

А. А. Кобозєва, д.т.н., професор,

зав. каф. інформатики та управління захистом інформаційних систем,

e-mail: alla_kobozeva@ukr.net

І. І. Бобок, к.т.н.,

ст. викл. каф. інформатики та управління захистом інформаційних систем,

e-mail: onu_metal@ukr.net

Одеський національний політехнічний університет

просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна

МЕТОД ВІДОКРЕМЛЕННЯ КЛОНУ ВІД ПРООБРАЗУ В ЦИФРОВОМУ ЗОБРАЖЕННІ В УМОВАХ ВІДСУТНОСТІ ПОСТОБРОБКИ ЗОБРАЖЕННЯ

Клонування є на сьогоднішній день одним з найпоширеніших програмних засобів, використовуваних при неавторизованих змінах цифрових зображень (ЦЗ), роблячи задачу його виявлення актуальною. Часто визначення областей клону й прообразу виявляється недостатнім для ухвалення ключового рішення зацікавленими сторонами. Для підвищення інформативності результатів виявлення клонування необхідно мати можливість для відокремлення клону від прообразу, тобто визначення, яка саме з отриманих областей є неоригінальною – клоном. Найбільш складною ця задача є в умовах відсутності відмінностей у постобробці клону й прообразу. У роботі розроблений метод відокремлення клону від прообразу, виявлених у ЦЗ, на підставі теоретичних основ, запропонованих авторами раніше, ефективний в умовах відсутності будь-яких додаткових збурних дій на клоноване зображення. Основним кількісним параметром є норма відмітного околу радіуса 1, який будується для кожного з пари відповідних блоків, один з яких належить клону, а інший – прообразу, віддображаючи сукупну відмінність кожного з цих блоків від найближчих блоків-сусідів.

Запропонована алгоритмічна реалізація розробленого методу, ефективність якої перевищує ефективність єдиного аналога, інформація про який є доступною з відкритих джерел. Наведені результати обчислювального експерименту.

Ключові слова: цифрове зображення, неавторизовані зміни зображення, клон, прообраз, відокремлення клону від прообразу, відмітний окіл блоку.

Вступ. Порушення цілісності цифрового зображення (ЦЗ) з використанням такого програмного інструмента, як клонування, часто має місце на практиці. Клонування реалізоване у всіх сучасних графічних редакторах, дозволяє легко проводити потрібну для зацікавленої особи модифікацію зображення: усунення «зайвих» об'єктів, дублювання об'єктів, зміна їх місця розташування і т.д., роблячи задачу перевірки цілісності ЦЗ актуальною, а її ефективний розв'язок – необхідною умовою для можливості використання зображення з метою, що відрізняється від розважальної.

Велика кількість сучасних наукових робіт в області захисту інформації присвячена розробці методів виявлення областей клону й прообразу при клонуванні, що мало місце,

проведеному в різних умовах [1-3]. Задачі ж відокремлення клону від прообразу, тобто визначення, яка саме з попередньо виявлених областей є оригінальною частиною зображення (прообразом), а яка клоном, приділено недостатньо уваги, хоча результат її розв'язку може виявитися дуже важливим у тій або іншій ситуації [4], що очевидно пов'язано з її складністю. Хоча спроби розробки відповідних методів робилися [5-7], кожний з них має істотні недоліки, докладно розглянуті в [4], де авторами даної роботи запропоновані теоретичні основи для розв'язку задачі відокремлення клону від прообразу в умовах відсутності відмінностей у їх постобробці, що значно підвищує складність задачі, що розв'язується, в порівнянні з варіантом, коли клон зазнає

індивідуальної обробки (що не зачіпає прообраз) [6]. У ході розробки використаний блоково орієнтований підхід, у рамках якого введено поняття відмітного околу блоку ЦЗ, що є ключовим. Відмітний окіл довільного блоку B ЦЗ радіуса k представляє $(2k+1) \times (2k+1)$ -матрицю, елементи якої відображають відмінність B від блоків ЦЗ, що знаходяться від B на відстані, яка не перевищує k . При цьому сусідами блоку B , що знаходяться від нього на відстані k , названі блоки ЦЗ, місце розташування яких отримуємо 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 визначимо

подібно тому, як це зроблено в [4]: $\sum_{t,p=1}^1 r_{tp}$, де

$r_{tp}, t, p = \overline{1,1}$, – елементи 1×1 -матриці

$R = |B^{(1)} - B^{(2)}|$, де останнє співвідношення

розуміється в поелементному сенсі.

