявлення цих ознак проводиться комплексно з іншими методами аналізу, тобто задля найбільш точного висновку, у результаті дослідження викладається синтез усіх виявлених ознак монтування з використанням якомога більшої кількості методів.

Отримані результати можуть бути корисні для розробки автоматизованих систем виявлення фальшивих відео та боротьби з дезінформацією.

Ключові слова: ознаки монтування відео, відеограма, відеокадр, порядок слідування кадрів, кодек, MPEG, H.261, H.264.

Постановка проблеми. На фоні того, що відео- та аудіозаписи стали повсякденними засобами комунікації, судова експертиза відео-, звукозапису має все більш важливе значення. Це обумовлено тим, що існує багато програмного забезпечення, яке може допомогти в монтуванні відео, що робить цей процес більш доступним. Відеоматеріали досить часто використовуються як докази в судових процесах, проте їх правильна інтерпретація та оцінка вимагає достовірності наданих даних. Тому дуже важливо розробляти методи та системи виявлення фальшивих відео, які можуть допомогти виявляти монтування та інші методи дезінформації.

Судова експертиза відео-, звукозапису є процесом, у якому експерт визначає автентичність, цілісність та надійність відео- та аудіозаписів (відео- та аудіограм), що є доказами в кримінальних, цивільних та адміністративних справах. Експертиза проводиться з метою підтвердження чи спростування фактів, що містяться на записі, тому важливо завчасно виявляти підробку цих фактів.

У результаті практичних напрацювань експертів з'являються способи і прийоми доцільного та ефективного проведення дослідження шляхом аналізу порядку слідування кадрів (відеокадрів) для вирішення типових питань щодо виявлення ознак монтування відеограм при проведенні досліджень у судових експертизах відео-, звукозапису.

Аналіз досліджень і публікацій. Питання судової експертизи відео-, звукозапису досліджувалися в роботах Т. О. Татарнікової [1], О. С. Теслюк [2], А. О. Максименка [3]. Однак питання виявлення ознак монтування за допомогою аналізу порядку слідування кадрів в рамках судової експертизи відео-, звукозапису вітчизняними вченими майже не досліджувалося.

Формулювання цілей. Метою статті є вивчення особливостей відеокadrів, їх утворення та порядок формування в групі у відеопотоці задля використання результатів дослідження при виявленні ознак монтування за допомогою аналізу порядку слідування кадрів експертизою відео-, звукозапису.

Виклад основного матеріалу дослідження. Монтування відео є одним із способів дезінформації, де редактор (оператор чи програма) змінює відео з метою створення фальшивої сцени або висловлювання. У контексті лише відеограм (запис відеозображення без звуку) це може бути зроблено шляхом зміни порядку кадрів, додавання нових кадрів, видалення деяких кадрів або зміни звуку. Під монтуванням відеограми розуміють поєднання двох чи більше частин, однієї чи більше раніше записаних відеограм [4].

При фіксації апаратом цифрового запису відеоінформації, безпосередньо від першоджерела, інформація кодується за допомогою кодека. Це програмний або апаратний засіб для кодування та декодування цифрових сигналів, зокрема відеосигналів. Кодеки складаються з двох компонентів – кодера та декодера. Кодер дозволяє проводити операції по стисненню вихідних даних для ефективнішого збереження або передачі цифрового сигналу по мережі, при цьому зберігаючи важливі аспекти якості оригінального відеосигналу.

