

## МЕТОД ВІДОКРЕМЛЕННЯ КЛОНУ ВІД ПРООБРАЗУ В ЦИФРОВОМУ ЗОБРАЖЕННІ В УМОВАХ ВІДСУТНОСТІ ВІДМІННОСТЕЙ ПРИ ЇХ ПОСТОБРОБЦІ

І.І. Бобок

Одеський національний політехнічний університет,  
просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна; e-mail: werter666@ukr.net

Одним з найпоширеніших інструментів, що використовується при несанкціонованих змінах цифрових зображень (ЦЗ), залишається клонування. Цей програмний інструмент реалізований у всіх сучасних графічних редакторах, роблячи задачу виявлення результатів клонування однією з самих актуальних при перевірці цілісності цифрових контентів. Дана робота присвячена підвищенню інформативності результатів виявлення порушень цілісності ЦЗ за рахунок розробки методу відокремлення області клону від прообразу в умовах відсутності відмінностей в їх обробці. Розроблений метод не використовує технологію цифрових водяних знаків, яка сама по собі приводить до порушення цілісності вихідного зображення, але є на сьогоднішній день дуже розповсюдженою при організації захисту ЦЗ від несанкціонованих змін. Ефективність алгоритмічної реалізації розробленого методу практично не залежить від сили збурної дії, що використовується в процесі постобробки клонованого зображення, та зростає зі зменшенням абсолютних розмірів клону, прообразу. Аналогів запропонованого методу з погляду розв'язуваної задачі (відокремлення клону від прообразу) і висунутих умов, у яких шукається її розв'язок, у відкритих джерелах не виявлено.

**Ключові слова:** цифрове зображення, клонування, клон, прообраз, відокремлення клону від прообразу, матриця мінімальних блокових відмінностей

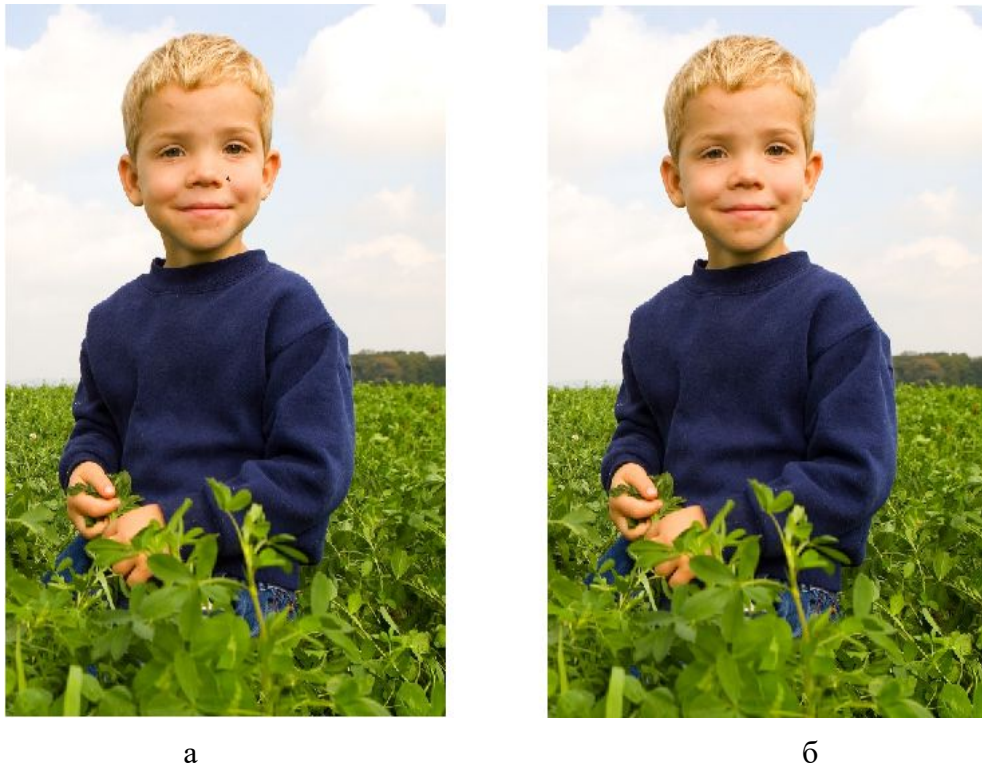
### Вступ

Забезпечення кібербезпеки, інформаційної безпеки на сьогоднішній день стає однією з самих актуальних проблем не тільки в інформаційному просторі, але й у життєвому просторі людини в цілому. Цілісність інформації є однією з основних вимог при організації процесу її захисту, порушення якої з різними цілями з урахуванням сучасного рівня розвитку інформаційних та комп'ютерних технологій стало задачею, яка легко реалізується.