В [4] показано, що норма відмітного околу клону/прообразу дозволяє ефективно відокремлювати ці області у випадку, коли вони представляють із себе 1×1 -блок: для клону норма відмітного околу перевищує аналогічний параметр для прообразу. Показано, що максимальна ефективність відокремлення досягається у випадку радіуса відмітного околу, рівного 1. Однак області клону й прообразу найчастіше не є квадратними блоками, а мають більш складну форму, що необхідно врахувати при розробці методу відокремлення клону від прообразу.

Мета статті і постановка задач. Метою роботи є розробка методу відокремлення клону від прообразу, попередньо виявлених у ЦЗ, в умовах відсутності будь-яких додаткових збурних дій на зображення на підставі теоретичних основ, запропонованих в [4].

Для досягнення мети в роботі вирішуються наступні задачі:

1. З урахуванням використання блоково орієнтованого підходу визначити, якими повинні бути параметри пар відповідних блоків у виділених попередньо областях клону й прообразу для їхнього ефективного використання в процесі відокремлення

клону від прообразу (розмір, місце розташування в областях клону/прообразу);

2. Для розв'язку задачі 1 спочатку побудувати розбивку множини пікселів, що належать області клону/прообразу, на підмножини так, щоб пікселі з різних підмножин, при їхній наявності в парі відповідних блоків із клону й прообразу, приводили до якісних відмінностей відмітних околів згаданих блоків у порівнянні з варіантом, коли розглянуті відповідні блоки із клону й прообразу не містять пікселів з різних підмножин;
3. Запропонувати варіант алгоритмічної реалізації розробленого методу відокремлення області клону від прообразу, оцінити його ефективність за допомогою обчислювального експерименту.

Основна частина. Припустимо, що після клонування не робилася ніяка постобробка клону/прообразу, ЦЗ збережене без втрат. Нехай результатом роботи деякого використаного методу виявлення клонування є виділені області клону й прообразу в ЦЗ: $\overline{T}, \overline{T}$. Будемо вважати, що $\overline{T}, \overline{T}$ є підобластями реальних областей $\overline{P}, \overline{P}$ клону й прообразу: $\overline{T} \subseteq \overline{P}, \overline{T} \subseteq \overline{P}$, що відповідає результатам роботи більшості існуючих для розв'язку цієї задачі методів (ідеальний варіант, якщо $\overline{T} = \overline{P}, \overline{T} = \overline{P}$).

Будемо називати граничним кожний такий піксель області T ЦЗ, будь-який окіл якого (з радіусом $r \in N$) буде містити такі пікселі, що належать, і такі, що не належать T ; внутрішнім будемо називати кожний такий піксель T , для якого існує такий його окіл, який містить у собі тільки пікселі з області T ; внутрішністю області T назвемо сукупність внутрішніх пікселів T (рис.1).

Візьмемо пари відповідних 1×1 -блоків виявлених областей $\overline{T}, \overline{T}$ так, щоб вони належали внутрішностям клону й прообразу (рис.2). Таких пар може бути не одна. Нехай таких пар обрано

$$t \in N : \overline{B}^{(1)}, \overline{B}^{(1)} ; \overline{B}^{(2)}, \overline{B}^{(2)} ; \dots ; \overline{B}^{(t)}, \overline{B}^{(t)} .$$

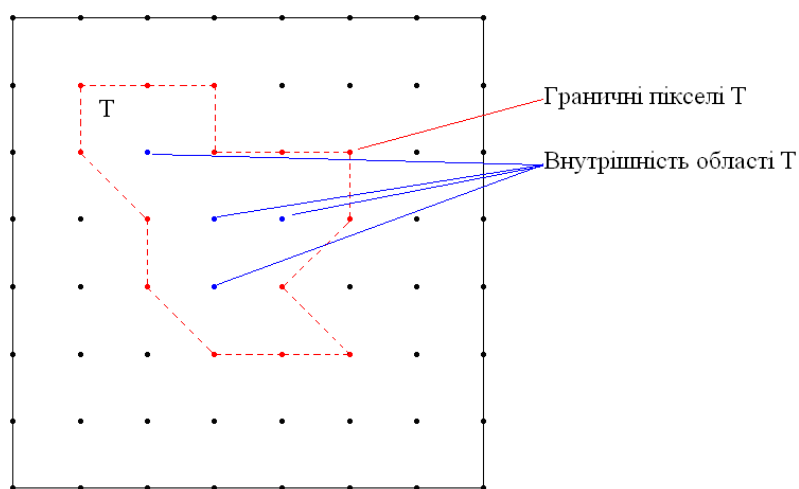
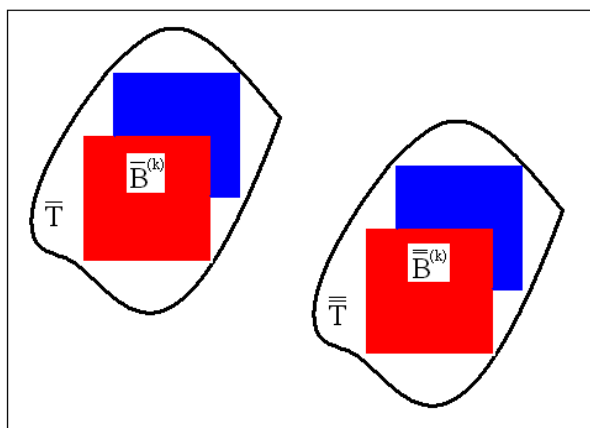