Існують різні типи кодеків, залежно від застосування та формату вхідних сигналів. Деякі з найбільш відомих відеокодеків включають AV1, MPEG-1, MPEG-2, H.261, H.264 тощо. У процесі стиснення відео формуються та кодуються групи зображень. Групи складаються з окремих відеокadrів (відеозображень), котрі стискаються за допомогою різних алгоритмів та називають «*типами зображень*» або «*типами кадрів*» (тут і далі курсив наш – І. Н.). Основні три типи відеокadrів, котрі наявні в більшості сучасних алгоритмів стиснення відео, такі:

- *I-кадр* (англ. Intra-coded picture – зображення з внутрішнім кодуванням), є найменш стислими та для його декодування не потрібні інші відеокадри,
- *P-кадр* (англ. Predicted picture – передбачене зображення) може використовувати дані з попередніх кадрів та є більш стислим відносно I-кадра,
- *B-кадр* (англ. Bidirectional predicted picture – двонаправлене прогнороване зображення) використовує як попередні, так і наступні кадри для декодування даних, таким чином одержується найбільше стиснення даних (див. Рис.1, 2).

Концепція I-кадрів, P-кадрів і B-кадрів є фундаментальною для області стиснення відео. Ці три типи кадрів використовуються для покращення ефективності зберігання, передачі, якості відео та стійкості відеопотоку до помилок і збоїв при передачі або зберіганні.

I-кадр – це повне зображення, у якому наявне тільки внутрішнє кодування (зображення типу JPEG, PNG формату). Такі кадри можуть бути незалежно закодовані та декодовані, і це спонукає використовувати їх для стиснення відео, як ключові (опорні) кадри, через це вони іноді позначаються як K-кадр (англ. key-frame – ключовий кадр). Ключовий кадр містить повну інформацію, включаючи кольори та яскравість кожного пікселя, і не залежить від інших кадрів у відеопоті [6].

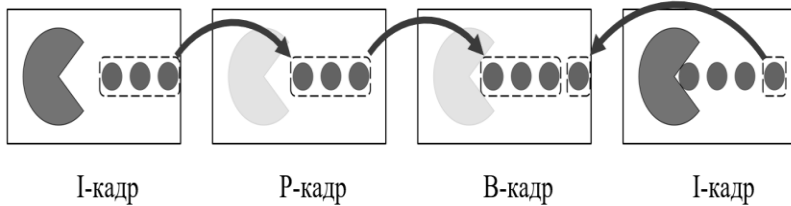


Рис. 1. Приклад групи I, P та B кадрів.

Type	Size	Compression
I	18 KB	7:1
P	6 KB	20:1
B	2.5 KB	50:1

Рис. 2. Приклад типових розмірів кадрів та ступінь їх стиснення для кодека H.261 [5].

Одна з функцій ключового кадру – позначити початок нової групи зображень або сегмента відеограми. Оскільки стиснення I-кадру не залежить від попередньо закодованих зображень, воно може «оновити» якість відео при виникненні помилок – дозволяє зменшити вплив помилок передачі даних на якість відтворення відео. Кодери зазвичай налаштовані на перевагу I-кадрів з точки зору розміру та якості, оскільки вони відіграють вирішальну роль у кінцевій якості всієї відеограми [7; 8].

Після кодування I-кадру кодер використовує його як еталонне зображення для стиснення P і B-кадрів. Також ключові кадри використовують для відновлення після катастрофічних збоїв у відеограмі або потоковому відео.

P-кадр зберігає лише зміни в зображенні відносно попереднього кадру. Наприклад, при зйомці стаціонарним відеореєстратором, де автомобіль рухається

по нерухомому фону, необхідно закодувати лише рух автомобіля. Кодеру не потрібно зберігати незмінні пікселі фону (з I-кадру) в Р-кадрі, таким чином зменшуючи остаточний розмір вихідної відеограми/відеопотоку.

В-кадр економить найбільше місця завдяки використанню відмінностей між попереднім і наступними кадрами для визначення його вмісту.

Як було зазначено вище, порядок розташування кадрів I, P і B називається групою зображень. Цей порядок відрізняється в залежності від виду стиснення, що застосовує кодек. Найпростіший вид стиснення – група зображень із використанням I та P кадрів притаманна кодеку H.261 та представлена на зображенні нижче (див. Рис. 3) [10].

