

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВІДОКРЕМЛЕННЯ КЛОНУ ВІД ПРООБРАЗУ В ЦИФРОВОМУ ЗОБРАЖЕННІ

І.І. Бобок, А.А. Кобозєва

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

Клонування залишається на сьогоднішній день одним з найбільш широко й часто використовуваних при фальсифікаціях цифрових зображень (ЦЗ) програмних інструментів. Розв'язанню задачі виявлення результатів клонування приділяється багато уваги, однак питання визначення, яка з виявлених попередньо областей ЦЗ є клоном, а яка прообразом, залишається актуальним. У роботі запропоноване вдосконалення методу відокремлення клону від прообразу, розробленого авторами раніше, ефективного в умовах відсутності будь-якої обробки клонованого ЦЗ. Метою вдосконалення є підвищення інформативності результатів виявлення клонування в ЦЗ шляхом забезпечення ефективної роботи відповідного методу в умовах додаткових збурних дій, зокрема, в умовах стиску з втратами клонованого зображення. Удосконалення методу забезпечується за рахунок виявлення й фіксації моменту стрибка значення модуля різниці норм відмітних околів відповідних блоків клону й прообразу, який має місце при досягненні цими блоками границь реальних областей клону й прообразу. У момент фіксації стрибка клону відповідає блок, норма відмітного околу якого більше. Процес фіксації стрибка відбувається для декількох (максимально 8) пар відповідних блоків, що виходять на границі клону й прообразу. Остаточний висновок робиться з врахуванням того, яка з виявлених областей визначалася як клон/прообраз більшу кількість разів. Результати проведеного обчислювального експерименту говорять про ефективність алгоритмічної реалізації запропонованого методу в умовах наявності додаткових збурних дій на клоноване ЦЗ.

Ключові слова: клонування, цифрове зображення, відокремлення клону від прообразу, відмітний окіл блоку, додаткові збурні дії

Вступ

Специфікою сьогоднішнього дня з урахуванням високого рівня розвитку інформаційних технологій є повсюдне використання цифрових інформаційних контентів. Якщо ці контенти використовуються з нерозважальною метою, надзвичайно важливою є умова збереження їх цілісності. Існує велика кількість сучасних наукових робіт, присвячених розробці методів виявлення порушень цілісності цифрових контентів, зокрема зображень (ЦЗ), яким присвячена дана стаття, заснованих на різних математичних підходах, з використанням різних технологій [1-3]. Дуже велика увага приділяється процесу виявлення результатів одного з найбільш широко й часто використовуваних при фальсифікаціях ЦЗ програмних інструментів - виявленню клонування, яке реалізовано у всіх сучасних графічних редакторах [4-7]. Тут отримані значимі результати, що дозволяють виявляти клони/прообрази в умовах додаткових збурних дій, у тому числі значних [6,7], клони/прообрази малих абсолютних, відносних розмірів [6] і т.д. Однак до цього моменту не отримала бажаного розвитку проблема відокремлення клону від прообразу, тобто визначення, яка саме з виявлених областей є клоном, а яка прообразом, розв'язок якої дозволить підвищити інформативність результатів зробленої експертизи. Існуючі підходи, що використовуються для розв'язання цієї задачі, різні. Основними з них є: використання технології цифрових

водяних знаків [8] (вбудова яких у ЦЗ сама по собі порушує його цілісність, що є небажаним), пошук результатів постобробки клону [9], яка відрізняється від обробки прообразу (але у випадку клону/прообразу малих розмірів постобробка клону часто відсутня, що робить методи цієї групи тут неідеальними). В [10] був запропонований метод відокремлення клону від прообразу в умовах відсутності обробки клонованого ЦЗ. І хоча умови, у яких вирішується ця задача (відсутність будь-якої постобробки), забезпечують її максимальну складність, на практиці, у випадку, якщо розміри клону/прообразу не можна назвати малими, без обробки клонованого ЦЗ, як правило, не обходяться: після клонування ЦЗ зазнає додаткових збурних дій, які змінюють елементи його матриці. Зокрема, враховуючи сучасні обсяги цифрової інформації, що пересилається по каналах зв'язку, ЦЗ буде збережено у форматі з втратами, що не поверне до його постобробки додаткової уваги, не вплине на візуальне сприйняття, але при цьому внесе зміни в матрицю, ускладнюючи процес виявлення клону й прообразу. У силу цього основна увага в даній роботі приділяється забезпеченню працездатності методу відокремлення клону від прообразу, що пропонується, в умовах стиску клонованого зображення з втратами. Для визначеності, не обмежуючи спільність міркувань, скрізь нижче як формат з втратами використовується формат Jpeg.