Одним з основних інструментів, що використовуються при несанкціонованих змінах цифрових зображень (ЦЗ), є клонування [1-3], яке програмно реалізовано у всіх сучасних графічних редакторах. При клонуванні оригінальна область ЦЗ (прообраз) копіюється й переноситься в інше місце цього ж ЦЗ, створюючи клон. Цілі клонування можуть бути різними: усунення небажаного об'єкта з ЦЗ, збільшення кількості об'єктів на зображенні, зміна місця розташування об'єкта і т.д. Питанню виявлення результатів клонування в даний момент приділяється багато уваги [4-6], однак лише дуже незначна кількість робіт присвячена розробці методів і алгоритмів, що дозволяють визначати, яка з виявлених у ході експертизи цілісності зображення областей є оригінальною (прообразом), а яка є її клоном, тобто відокремлювати клон від прообразу [7,8]. Ця інформація часто виявляється надзвичайно важливою, підвищуючи інформативність результатів виявлення порушення цілісності зображення, наприклад, якщо ЦЗ використовується як речовинний доказ у судових розглядах, як доказ при слідчих заходах і ін., при цьому ключовим моментом є наявність/відсутність деяких деталей на

ньому, наприклад, наявність/відсутність на фото людини особливих прикмет (родимок, шрамів і т.д.) у чітко визначених місцях. Необхідно відзначити, що при розв'язку таких задач області клону, прообразу можуть бути дуже малими (як в абсолютному, так і у відносному сенсі), що створює додаткові труднощі, причому ще на етапі виявлення цих областей.

Існуючі методи для розв'язку задачі відокремлення клону від прообразу, інформація про які є доступною з відкритих джерел, ґрунтуються на двох принципово різних підходах до організації такого розподілу: виявлення відмінностей у результатах обробки клону й прообразу [7], використання цифрових водяних знаків (ЦВЗ), які вбудовуються у ЦЗ для організації його захисту від несанкціонованого порушення цілісності [8]. Перший підхід базується на тому, що після здійснення клонування область клону часто піддається якійсь обробці для її кращої «адаптації» до нової області розташування в межах ЦЗ, зокрема, розмиттю по контуру для зменшення ймовірності виникнення артефактів на зміненому ЦЗ. Саме виявлення результатів розмиття і є непрямим показником на клон в [7]. Однак така обробка є зовсім не обов'язковою для клону, більше того, з урахуванням того, що з'являються методи, які використовують наявність такої обробки для відокремлення клону від прообразу, для «автора» фальсифікації вона є просто небажаною, крім того, при малих розмірах клону/прообразу додаткова обробка клону з зазначеною вище метою просто не потрібна (рис.1 - у результаті клонування з лівої щочки хлопчика прибрана родимка, після чого ЦЗ без будь-якої постобробки збережено без втрат (Tif); артефакти на ЦЗ не виявлені). Другий підхід захисту ЦЗ від порушення цілісності, що пов'язаний з використанням ЦВЗ, хоча й розглядається автором даної статті як можливий [8], але не визначає остаточного рішення задачі в силу наступної основної причини: на формальному рівні процес вбудови ЦВЗ сам по собі порушує цілісність оригінального зображення.



**Рис. 1.** Ілюстрація можливості здійснення клонування в ЦЗ без використання будь-якої постобробки клону: а – оригінальне ЦЗ; б – ЦЗ, що отримано в результаті клонування

Таким чином, задача відокремлення клону від прообразу залишається до кінця невирішеною й актуальною, зокрема, для областей малих розмірів.

### Мета статті й постановка досліджень

Метою роботи є підвищення інформативності результатів виявлення порушень цілісності ЦЗ шляхом розробки методу відокремлення виявлених клону від прообразу в умовах відсутності відмінностей у їхній обробці без використання технології ЦВЗ.