Кодекти стандарту MPEG мають можливість використовувати і двонаправлене прогнозоване (пряме та зворотне передбачення) зображення – B-кадри. Як приклад використання I, P і B кадрів разом, розглянемо групу зображень, яка приймає шість кадрів і подається як: *I B P B P B I B P B P B*.

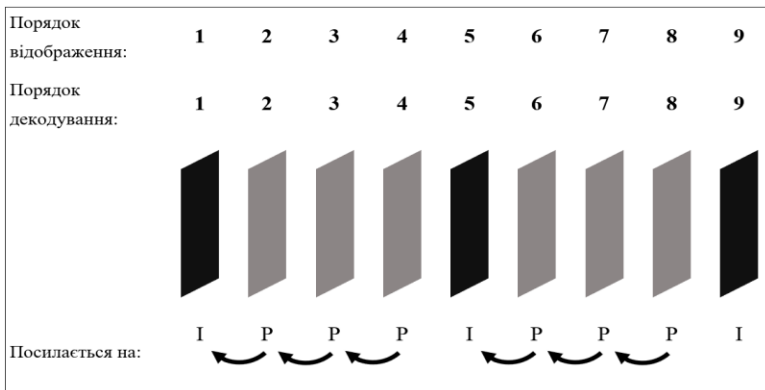


Рис. 3. Приклад порядку слідування кадрів у групі зображень із використанням I та P кадрів.

Як і в попередньому прикладі (лише I та P кадри), I-кадри кодуються лише як растрові зображення (стиснення JPEG тощо), а в P-кадрах кодується «прогнозування» наперед, на основі попередніх I та P-кадрів. Однак B-кадри кодуються на основі прямого передбачення з попереднього I або P-кадру й також зворотного передбачення з наступного I або P-кадру. Таким чином, приклад послідовності обробляється з наступним таким чином, що перший B-кадр прогнозується з першого I-кадру та першого P-кадру, другий B-кадр прогнозується з другого та третього P-кадрів, і третій B-кадр прогнозується з третього P-кадру та першого I-кадру наступної групи зображень. З цього прикладу можна побачити, що зворотне передбачення вимагає, щоб майбутні кадри, які будуть використовуватися для зворотного передбачення, кодувалися та передавалися першими, не за

порядком. Зображення нижче (Рис. 4) демонструє типову модель порядку кадрів для останніх видів кодеків MPEG, проте шаблон залежить від кодека й не обов'язково повинен бути регулярним [11].

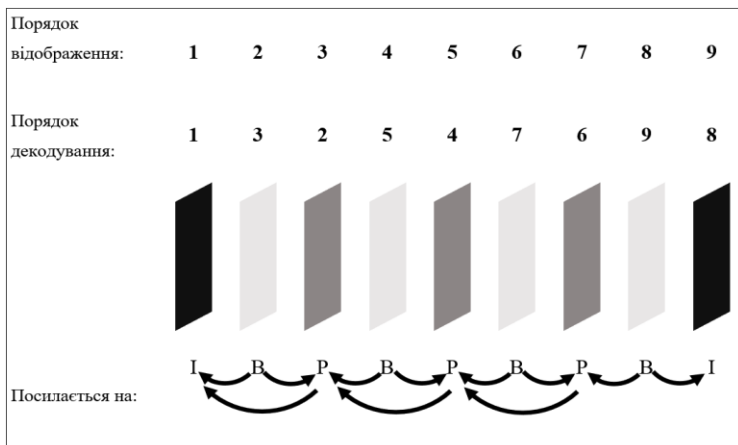


Рис. 4. Приклад порядку слідування кадрів із використанням I-, P- та V-кадрів.

Відсутнє визначене обмеження на кількість послідовних V-кадрів, які можна використовувати в групі зображень, і, звичайно, оптимальна кількість залежить від кодека. Проте більшість стандартів із достатньо якісною передачею, як правило, використовують два послідовні V-кадри: *IBBV P B P P*, як ідеальний компроміс між ефективністю стиснення та якістю відео (Рис. 5). Практична реалізація багатой кількості послідовних V-кадрів вимагає пропорційне збільшення обчислювальних потужностей для кодеку.