Мета статті й постановка досліджень

Метою статті є підвищення інформативності результатів виявлення клонування в ЦЗ шляхом удосконалення методу відокремлення клону від прообразу, запропонованого [10], яке забезпечує його ефективну роботу в умовах додаткових збурних дій на клоноване зображення.

Для досягнення мети в роботі вирішуються наступні *задачі*:

1. Визначити умову виходу відповідних блоків клону й прообразу, що належать їхнім внутрішностям, за межі реальних областей клону й прообразу з врахуванням постобробки клонованого ЦЗ;

2. Визначити величину відмінності норм відмітних околів відповідних блоків клону й прообразу у випадку, коли відмітні околи містять у собі інформацію про блоки, що мають непусте перетинання з областю ЦЗ, що відрізняється від клону/прообразу.

Основна частина

Основними об'єктами аналізу в методі відокремлення клону від прообразу в ЦЗ, запропонованому в [10], є відмітні околи відповідних блоків клону й прообразу, виявлених попереду.

Поняття відмітного околу 1×1 -блоку B ЦЗ радіуса k введено авторами раніше в [11]. Відмітний окіл представляє з себе $(2k + 1) \times (2k + 1)$ -матрицю, елементи якої відображають відмінність B від блоків ЦЗ, що знаходяться від B на відстані, що не перевищує k . При цьому сусідами блоку B , що знаходяться від нього на відстані k , називаються блоки ЦЗ, місце розташування яких отримується шляхом зсуву B на k пікселів вправо, вліво, вгору, вниз, вздовж головної й побічної діагоналей (вгору, вниз). Відмінність між будь-якими 1×1 -блоками $B^{(1)}, B^{(2)}$ ЦЗ визначається наступним чином:

$$\sum_{t,p=1}^l r_{tp}, \quad (1)$$

де $r_{ip}, t, p = \overline{1, l}$, — елементи 1×1 -матриці $R = |B^{(1)} - B^{(2)}|$, де останнє співвідношення розуміється в поелементному сенсі.

Очевидно, що при відсутності додаткових збурних дій на клоноване ЦЗ норми відмітних околів відповідних блоків клону й прообразу не будуть відрізнятися у випадку, коли ці блоки належать внутрішностям [10] клону й прообразу відповідно, а їх відмінність буде сигналізувати про вихід за межі внутрішностей реальних областей клону й прообразу розглянутою парою відповідних блоків з наступним визначенням області клону як такої, якій належить блок, норма відмітного околу якого більша. Таким чином, у випадку відсутності додаткових збурних дій на клоноване ЦЗ є явний «показчик» на блок клону. Якщо ж клоноване ЦЗ піддавалося постобробці, то норми відмітних околів відповідних блоків клону й прообразу будуть відрізнятися навіть у тому випадку, якщо вони точно належать внутрішностям клону й прообразу. Ці відмінності будуть результатом додаткових збурних дій на ЦЗ, не будучи інформативними з погляду розв'язуваної задачі відокремлення клону від прообразу. Вихід за межі реальних клону й прообразу тут не буде таким очевидним, як в умовах роботи методу, розробленого в [10].