Для досягнення мети в роботі вирішуються наступні задачі:

1. Забезпечити незалежність ефективності розробленого методу від величини додаткової до клонування збурної дії на ЦЗ;
2. Забезпечити працездатність методу в умовах малих абсолютних розмірів областей клону й прообразу;
3. Розробити й оцінити кількісно ефективність алгоритмічної реалізації методу шляхом обчислювального експерименту.

Ефективність алгоритму буде оцінюватися кількістю помилок, що виникли при відокремленні клону від прообразу, тобто кількістю аналізованих зображень, що зазнали клонування, у яких області клону й прообразу були виявлені вірно (ці області мають непусте перетинання з реальними клоном і прообразом відповідно), але в результаті роботи розробленого алгоритму клон/прообраз трактується як прообраз/клон.

### Основна частина

Оскільки передача інформації (ЦЗ, цифрові відео, аудіо) у даний момент по каналах зв'язку відбувається у форматах із втратами, то ЦЗ після того, як воно піддалося клонуванню, практично вірогідно буде збережено у форматі з втратами, що певним чином змінить зображення й може розглядатися як один зі способів його постобробки після клонування. Таким чином, можна вважати, що на практиці ЦЗ після клонування обов'язково буде піддаватися постобробці, але тільки ця постобробка не буде відрізнятися для областей клону й прообразу, що й припускається далі.

Наявність постобробки ЦЗ ускладнює задачу виявлення результатів клонування, оскільки області клону й прообразу з точно співпадаючих до неї стають такими, які відрізняються одна від одної, після неї. Найбільш складною ця задача стає у випадку значних додаткових збурних дій. В [9,10] нещодавно був запропонований метод *KL* для виявлення результатів порушення цілісності ЦЗ, що відбулося внаслідок клонування, розроблений для знаходження в ЦЗ областей клону й прообразу в умовах наявності/відсутності додаткових збурних дій (у тому числі, значних) на зображення, ефективність якого перевищує сучасні аналоги, при цьому області клону й прообразу, які визначаються цим методом, можуть мати дуже незначні розміри - до 0.06% ЦЗ, на відміну від аналогів, де, як правило, розглядається клон/прообраз, що становить не менш 1% ЦЗ. Однак у рамках розробленого методу не передбачене відокремлення клону від прообразу.

Висока ефективність методу *KL* змушує дуже уважно поставитися до використаного в ньому формальному математичному апарату з метою створення можливостей використання його для розв'язку задач даної роботи.

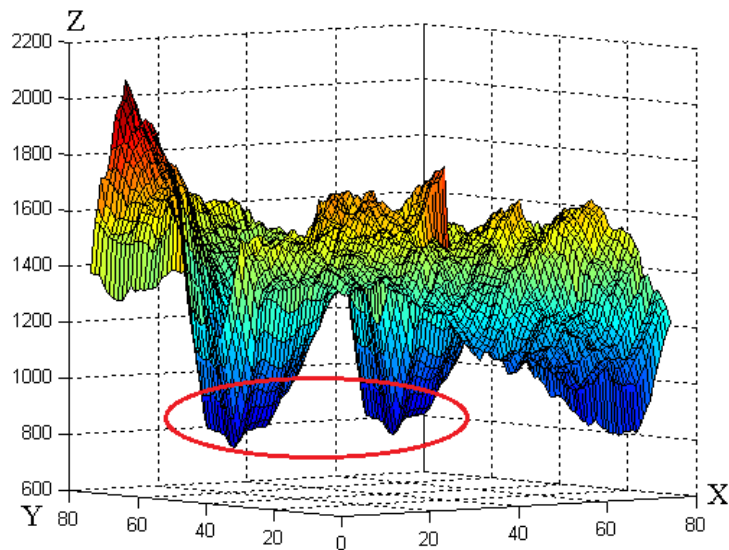
Основним об'єктом дослідження в блоково орієнтованому методі *KL* є матриця мінімальних блокових відмінностей (ММБВ), яка ставиться у відповідність аналізованому зображенню за наступним правилом [9,10]. Нехай  $F$  -  $n \times m$  - матриця ЦЗ, для аналізу якого використовуються блоки розміру  $l \times l$ . Кожному елементу