Кодек H.264/AVC (Advanced Video Coding) має можливість використовувати всі типи кадрів, проте базовий профіль, який призначений для пристроїв низького класу, не дозволяє застосовувати V-кадри. Аналогічна ситуація й у профілі кодека H.261: у ньому не використовуються V-кадри. Типова послідовність кадрів для такого кодека: *I P P P I P P P*, але кількість P-кадрів може змінюватись залежно від налаштувань (стандартно на 1 секунду відеограми з частотою кадрів 30 кадр/сек може припадати один-два I-кадри) чи формату передачі даних – запис на носій із розділенням на окремі фрагменти відео або потокова передача відеоряду. У випадку запису потокової передачі, відеограма починається з I-кадру (K-кадру) та продовжується послідовністю з одних тільки P-кадрів чи суміші P- та V-кадрів (у залежності від параметрів апаратури запису та кодека) [12].

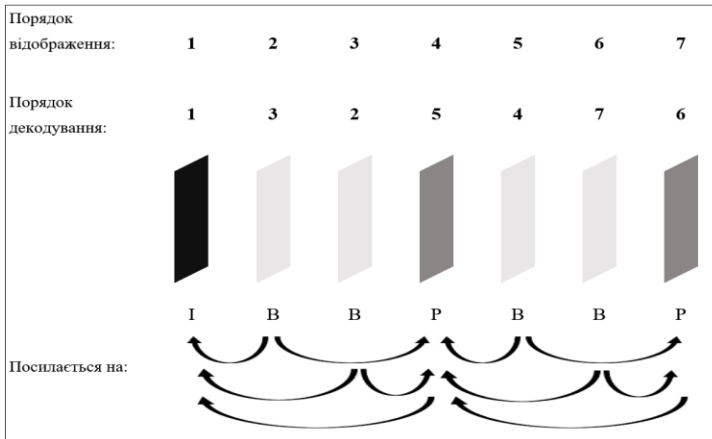


Рис. 5. Приклад порядку слідування кадрів із двома послідовними В-кадрами

У практиці судового експерта доволі часто зустрічається вид автоматичного спотворення відеогам. Інколи таке спотворення виникає через некоректне кодування кодеком (фізичні або програмні несправності) та помилки передачі/запису відеограми. Може мати вигляд квадрату/квадратів (макроблоків) фіксованого розміру, різко контрастуючи з усіма іншими ділянками відеозображення. Якщо при записі відеогам, найчастіше – у відеореєстраторах, алгоритм створення групи кадрів використовує послідовно багату кількість Р-кадрів, тоді при візуальному перегляді відеограми може проглядатися шлейф «із пікселів» (зазвичай цілих макроблоків), який залишається після рухомих об'єктів (машин, людей тощо). Такий ефект, зазвичай, свідчить про те, що в кодеку із буферу зберігання кадрів «випав» останній опорний кадр (І-кадр).

Також при використанні невідповідних (щодо швидкості запису інформації) карт пам'яті чи програмного забезпечення (нездатність програми оперувати всією доступною інформацією), кодер не встигає обробляти (записувати та шифрувати) весь відеопотік. На практиці, після такого запису, фінальна відеограма має вигляд відео, з періодичними «стрибками» у часі на одну-дві секунди. Періоди між «стрибками» та довжина самих «стрибків» індивідуально залежать від використаного програмного забезпечення, типу кодека, якості та марки карти пам'яті. Такі «стрибки» не являють собою ознаки про те, що відеограма була змонтована, проте без отримання апаратури запису, з якої була зроблена відеограма зі «стрибками», та проведення експериментального дослідження на цій апаратурі (повторення запису відеограми з якомога ближчими діями та з тим же типом носія інформації, що і при оригінальному записі), стверджувати в категоричній формі щодо відсутності ознак монтування не є можливим.