Пропонується вдосконалення існуючого методу, засноване на наступних міркуваннях, метою якого є забезпечення його ефективної роботи в умовах постобробки клонованого ЦЗ. У межах внутрішностей областей клону й прообразу норми відмітних околів відповідних блоків повинні відрізнятися друг від друга менше, ніж у випадку, коли відбудеться вихід відмітних околів за межі реальних клону й прообразу, до того ж в межах внутрішностей клону й прообразу співвідношення між нормами відмітних околів (яка з них більше) не носить інформативного характеру, тому що відмінність між цими нормами визначається тільки наявністю додаткової збурної дії. При виході за межі внутрішностей клону й прообразу повинен відбутися кількісний стрибок у збільшенні величини відмінності між нормами відмітних околів, і тут вже показовим є порівняння норм околів: блоку клону повинен відповідати відмітний окіл, норма якого більше [11]. Невиконання цього твердження може мати місце в силу наступних причин. Одним з джерел висновку [10,11] про те, що норма відмітного околу блоку-клубу повинна бути більше норми відмітного околу відповідного блоку-прообразу в момент виходу за межі реальних клону й прообразу, є наявність значної кореляції між значеннями яскравості пікселів-сусідів [11,12], яка «розривається» для граничних пікселів області клону. Відмітні околи відповідних блоків клону й прообразу в умовах додаткових збурних дій «несуть у собі інформацію» не тільки про відмінності в сенсі (1) конкретного блоку (клонованого ЦЗ) від його найближчих сусідів, але й про саму збурну дію, зокрема, про силу цієї дії. Чим сильніша збурна дія, що накладається на клоноване ЦЗ, тим сильніше змінюються значення яскравості його пікселів (незалежно від того, належать ці пікселі границі прообразу або границі клону). Зміни значень яскравості пікселів у результаті постобробки можуть бути настільки великі, що в деяких випадках «перекриють собою» наслідки розриву кореляційних зв'язків для пікселів, що лежать на границі області клону, що може привести до того, що норма відмітного околу блоку-прообразу виявиться більше норми відмітного околу блоку-клубу. Найчастіше це відбувається тоді, коли за допомогою клонування з ЦЗ усувається деякий об'єкт (малих розмірів), що знаходиться в його «фоновій» (з незначними перепадами яскравості) області, з якої ж і обирається прообраз (рис.1).

З врахуванням цього момент виходу розглянутих відповідних блоків за межі реальних областей клону й прообразу повинен відслідковуватися в ході аналізу не по одному, а по декільком напрямкам, що й пропонується в удосконаленому в роботі методі.



Рис. 1. ЦЗ, для якого норма відмітного околу блоку-клону була менше норми відмітного околу блоку-прообразу в момент виходу за межі областей клону й прообразу в напрямку, паралельному осі ОУ: а – оригінальне ЦЗ; б – клоноване ЦЗ, збережене в форматі Jpeg з коефіцієнтом якості QF=55 (виділений прообраз)

Пропонується наступна модифікація методу, розробленого в [10].

Крок 1. Нехай \bar{T}, \bar{T} - виявлені деяким відповідним алгоритмом попередньо в аналізованому ЦЗ області клону й прообразу. Будемо вважати, що \bar{T}, \bar{T} є підобластями реальних областей \bar{P}, \bar{P} клону і прообразу: $\bar{T} \subseteq \bar{P}, \bar{T} \subseteq \bar{P}$.

1.1. Визначити: \bar{T}_v, \bar{T}_v - внутрішності \bar{T}, \bar{T} відповідно;

1.2. Визначити: \bar{B}, \bar{B} - пару відповідних 1×1 - блоків ЦЗ таких, що $\bar{B} \subseteq \bar{T}_v, \bar{B} \subseteq \bar{T}_v$.

1.3. Для \bar{B}, \bar{B} побудувати \bar{O}, \bar{O} - відповідні відмітні околи радіуса 1. Знайти $\|\bar{O}\|, \|\bar{O}\|$ - матричні норми \bar{O}, \bar{O} .

1.4. Обчислити: $G = \left| \|\bar{O}\| - \|\bar{O}\| \right|$.

1.5. Покласти: $\bar{p} = 0, \bar{p} = 0$ - лічильники, що показують, скільки разів у ході роботи методу як клон визначалася область \bar{T}, \bar{T} відповідно.

Крок 2. Для блоків \bar{B}, \bar{B} :

2.1. Отримати відповідно \bar{R}, \bar{R} - блоки ЦЗ, розташування яких відповідає зсуву \bar{B}, \bar{B} на 1 піксель в обраному напрямку v .

2.2. Для блоків \bar{R}, \bar{R} побудувати \bar{O}, \bar{O} - відповідні відмітні околи радіуса 1. Знайти $\|\bar{O}\|, \|\bar{O}\|$ - матричні норми \bar{O}, \bar{O} .

2.3.