$f_{ij}$ ,  $i = \overline{1, n-l+1}$ ,  $j = \overline{1, m-l+1}$ , матриці  $F$  ставиться в співвідношення  $l \times l$ - блок  $B_{ij}$ , який є підматрицею  $F$ , для якого на місці (1,1) знаходиться елемент  $f_{ij}$ :

$$B_{ij} = \begin{pmatrix} f_{ij} & f_{i,j+1} & \dots & f_{i,j+l-1} \\ f_{i+1,j} & f_{i+1,j+1} & \dots & f_{i+1,j+l-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_{i+l-1,j} & f_{i+l-1,j+1} & \dots & f_{i+l-1,j+l-1} \end{pmatrix}$$

Елементи  $g_{ij}$   $(n-l+1) \times (m-l+1)$ - ММБВ  $G$ , яка ставиться в співвідношення ЦЗ, відображають величину найменшої відмінності  $l \times l$ - блоку  $B_{ij}$  від будь-якого іншого  $l \times l$ -блоку  $B_{kl}$  матриці  $F$  в сенсі величини  $\sum_{t,p=1}^l r_{tp}$ , де  $r_{tp}$ ,  $t, p = \overline{1, l}$ , - елементи  $l \times l$ -матриці  $R$ ,  $R = |B_{ij} - B_{kl}|$ .

У даній роботі основна увага приділена відокремленню області клону від прообразу малих абсолютних розмірів. Відповідним блокам  $B_{ij}$  клону і  $B_{kl}$  прообразу в ММБВ відповідають однакові за значенням локальні (глобальні) мінімуми:  $g_{ij} = g_{kl}$  (для частини ЦЗ, представленого на рис.1(б), що включає клон і прообраз, ММБВ і результат роботи алгоритмічної реалізації  $KL$  представлені на рис.2). ММБВ дає достатню інформацію для виявлення областей клону й прообразу в ЦЗ, що зазнало клонування, але вона ніяк не використовується в  $KL$  для відокремлення однієї області від іншої.



а



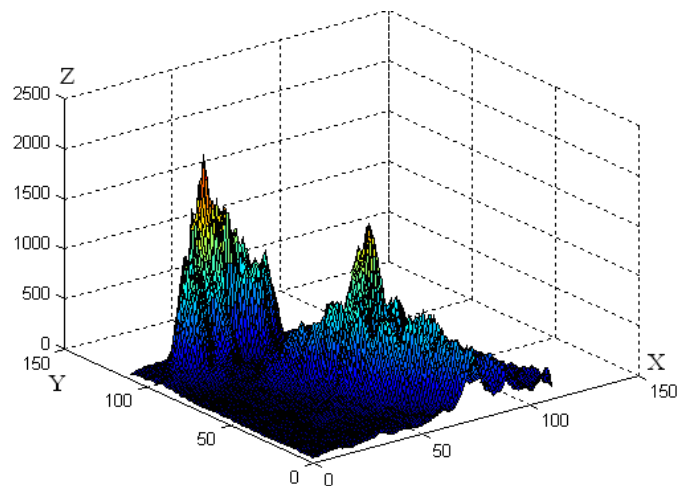
б

**Рис. 2.** Ілюстрація роботи алгоритмічної реалізації методу  $KL$  у випадку малих розмірів клону/прообразу для ЦЗ, представленого на рис.1(б): а – частина графіка функції, яка інтерполює елементи ММБВ, що відповідає частині ЦЗ (розміром  $80 \times 80$  пікселів), яка містить області клону й прообразу; б – результат роботи  $KL$  (для наочності наведена частина аналізованого ЦЗ, що відповідає частині ММБВ, де області клону й прообразу пофарбовані в червоний колір)