Висновки. Спираючись на вищевикладені загальні принципи формування порядку слідування кадрів відеограм, особливості та види кадрів, для всебічного дослідження ознак монтування методом аналізу порядку слідування кадрів, без використання спеціального програмного забезпечення, пропонуємо оптимальний алгоритм встановлення ознак монтування:

- проведення порівняльного аналізу між пристроєм запису (його обчислювальна потужність) та використаним кодеком. У малопотужних засобів зняття відеоінформації не використовують алгоритми кодування, котрі потребують великої обчислювальної потужності;

- візуальний аналіз: виявлення ділянок з перериваннями, різкими зміщеннями, появою артефактів стиснення та інших невідповідностей у відеограмі;

- покадровий перегляд попередньо виявлених ділянок;

- перегляд кожного кадру окремо – як зображення із співвідношенням особливостей виду кадру до виявленої невідповідності.

- при виявленні спотворення зображення визначення виду цього спотворення – автоматизоване чи автоматичне.

Таким чином, виявлення ознак монтування за допомогою аналізу порядку слідування кадрів проводиться комплексно з іншими методами аналізу з урахуванням викладених вище особливостей формування типів кадрів та їх порядку слідування в групі зображень.

Подальші дослідження у цій сфері є актуальними, оскільки постійно розробляються нові способи монтування відеограм (методика синтезу зображень deepfake, генерація зображень на основі штучного інтелекту тощо). Саме тому необхідно розвивати нові методи та способи виявлення ознак монтування. Деякі можливі напрями подальших досліджень у цій області можуть включати:

- вивчення нових типів ознак монтування: дослідження повинні бути зосереджені на виявленні нових типів ознак монтування, наприклад, генерації на основі штучного інтелекту візуально можуть мати певні артефакти або повторюватися на різних частинах зображення;

- розробка автоматизованих систем виявлення фальшивих відеограм: можна розробляти автоматизовані (або навіть автоматичні) системи виявлення ознак монтування, які будуть використовувати результати досліджень у цій області для більш точного виявлення фальсифікації.

- використання глибинного навчання: використання глибинного навчання для виявлення ознак монтування та фальшивих відеограм. Це може бути особливо ефективним при виявленні нових типів ознак, які не були виявлені раніше.

- розробка нових методів аналізу відеограм: розробляти нові методи аналізу, які оптимізовані та зосереджені на виявленні існуючих ознак монтування. Наприклад, можна вивчати особливості руху об'єктів у відеограмі, щоб виявити зміни в порядку слідування кадрів.

Такі напрями досліджень можуть допомогти покращити точність виявлення монтування та боротися з дезінформацією.

Використані джерела:

1. Татарнікова Т. О. Експертні дослідження матеріалів та засобів цифрового звукозапису : автореф. дисс. ... на зд. наук. ст. канд. юрид. наук. : 12.00.09. Київ. 2016.
2. Теслик О. С. Особливості дослідження відеофонових зображень з ознаками монтування. лінгвістичний аналіз як складова інтегративного дослідження. *Криміналістичний вісник*. 2018. Т. 30, № 2. С. 151-159. URL : <http://doi.org/10.37025/1992-4437/2018-30-2-151>. (дата звернення: 12.01.2023).
3. Максименко А. О. Проблеми взаємодії слідчих, оперативних та експертних підрозділів під час розслідування кримінальних проваджень, що потребують проведення судової експертизи відео-, звукозапису. *International scientific e-journal*. 2020. № 16. URL : <https://www.ukrlogos.in.ua/10.11232-2663-4139.16.32.html>. (дата звернення: 12.01.2023).
4. Записування і відтворення інформації. Терміни та визначення: ДСТУ 2737-94. [Чинний від 31.08.94]. Київ : Держстандарт України, 1994. 160 с.
5. Video and Audio Compression. Dave Marshall 10/4/2001. URL : <https://users.cs.cf.ac.uk/dave/Multimedia/node200.html>. (дата звернення: 20.02.2023).
6. Video compression picture types. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Video_compression_picture_types. (дата звернення: 20.02.2023).
7. I, P, and B-frames – Differences and Use Cases Made Easy. URL : <https://ottverse.com/i-p-b-frames-idr-keyframes-differences-usecases>. (дата звернення: 21.02.2023).
8. Videography FAQ: What is IPB/Long GOP and ALL-I/Intra-frame? URL : <https://snapshotcanon-asia.com/article/engvideography-faq-what-is-ipblong-gop-and-all-iintra-frame>. (дата звернення: 22.02.2023).
9. Ponlatha S., Sabeenian R S. Comparison of Video Compression Standards: *International Journal of Computer and Electrical Engineering*. 2013. Vol. 5, № 6. С. 549-553. URL : <http://doi.org/10.7763/IJCEE.2013.V5.770>. (дата звернення: 14.02.2023).
10. MPEG Video Compression. URL : https://users.cs.cf.ac.uk/dave/Multimedia/PDF/12_MPEG.pdf. (дата звернення: 22.02.2023).
11. H.264 - image coding standard. URL : https://shopdelta.eu/h-264-image-coding-standard_12_aid734.html. (дата звернення: 22.02.2023).
12. Парфенова А. О., Макаренко А. Ю. Могильний С. Б. Порівняльний аналіз основних стандартів відео для передачі по 4G-мережам: *Вісник Національного технічного університету України "КПІ". Серія радіотехніка. Радіоапаратобудування*. 2010. № 40. С. 171-176.

References:

1. Tatarnikova, T. O. (2016). Ekspertni doslidzhennia materialiv ta zasobiv tsvirovoho zvukozapysu. *Extended abstract of candidate's thesis*. Natsionalna akademiia vnutrishnikh sprav, Kyiv. [in Ukrainian].
2. Tesliuk, O. S. (2018). Osoblyvosti doslidzhennia videofonohram z oznakamy montuvannia. lnhvistychnyi analiz yak skladova intehratyvnoho doslidzhennia. *Kryminalistychnyi visnyk - Forensic Herald, vol. 30, 2, 151-159*. URL : <http://doi.org/10.37025/1992-4437/2018-30-2-151>. [in Ukrainian].
3. Maksymenko, A. O. (2020). Problemy vzaemodii slidchychk, operatyvnykh ta ekspertnykhpidrozdiliv pid chas rozsliduvannia kryminalnykhprovadzhen, shcho potrebuuit provedennia sudovoi ekspertyzy video-, zvukozapysu. *International scientific e-journal*, 16. URL : <https://www.ukrlogos.in.ua/10.11232-2663-4139.16.32.html>. [in Ukrainian].

4. Zapysuvannia i vidtvorennia informatsii. Terminy ta vyznachennia: DSTU 2737-94. (1994). Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. [in Ukrainian].
5. Video and Audio Compression. Dave Marshall 10/4/2001. URL : <https://users.cs.cf.ac.uk/dave/Multimedia/node200.html>. [in English].
6. Video compression picture types. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Video_compression_picture_types. [in English].
7. I, P, and B-frames - Differences and Use Cases Made Easy. URL : <https://ottverse.com/i-p-b-frames-idr-keyframes-differences-usecases>. [in English].
8. Videography FAQ: What is IPB/Long GOP and ALL-I/Intra-frame? URL: <https://snapshot.canon-asia.com/article/eng/videography-faq-what-is-ipblong-gop-and-all-iintra-frame>. [in English].
9. Ponlatha, S., Sabeenian, R S. (2013). Comparison of Video Compression Standards. *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, vol. 5, 6, 549-553. URL : <http://doi.org/10.7763/IJCEE.2013.V5.770>. [in English].
10. MPEG Video Compression. URL : https://users.cs.cf.ac.uk/dave/Multimedia/PDF/12_MPEG.pdf. [in English].
11. H.264 - image coding standard. URL: https://shopdelta.eu/h-264-image-coding-standard_12_aid734.html. [in English].
12. Parfenova, A. O., Makarenko, A. Yu., Mohylnyi, S. B. (2010). Porivnialnyi analiz osnovnykh standartiv video dlia peredachi po 4G-merezham. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy "KPI". Seriya Radiotekhnika. Radioaparotobuduvannia - Bulletin of the National Technical University of Ukraine "KPI". Radio equipment series. Radio equipment construction*, 40, 171-176. [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редколегії 23.02.2023