Якщо

$$\left| \|\bar{O}\| - \|\bar{O}\| \right| \approx G, \tag{2}$$

то

$$\bar{R} \subseteq \bar{P}_v, \quad \bar{R} \subseteq \bar{P}_v,$$

де $\bar{P}_v, \bar{\bar{P}}_v$ - внутрішності $\bar{P}, \bar{\bar{P}}$ відповідно, границі клону й прообразу не досягнуті, покласти: $\bar{B} = \bar{R}, \bar{\bar{B}} = \bar{\bar{R}}, G = \left\| \left\| \bar{O} \right\| - \left\| \bar{\bar{O}} \right\| \right\|$; напрямок v зсуву залишається незмінним; перехід на крок 2.1;

інакше

$$\begin{array}{ll} \text{якщо} & \left\| \bar{O} \right\| > \left\| \bar{\bar{O}} \right\|, \\ \text{то} & \bar{p} = \bar{\bar{p}} + 1, \\ \text{інакше} & \bar{\bar{p}} = \bar{p} + 1. \end{array}$$

2.4.

Якщо потрібне уточнення отриманих результатів $\bar{p}, \bar{\bar{p}}$,

то повернутися до первісних блоків $\bar{B}, \bar{\bar{B}}$, місця розташування яких визначені на кроці 1.2; змінити напрямок v їх зсува; перехід на крок 2.1.

Крок 3 (відокремлення клону від прообразу).

Якщо $\bar{p} > \bar{\bar{p}}$,

то \bar{T} - клон, $\bar{\bar{T}}$ - прообраз,

інакше $\bar{\bar{T}}$ - прообраз, \bar{T} - клон.

Основна задача для забезпечення можливості побудови алгоритмічної реалізації запропонованого методу полягає в конкретизації наближеної рівності (2): визначенні кількісного показника того, що ця наближена рівність не має місця. Необхідно визначити, коли різницю між $\left\| \bar{O} \right\|, \left\| \bar{\bar{O}} \right\|$ можна назвати стрибком, що вказують на вихід за межі реальних клону, прообразу.

Експериментально було встановлено, що виходу за межі реальних клону й прообразу відповідає співвідношення $\left\| \left\| \bar{O} \right\| - \left\| \bar{\bar{O}} \right\| \right\| > 2G$, яке й використовувалося при алгоритмічній реалізації вдосконаленого методу поряд з наступними значеннями параметрів, що фігурують у методі: як v використовуються 8 різних напрямків зсуву (додатний, від'ємний напрямки вздовж координатних осей, а також напрямки, що відповідають діагоналям (головній й побічній) блоків (вгору, вниз)), $l \geq 8$.

Зуваження 1. Специфіка запропонованого вдосконалення методу така (визначення й фіксація моменту стрибка значення модуля різниці норм відмітних околів розглянутих блоків), що для його ефективної роботи важливим є забезпечення того, щоб у розглянутих парах блоків ці блоки були відповідними в областях клону й прообразу.

Робота алгоритмічної реалізації запропонованого методу проілюстрована на рис. 2. Для попереднього виявлення областей клону й прообразу був використаний метод KL, розроблений в [6,7], у силу того, що ефективність цього методу в умовах постобробки клонованого ЦЗ перевищує ефективність сучасних аналогів. В результаті роботи методу KL ($l = 8$) для підобласті аналізованого ЦЗ (рис. 2(а)) розміром 120×120 пікселів (рис. 2(б)), що містить клон і прообраз, з урахуванням отриманої матриці мінімальних блокових відмінностей (ММБВ), що є основним об'єктом аналізу в методі KL (рис. 2(в) – графік інтерполяційного сплайна для елементів ММБВ), була обрана пара відповідних блоків (44,63) і (63,39) клону й прообразу (рис. 2(г)), яким у ММБВ відповідали рівні за значенням глобальні мінімуми (що дорівнювали 116).