Ідея запропонованого нижче методу відокремлення виявлених клону від прообразу з врахуванням формального математичного апарату  $KL$  у неформальному виді може бути сформульована наступним чином. Як відомо [11], для значень яскравості пікселів, що знаходяться поряд, в оригінальному ЦЗ існує кореляційний зв'язок: значення яскравості пікселів, що знаходяться на незначній відстані один від одного, відрізняються також незначно, не можуть змінюватися стрибкоподібно, що приводить до того, що сума значень яскравості пікселів, що належать  $l \times l$ -блоку оригінального ЦЗ також змінюється незначно при зсуві блоку на кілька пікселів (униз, вгору, вправо, вліво). Ілюстрацією цьому може бути ММБВ (рис. 3), побудована для оригінального ЦЗ з використанням  $8 \times 8$ -блоків, інтерполуюча функція для якої не має значних стрибків для близьких значень. Вбудова клону - «чужорідної» частини в деяку оригінальну підобласть ЦЗ приводить до порушення цієї кореляції в деякому околі клону, однак з врахуванням того, що кореляція має місце для близько розташованих пікселів, порушення цієї кореляції в сенсі формування ММБВ найбільш яскраво буде проявлятися для «чужорідної» частини малих розмірів (зв'язок між пікселями, що знаходяться поруч, пікселями, між якими 1, 2 інших, буде сильніше, ніж між тими, між якими знаходяться, наприклад, 10 інших пікселів. В останньому випадку зв'язку практично немає, тому він й «не розірветься», якщо між ними поставити 10 інших пікселів). Це імовірно приведе до того, що для «чужого» блоку клону мінімальна блокова відмінність від блоків у деякому його «новому» блоковому околі, що не включає прообраз, буде більше, ніж для оригінального блоку прообразу в його оригінальному околі. Висунута гіпотеза знайшла своє підтвердження на практиці в ході проведення обчислювального експерименту при використанні блоків ЦЗ малих розмірів і стала основою при розробці запропонованого нижче методу відокремлення клону від прообразу.



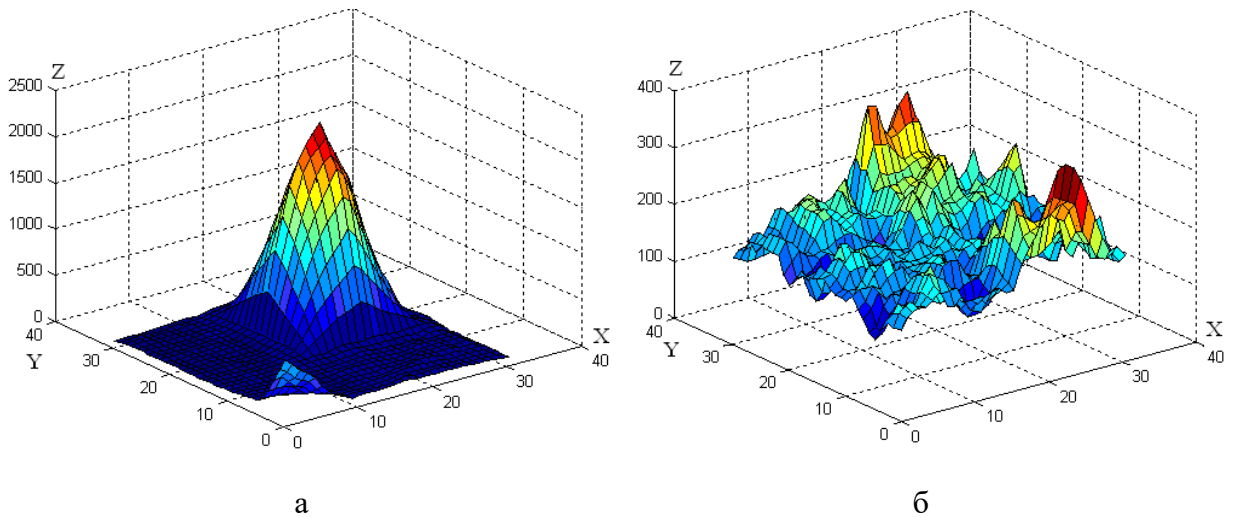
а



б

**Рис. 3.** Ілюстрація відсутності стрибкоподібних змін для близьких значень ММБВ оригінального ЦЗ: а – оригінальне ЦЗ; б – графік функції, що інтерполює елементи частини ММБВ, яка відповідає області, виділеній на рис.3(а)

У ході експерименту було встановлено, що для значного числа ЦЗ, що зазнали клонування з малою областю клону, не тільки відповідні клону й прообразу елементи ММБВ, побудованих для їхніх околів, зв'язані зазначеним вище співвідношенням, але й графіки функцій, що інтерполюють елементи ММБВ, мають специфічний вигляд у випадку клону, визначаючи блок клону (або блок, що відповідає пікселю, який відстоїть від пікселя, що відповідає блоку клону, на 1,2,3 позиції) як локальний (глобальний) максимум ММБВ (рис.4(а)).