Nosulko I., Forensic expert of the sound and video recording sector of the research Department in the field of information technologies at the Kharkiv Scientific Research Expert-Criminalistic Center of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine (Kharkiv, Ukraine)

DETECTION OF EDITING SIGNS THROUGH FRAME SEQUENCE ANALYSIS BY EXAMINATION OF VIDEO-SOUND RECORDING

In the modern world, where video and audio recordings have become everyday means of communication, forensic examination of video and sound recordings has become increasingly important. This is due to the fact that video and audio materials can be used as evidence in court proceedings, but their proper interpretation and evaluation require high qualifications and experience.

Video editing is a common type of video processing that can be used to create many types of media content, including films, commercials, and video blogs. However, editing can also be used to create false media content with deliberately false information (disinformation), for example, fake videograms - a new videograms with the necessary transformation of the original content is created from previously recorded information using various types of manipulations (combining two or more parts of one or more videograms, etc).

The article describes the method of video editing through analysis of frame sequencing is presented, without the use of specialized software.

This method is based on analyzing the peculiarities of the formation of the sequence of video frames in a group of images in the video, including the creation feature of individual types of frames.

The peculiarities of three types of video frames, their formation and order of formation into groups in the video stream are described and analyzed. Specific examples of the order of frames used in typical codecs of Moving Picture Experts Group - H.261 and H.264 are presented.

An optimal algorithm for identifying signs of editing has been proposed, which determines these signs based on the general principles of forming the sequence of frames in a videograms, as well as the characteristics of each type of video frame, without using specialized software.

Empirical examples indicate that relying solely on the detected signs of violations in the formation of frames and their sequence is insufficient. Therefore, to establish the truthfulness of the presence of editing in the videograms, the detection of signs of editing is carried out in conjunction with other methods of analysis. The synthesis of all detected signs of editing using as many methods as possible is presented as a result of the research to obtain the most accurate result. The obtained results can be useful for the development of automated systems for detecting fake videos and combating disinformation.

Keywords: Signs of video editing, video frame sequence, video frame, order of frame sequence, codec, MPEG, H.261, H.264.

DOI: 10.33766/2524-0323.102.289-305

УДК: 343.982.9

Степанюк Р. Л., доктор юридичних наук, професор, професор кафедри криміналістики, судової експертології та домедичної підготовки Харківського національного університету внутрішніх справ (м. Харків, Україна)

e-mail: stepanuk2@ukr.net

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8201-4013>

Колесник В. Г., завідувач відділу комп'ютерно-технічних та телекомунікаційних досліджень Харківського науково-дослідного експертно-криміналістичного центру МВС України (м. Харків, Україна)

e-mail: vit.kolesnyk@gmail.com

ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0000-2843-2989>

СУДОВА КОМП'ЮТЕРНО-ТЕХНІЧНА ЕКСПЕРТИЗА: СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

У статті проаналізовано сучасний рівень теоретичного розвитку та практичної реалізації судової комп'ютерно-технічної експертизи у кримінальному провадженні. Визначено, що в Україні така експертиза є найбільш вагомим засобом дослідження цифрових доказів з метою вирішення питань, що виникають у кримінальному провадженні. Проте в цій галузі наявні проблеми, пов'язані з недосконалою внутрішньою класифікацією її різновидів, поширенням у правоохоронній практиці завдань, вирі-