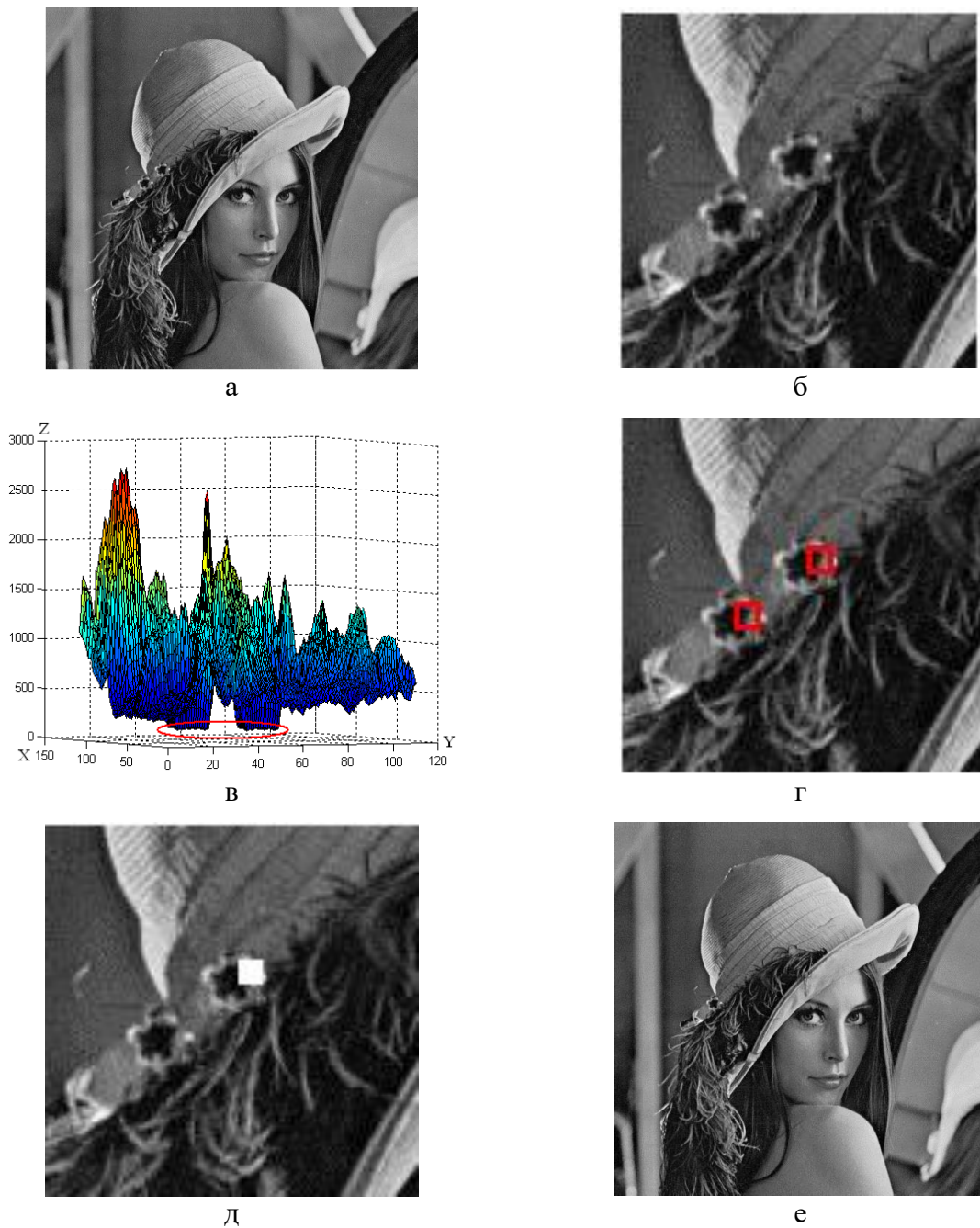


Рис. 2. Ілюстрація роботи розробленого методу для аналізу клонованого ЦЗ, що піддалося додатковим збурним діям: а – ЦЗ, піддане клонуванню з наступним збереженням у форматі з втратами (Jpeg, QF=75); б – підобласть ЦЗ, що містить клон і прообраз; в – ММБВ для підобласті ЦЗ з виділеними частинами, що відповідають клону й прообразу; г – відповідні 8×8 -блоки клона і прообраза, що використовувалися для їх відокремлення; д – результат відокремлення клону від прообраза з визначенням місця розташування клону; е – оригінальне ЦЗ