**Рис. 4.** ММБВ для околів клону й прообразу ЦЗ: а – ММБВ для околу клону; б – ММБВ для околу прообразу

З врахуванням всього вищесказаного, основні кроки запропонованого методу відокремлення клону від прообразу малих розмірів, що далі називається *КРМ*, наступні.

**Крок 1.** Нехай  $T_1$  і  $T_2$  - виявлені деяким алгоритмом області клону й прообразу, що мають малі абсолютні розміри. Визначити  $B_1$  і  $B_2$  -  $l \times l$ -блоки матриці  $F$  аналізованого ЦЗ як можна меншого розміру такі, що

$$T_1 \subseteq B_1, T_2 \subseteq B_2, B_1 \cap B_2 = \emptyset.$$

**Крок 2.** Побудувати  $O_1$  і  $O_2$  - прямокутні  $p \times p$ -околи  $B_1$  і  $B_2$  відповідно, розміри яких порівнянні з розмірами  $B_1$  і  $B_2$ , такі, що

$$\begin{aligned} B_1 \subseteq O_1, B_2 \subseteq O_2, \\ O_1 \cap B_2 = \emptyset, O_2 \cap B_1 = \emptyset. \end{aligned} \tag{1}$$

**Крок 3.** Для  $O_1$  і  $O_2$  побудувати ММБВ, використовуючи блоки розміру  $l \times l$ :  $M_1$  і  $M_2$  відповідно.

**Крок 4.** В  $M_1$  і  $M_2$  знайти значення елементів, що відповідають блокам  $B_1$  і  $B_2$ . Нехай ці елементи – це  $m_{ij}^{(1)} \in M_1$  і  $m_{kr}^{(2)} \in M_2$ .

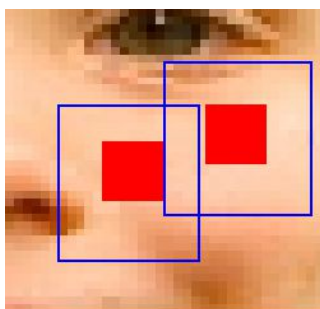
**Крок 5** (відокремлення клону від прообразу).

Якщо 
$$m_{ij}^{(1)} < m_{kr}^{(2)},$$

то  $T_1$  - прообраз,  $T_2$  - клон,

інакше  $T_1$  - клон,  $T_2$  - прообраз.

Приклад виконання кроку 2 наведений на рис.5 для ЦЗ, представленого на рис.2. Зауважемо, що околи  $O_1$  і  $O_2$  можуть як перетинатися, так і бути непересічними. Основною умовою для них є (1).



**Рис. 5.** Приклад побудови околів  $O_1$  і  $O_2$

Ефективність *KPM* при правильно виявлених попередньо областях клону й прообразу, очевидно, ніяк не повинна залежати від величини збурної дії, якій, можливо, піддалося клоноване ЦЗ, але явно буде залежати від розмірів  $B_1$  і  $B_2$ . Для підтвердження цього, а також для безпосередньої оцінки ефективності в середовищі *Matlab* був проведений обчислювальний експеримент. Експериментальна множина (ЕМ), на якій відбувалося тестування 2-ох алгоритмічних реалізацій розробленого методу, для яких використовувалися наступні значення переметрів:  $l = 8, p = 48$ ;  $l = 16, p = 56$ , формувалося наступним чином. Кожне з обраних випадковим чином 200 ЦЗ з бази NRCS [12], піддавалося клонуванню, де як прообраз/клон брався один  $8 \times 8$  – блок, після чого ЦЗ зберігалося у форматі Jpeg чотири рази з різними значеннями коефіцієнта якості  $QF \in \{65, 75, 85, 95\}$ , і ще двічі у форматі Tif після попереднього накладання на клоноване ЦЗ гауссівського шуму з нульовим математичним очікуванням і  $D \in \{0.0001, 0.0005\}$ . Все те ж саме було зроблено у випадку, коли в якості прообразу/клону брався один  $16 \times 16$  – блок. Таким чином, потужність ЕМ – 2400 ЦЗ. Використання  $8 \times 8$  у якості найменшого розміру блоку обумовлено тим, що клони/прообрази меншого розміру, як свідчать відкриті джерела, у даний момент існуючими методами систематично не визначаються, більше того,  $8 \times 8$ -клони і прообрази визначаються лише деякими відповідними алгоритмами, зокрема [9,10].