Рис. 1. Граничні пікселі, внутрішність області Т ЦЗ

Рис. 2. Виявлені на ЦЗ області $\bar{T}$, $\bar{\bar{T}}$ з парами відповідних (однаково пофарбованих) $l \times l$ -блоків

Вимога приналежності блоків $\bar{B}^{(k)}$, $\bar{\bar{B}}^{(k)}$, $k = \bar{1}, \bar{t}$, внутрішностям $\bar{T}$, $\bar{\bar{T}}$ має своєю метою забезпечення можливості точного визначення моменту виходу формованих відмітних околів відповідних блоків за межі $\bar{P}$, $\bar{\bar{P}}$ кло-ну/прообразу. Дійсно, для блоків $\bar{B}^{(k)}$, $\bar{\bar{B}}^{(k)}$ у випадку, якщо вони є підмножинами внутрішностей $\bar{T}$, $\bar{\bar{T}}$, то з урахуванням припущення, зробленого вище, вони є підмножинами внутрішностей областей $\bar{P}$, $\bar{\bar{P}}$. Тоді їх відмітні околи одиничного радіуса очевидно мають однакову норму, оскільки після клонування ЦЗ не зазнало ніякої додаткової обробки. Будемо розглядати пари відповідних блоків ЦЗ, розташування яких відповідає послідовному

зсуву $\bar{B}^{(k)}$, $\bar{\bar{B}}^{(k)}$ на $1, 2, \dots, r$ пікселів у довільному напрямку. До тих пір, поки розглянуті пари будуть відповідати блокам, що знаходяться у межах внутрішностей $\bar{T}$, $\bar{\bar{T}}$, різниця норм відповідних їм відмітних околів буде дорівнювати 0. Як тільки згадане значення буде відрізнятися від 0, це буде означати, що чергова пара відповідних блоків містить у собі граничні пікселі $\bar{P}$, $\bar{\bar{P}}$, а отже блоки, що є безпосередніми сусідами тих, що розглядаються у даний момент, які використовуються при побудові відмітних околів, містять пікселі, що не належать $\bar{P}$, $\bar{\bar{P}}$. Ці пікселі для пікселів області прообразу є оригінальними сусідами, а для області клоу такими, які в оригінальному ЦЗ їх сусідами не є. Все це приведе до того, що відмітний окіл блоку, який відпо-

відає клону, з великою ймовірністю буде мати норму більше, ніж аналогічний окіл для блоку, що відповідає області прообразу, вказуючи на розрив кореляційних зв'язків між значеннями пікселів, що знаходяться поруч в оригінальному ЦЗ, при створенні клону, що детально досліджено в [4]. Ця властивість і є основною для організації процесу відокремлення клону від прообразу в умовах відсутності будь-якої їх постобробки. Тут необхідно відзначити наступне. Момент виходу за межі областей $\bar{P}, \bar{P}$ пари відповідних блоків $\bar{R}^{(k)}, \bar{R}^{(k)}$, місце розташування яких відповідає зсуву $\bar{B}^{(k)}, \bar{B}^{(k)}$ на певну кількість пікселів у певному напрямку, може відбутися при дуже кількісно незначному включенні «сторонніх», тобто таких, що не належать $\bar{P}, \bar{P}$, пікселів у блоки-сусіди (наприклад, 1-2 пікселя), що використовуються при побудові відмітних околів для $\bar{R}^{(k)}, \bar{R}^{(k)}$ одиничного радіусу. У цьому випадку відмінність у нормах відмітних околів $\bar{R}^{(k)}, \bar{R}^{(k)}$ може не вірно вказати на клон у силу того, що відмінності для значень одиничних пікселів оригінальної й неоригінальної областей ЦЗ, загалом кажучи, можна розглядати як випадкову величину, що не дає об'єктивної якісної оцінки співвідношення норм відмітних околів $\bar{R}^{(k)}, \bar{R}^{(k)}$. Для врахування такої ситуації має сенс проводити порівняння значень відмітних околів відповідних блоків при виході за межі $\bar{P}, \bar{P}$ не один раз (зсовуючи напочатку виділені блоки $\bar{B}^{(k)}, \bar{B}^{(k)}$ в одному обраному (випадково) напрямку), а кілька разів, досягаючи границі $\bar{P}, \bar{P}$, рухаючись у різних напрямках щодо первісного положення блоків $\bar{B}^{(k)}, \bar{B}^{(k)}$ і роблячи висновок про те, яка з $\bar{T}, \bar{T}$ є клоном, а яка прообразом, залежно від того, яка з цих областей частіше визначалася як клон, а яка як прообраз (з врахуванням усіх розглянутих напрямків зсуву).