Модуль різниці норм відмітних околів радіуса 1 для цих блоків склав 16. Результати застосування алгоритмічної реалізації розробленого методу відокремлення клону від прообраза наочно представлені на рис. 3, де зафіксовані значення модуля різниці норм відмітних околів відповідних блоків, місце розташування яких визначалося покроковим (на 1 піксель) зсувом блоків (44,63) і (63,39) в 8-мі напрямках (вліво, вправо, вгору, вниз, вздовж головної й побічної діагоналей (вгору, вниз)). Висновок про те, що має місце стрибок розглянутого значення, робився у випадку, якщо збільшення значення відбувалося не менш, ніж у два рази. Для таких значень визначалося, для якого блоку

норма відповідного околу більше (на рис. 3 у дужках ця інформація зазначена в наступних позначеннях: I - блок (44,63), II - блок (63,39)). В результаті в якості блоку, що належить клону, був визначений блок (44,63) (рис. 2(д)), оскільки він визначався таким в 5 напрямках виходу на границі областей клону й прообразу з 8 (рис. 3), що відповідає дійсності (рис. 2(е)).

		106 (I)			65 (I)	
			18		1	
				11	15	340 (I)
	36 (I)	15	9	5	16	347 (I)
				22	35(II)	308 (I)
			25			
			26			
	33					
68 (II)						

Рис. 3. Числові значення модуля різниці норм відмітних околів відповідних блоків клону й прообразу (виділена комірka відповідає первісно виявленим блокам (44,63) і (63,39)), жирним шрифтом виділені значення, що характеризують стрибок, для ЦЗ, представленого на рис. 2(а)

Ілюстрація роботи алгоритму для ЦЗ, збереженого після клонування у форматі Jpeg з коефіцієнтом якості QF=60, представлена на рис. 4, де правильно виявлений клон позначений за допомогою відповідного блоку, використаного спочатку (рис. 4(г)).

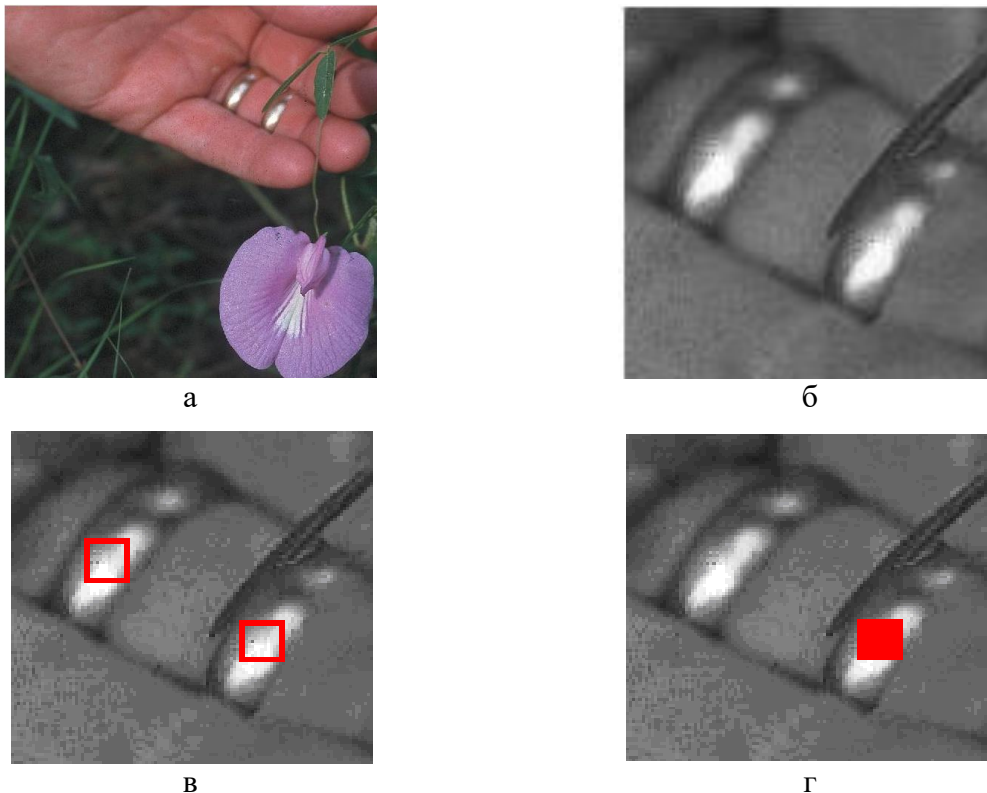


Рис. 4. Результат роботи алгоритмічної реалізації методу відокремлення клону від прообразу в умовах додаткових збурних дій: а – ЦЗ після клонування, збережене з втратами (Jpeg, QF=60); б – підобласть ЦЗ, що містить клон і прообраз, яка використовується для аналізу; в – відповідні блоки ЦЗ, що використовуються для відокремлення клону від прообразу; г – результат відокремлення клону від прообразу (позначений клон)