Результати обчислювального експерименту представлені в табл.1,2.

**Таблиця 1.**

Помилки (%) при роботі алгоритму, що реалізує метод *KPM*, залежно від розмірів клону/прообразу й значення коефіцієнта якості  $QF$ , що використовувався для стиску клонованого ЦЗ з ЕМ

$l$	$QF$			
	65	75	85	95
8	19.5	20	20.5	19.5
16	25	24	25	26

**Таблиця 2.**

Помилки (%) при роботі алгоритму, що реалізує метод *KPM*, залежно від розмірів клону/прообразу й параметра гауссівського шуму, що накладался на клоноване ЦЗ

$l$	$D$	
	0.0001	0.0005
8	20.5	20
16	27.5	27.5

Таким чином, як і очікувалося, ефективність розробленого алгоритму є більшою у випадку менших розмірів областей клону/прообразу і не залежить від величини додаткової збурної дії. Для підвищення ефективності метод потребує вдосконалення, але необхідно відзначити, що до цього моменту способу розв'язку розглянутої задачі у відкритих джерелах в розглянутих умовах взагалі не пропонувалося.

## Висновки

У роботі розроблений метод відокремлення виявлених попередньо клону від прообразу в умовах відсутності відмінностей у їхній обробці без використання технології ЦЗ, що привело до підвищення інформативності результатів виявлення порушень цілісності ЦЗ, проведеного шляхом клонування.

Ефективність розробленого методу не залежить від величини збурної дії, яку зазнає клоноване ЦЗ, а залежить від розміру клону/прообразу, будучи більш високою для клону/прообразу менших розмірів. Кількість помилок при відокремленні клону від прообразу мінімально у випадку  $l=8$ ,  $p=48$  і становить  $\approx 20\%$ . Підвищення ефективності розробленого методу можливо за рахунок залучення аналізу додаткових формальних параметрів матриці клонованого ЦЗ, зокрема аналізу околів елементів, що відповідають клону й прообразу в ММБВ  $M_1$  і  $M_2$ , над чим зараз працює автор.

## Список літератури

1. Kakar, P. Exposing postprocessed copy-paste forgeries through transform-invariant features / P. Kakar, N. Sudha. // IEEE Transactions on Information Forensics and Security. — 2012. — Vol. 7, No. 3. — Pp. 1018–1028.
2. Ali Qureshi, M. A review on copy move image forgery detection techniques / M. Ali Qureshi, M. Deriche. // IEEE 11th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices. — 2014. — Pp. 1–5.
3. Davarzani, R. Copy-move forgery detection using multiresolution local binary patterns / R. Davarzani, K. Yaghmaie, S. Mozaffari, M. Tapak. // Forensic science international. — 2013. — Vol. 231, No. 1. — Pp. 61–72.
4. Singh, Ratnam. Copy Move Tampering Detection Techniques: A Review / Ratnam Singh, Mandeep Kaur. // International Journal of Applied Engineering Research. — 2016. — Vol. 11, No. 5. — Pp. 3610–3615.
5. Mahdian, B. A bibliography on blind methods for identifying image forgery / B. Mahdian, S. Saic. // Signal Processing: Image Communication. — 2010. — Vol. 25, No. 6. — Pp. 389–399.
6. Mishra, M. Detection of Clones in Digital Images / M. Mishra, M.C. Adhikary. // International Journal of Computer Science and Business Informatics. — 2014. — Vol. 9, No. 1. — Pp. 91–102.
7. Лебедева, Е.Ю. Метод локализации и идентификации оригинальной и клонированной областей изображения / Е.Ю. Лебедева. // Информатика та математичні методи в моделюванні. — 2014. — Т. 4, № 1. — С. 76–84.
8. Кобозева, А.А. Выявление нарушений целостности цифрового изображения путем использования стеганографических алгоритмов / А.А. Кобозева, И.И. Бобок, Л.М. Дзюбинская. // Информатика та математичні методи в моделюванні. — 2015. — Т. 5, № 2. — С. 129–134.
9. Григоренко, С.М. Розвиток методу виявлення клонування в цифровому зображенні в умовах додаткових збурних дій / С.М. Григоренко. // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. — 2016. — Вип. 1 (31). — С. 85–98.
10. Кобозева, А.А. Метод выявления нарушения целостности цифрового изображения, проведенного путем клонирования, робастный к сжатию с потерями / А.А. Кобозева, И.И. Бобок, С.Н. Григоренко. // 17-я Международная научно-практическая конференция «Современные информационные и электронные технологии «СИЭТ-2016». — Одесса, 2016. — С. 127–128.
11. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. — М.: Техносфера, 2006. — 1070 с.



12. NRCS Photo Gallery: [Электронный ресурс] // United States Department of Agriculture. Washington, USA. Режим доступа: <http://photogallery.nrcs.usda.gov> (Дата звернения: 26.07.2012).

## МЕТОД ОТДЕЛЕНИЯ КЛОНА ОТ ПРООБРАЗА В ЦИФРОВОМ ИЗОБРАЖЕНИИ В УСЛОВИЯХ ОТСУТСТВИЯ РАЗЛИЧИЙ ПРИ ИХ ПОСТОБРАБОТКЕ

И.И. Бобок

Одесский национальный политехнический университет,  
просп. Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина; e-mail: werter666@ukr.net

Одним из самых распространенных инструментов, используемый при несанкционированных изменениях цифровых изображений (ЦИ), остается клонирование. Этот программный инструмент реализован во всех современных графических редакторах, делая задачу выявления результатов клонирования одной из самых актуальных при проверке целостности цифровых контентов. Настоящая работа посвящена повышению информативности результатов выявления нарушений целостности ЦИ за счет разработки метода отделения области клона от прообраза в условиях отсутствия различий в их обработке. Разработанный метод не использует технологию цифровых водяных знаков, которая сама по себе приводит к нарушению целостности исходного изображения, но является на сегодняшний день очень распространенной при выявлении результатов несанкционированных изменений ЦИ. Эффективность алгоритмической реализации разработанного метода практически не зависит от силы возмущающего воздействия, использованного в процессе постобработки клонированного изображения, возрастает с уменьшением абсолютных размеров клона, прообраза. Аналогов предложенного метода с точки зрения решаемой задачи (отделение клона от прообраза) и выдвинутых условий, в которых ищется решение, в открытой печати не обнаружено.

**Ключевые слова:** цифровое изображение, клонирование, клон, прообраз, отделение клона от прообраза, матрица минимальных блоковых отличий

## METHOD FOR SEPARATING OF CLONE AND PROTOTYPE IN A DIGITAL IMAGE IN THE CONDITIONS OF THE ABSENCE OF DIFFERENCES IN THEIR POST-PROCESSING

I.I. Bobok

Odesa National Polytechnic University,  
1, Shevchenko Ave., Odesa, 65044, Ukraine; e-mail: werter666@ukr.net

The cloning is one of the most common and often used software tool for unauthorized changes of digital images that implemented in all modern graphics editors. Thus, the task of detection the results of cloning is one of the most urgent for verifying the integrity of digital content. This work is devoted to increasing the informative value of the results of the detection of integrity violations of the digital images due to the development of a new method for separating of clone and prototype in the absence of their post-processing or the absence of differences in this treatment. The developed method does not use the technology of digital watermarks which leads to a violation of the integrity of the original image. The effectiveness of the algorithmic implementation of the developed method is practically independent of the value of the disturbing effect used in the post-processing of the cloned image, and increases with decreasing absolute sizes of the clone and pre-image. Analogues of the proposed method from the point of view of the problem being solved (separating of clone and prototype) and the proposed conditions have not been found in the open sources.

**Keywords:** digital image, cloning, clone, prototype, separation of clone and prototype, matrix of minimal block differences