Зауваження 2. Вибір при проведенні обчислювального експерименту методу KL для попереднього виявлення областей клону й прообразу був зроблений не тільки завдяки високій ефективності методу в умовах наявності додаткових збурних дій. Для розробленого в даній роботі методу важливим є визначення пари *відповідних* блоків $\overline{B}, \overline{\overline{B}}$ (крок 1.2) у внутрішностях клону й прообразу (зауваження 1). Специфіка методу KL дозволяє визначити ці блоки точно: їм у ММБВ будуть відповідати співпадаючі за значенням елементи, що представляють із себе локальні (глобальні) мінімуми ММБВ. У зв'язку з цим рекомендується при використанні запропонованого в даній статті методу надалі використовувати для попереднього виявлення клону й прообразу метод KL.

Висновки

У роботі вирішена важлива науково-практична задача вдосконалення методу відокремлення клону від прообразу, розробленого авторами раніше, метою якого було забезпечення ефективної роботи методу в умовах наявності додаткових збурних дій на клоноване ЦЗ. Запропоноване вдосконалення дозволило підвищити інформативність результатів виявлення клонування в ЦЗ.

У ході роботи отримана умова виходу відповідних блоків клону й прообразу, що належать їхнім внутрішностям, за межі реальних областей клону й прообразу з врахуванням постобробки клонованого ЦЗ: стрибок значення модуля різниці норм відмітних околіть блоків $\overline{B}, \overline{\overline{B}}$, що розглядаються в цей момент. Експериментально встановлено, що цей стрибок кількісно повинен не менше, ніж в 2 рази перевищувати значення розглянутого параметра для пари блоків, що розглядалися на попередньому кроці алгоритму (тобто тих блоків, зсув яких на 1 піксель у розглянутому в цей момент напрямку визначив місце розташування $\overline{B}, \overline{\overline{B}}$).

Результати обчислювального експерименту підтверджують ефективність алгоритмічної реалізації запропонованого методу в умовах наявності додаткових збурних дій на клоноване ЦЗ.

Список літератури

1. Бобок, И.И. Метод организации скрытого канала связи, обеспечивающий проверку целостности контейнера / И.И. Бобок, А.А. Кобозева, Е.В. Малахов, А.Д. Шовкун // Сучасна спеціальна техніка. — 2012. — № 2 (29). — С. 76-85.
2. Vafaei, M. A Novel Digital Watermarking Scheme Using Neural Networks with Tamper Detection Capability/ M.Vafaei, H.Mahdavi-Nasab // J. Basic. Appl. Sci. Res. — 2013. — 3 (4). — Pp. 577-587.
3. Козина, М.А. Стеганографический метод организации скрытого канала связи, осуществляющий проверку целостности передаваемой информации / М.А. Козина. — Сучасна спеціальна техніка. — 2014. — № 4. — С. 98-106.
4. Singh, R. Copy Move Tampering Detection Techniques: A Review / R. Singh, Mandeep Kaur // International Journal of Applied Engineering Research. — 2016. — Vol. 11, No 5. — Pp. 3610–3615.
5. Rani, S. A Survey of Copy-Move Forgery Detection Techniques for Digital Images / S.Rani, M.Jayamohan, S.Sruthy // International Journal of Innovations in Engineering and Technology. — 2015. — Vol. 5, Iss. 2. — Pp. 419-426.
6. Кобозева, А.А. Задача обнаружения результатов клонирования в изображении и новый подход к ее решению в условиях дополнительных возмущений / А.А. Кобозева, С.Н. Григоренко // Информационные технологии в управлении, образовании, науке и промышленности: монография / под ред. В.С. Пономаренко. — Х.: Издатель Рожко С. Г., 2016. — С. 300-313.

7. 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.
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. 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.
10. Бобок І.І. Метод відокремлення клону від прообразу в цифровому зображенні в умовах відсутності постобробки зображення / І.І. Бобок, А.А. Кобозева. — Вісник ЧДТУ. — 2018. — № 1. — С. 27-35.
11. Бобок, І.І. Теоретичні основи методу відокремлення клону від прообразу в цифровому зображенні / І.І. Бобок, А.А. Кобозева // Безпека інформації. — 2018. — Т.24, № 1. — С. 197-203.
12. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс; пер. с англ. П.А. Чочиа. — М.: Техносфера, 2006. — 1070 с.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОТДЕЛЕНИЯ КЛОНА ОТ ПРООБРАЗА В ЦИФРОВОМ ИЗОБРАЖЕНИИ

И.И. Бобок, А.А. Кобозева

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

Клонирование остается на сегодняшний день одним из наиболее широко и часто используемых при фальсификациях цифровых изображений (ЦИ) программных инструментов. Решению задачи выявления результатов клонирования уделяется много внимания, однако вопрос определения, какая из выявленных предварительно областей ЦИ является клоном, а какая прообразом, остается актуальным. В работе предложено усовершенствование метода отделения клона от прообраза, разработанного авторами ранее, эффективного в условиях отсутствия какой-либо обработки клонированного ЦИ. Целью усовершенствования является повышение информативности результатов выявления клонирования в ЦИ путем обеспечения эффективной работы соответствующего метода в условиях дополнительных возмущающих воздействий, в частности, в условиях сжатия с потерями клонированного изображения. Усовершенствование метода обеспечивается за счет выявления и фиксации момента скачка значения модуля разности норм отличительных окрестностей соответствующих блоков клона и прообраза, который имеет место при достижении этими блоками границ реальных областей клона и прообраза. В момент фиксации скачка клону отвечает блок, норма отличительной окрестности которого больше. Процесс фиксации скачка происходит для нескольких (максимально 8) пар соответствующих блоков, выходящих на границу клона и прообраза. Окончательный вывод делается с учетом того, какая из выявленных областей определялась как клон/прообраз большее количество раз. Результаты проведенного вычислительного эксперимента говорят об эффективности алгоритмической реализации предложенного метода в условиях наличия дополнительных возмущающих воздействий на клонированное ЦИ.

Ключевые слова: клонирование, цифровое изображение, отделение клона от прообраза, отличительная окрестность блока, дополнительные возмущающие воздействия

IMPROVEMENT OF THE METHOD OF SEPARATING THE CLONE FROM THE PROTOTYPE IN DIGITAL IMAGE

I.I. Bobok, A.A. Kobozeva

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

One of the widely and often used for falsifications of digital images of software tools remains cloning. Today much attention is paid to the task of revealing cloning, but the question of determining which of the identified areas of the image is a clone/prototype remains. There are different approaches that are used to solve this problem. One of the main approaches is the use of digital watermark technology. But embedding of digital watermarks in the image violates its integrity. It is undesirable. Another approach is to search for the results of the post-processing of the clone, which differs from the processing of the prototype. But in the case when the clone/prototype are small, clone postprocessing is often absent. This makes the methods of this group incompetent in this case. Previously the authors developed a method for separating the clone from the prototype in the absence of additional processing of the cloned digital image. This article proposes an improvement of this method. The goal of the improvement is to increase the informative value of cloning detection results in a digital image. The improved method is effective in conditions of additional perturbing effects, in particular, compression with losses of the cloned image. This method does not use digital watermark technology. Improvement of the method is provided by detecting and fixing the moment of the jump in the value of the modulus of the difference in the norms of the distinctive neighborhoods of the corresponding clone and prototype blocks. The distinctive neighborhood of the block B is $(2k + 1) \times (2k + 1)$ -matrix. Elements of this matrix reflect the difference of B from the image blocks, which are from B at a distance not exceeding k . This jump takes place when these blocks reach the boundaries of the real regions of the clone and the prototype. At the moment of fixing the jump, the clone is answered by a block whose norm of a distinctive neighborhood is larger. The process of fixing the jump occurs for several (max. 8) pairs of corresponding blocks. The final conclusion is made taking into account which of the identified areas was defined as a clone/prototype more times. The results of the computational experiment indicate the effectiveness of the proposed method in the presence of additional perturbing effects on the cloned digital image.

Keywords: cloning, digital image, separation of the clone from the prototype, distinctive neighborhood of the block, additional perturbations