У зв'язку з вищесказаним пропонується метод відокремлення області клону від прообразу КР2, основні кроки якого представлені нижче.

Крок 1. Нехай $\bar{T}, \bar{T}$ – виявлені попередньо в ЦЗ області клону й прообразу.

1.1. Визначити: $\bar{T}_V, \bar{T}_V$ – внутрішності $\bar{T}, \bar{T}$ відповідно;

1.2. Визначити: $\bar{B}^{(1)}, \bar{B}^{(1)}$; $\bar{B}^{(2)}, \bar{B}^{(2)}$; ...; $\bar{B}^{(t)}, \bar{B}^{(t)}$ – пари відповідних 1×1 -блоків ЦЗ таких, що

$$\bar{B}^{(k)} \subseteq \bar{T}_V, \bar{B}^{(k)} \subseteq \bar{T}_V, k = \bar{1}, t. \quad (1)$$

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

Крок 2. Для кожної пари відповідних блоків $\bar{B}^{(k)}, \bar{B}^{(k)}$, $k = \bar{1}, t$, виділених попередньо областей клону й прообразу:

2.1. Для блоків $\bar{B}^{(k)}, \bar{B}^{(k)}$ отримати відповідно $\bar{R}^{(k)}, \bar{R}^{(k)}$ – блоки ЦЗ, розташування яких відповідає зсуву $\bar{B}^{(k)}, \bar{B}^{(k)}$ на 1 піксель в обраному напрямку v .

2.2. Для блоків $\bar{R}^{(k)}, \bar{R}^{(k)}$ побудувати $\bar{O}, \bar{O}$ – відповідні відмітні околи радіуса 1.

2.3. Знайти $\|\bar{O}\|, \|\bar{O}\|$ – матричні норми $\bar{O}, \bar{O}$.

2.4. Якщо

$$\|\bar{O}\| = \|\bar{O}\|,$$

то

$\bar{R}^{(k)} \subseteq \bar{P}_V, \bar{R}^{(k)} \subseteq \bar{P}_V$, де $\bar{P}_V, \bar{P}_V$ – внутрішності $\bar{P}, \bar{P}$ відповідно,

границі клону й прообразу не досягнуті,

$\bar{B}^{(k)} = \bar{R}^{(k)}, \bar{B}^{(k)} = \bar{R}^{(k)}$, перехід на крок 2.1;

інакше

якщо

$$\|\bar{O}\| > \|\bar{O}\|,$$

то

$$\bar{p} = \bar{p} + 1,$$

інакше

$$\bar{p} = \bar{p} + 1.$$

2.5. Якщо

потрібно уточнення отриманих

результатів $\bar{p}$, $\bar{p}$,

то

повернутися до первісних блоків

 $\bar{B}^{(k)}$, $\bar{B}^{(k)}$, місце розташування якихвизначено на кроці 1; змінити напрямок v їх зсуву. Перехід на крок 2.1.**Крок 3** (відокремлення клону від прообразу).

Якщо

$$\bar{p} > \bar{p},$$

то

 $\bar{T}$ – клон, $\bar{T}$ – прообраз,

інакше

 $\bar{T}$ – прообраз, $\bar{T}$ – клон.

В алгоритмічній реалізації методу:

- як значення параметру v використовуються 8 різних напрямків зсуву блоків: додатний, від'ємний напрямки координатних осей, а також напрямки, що відповідають діагоналям (головний й побічний) блоків (вздовж них – вгору, вниз);

- $t=1$: у внутрішностях областей $\bar{T}$, $\bar{T}$ клону й прообразу обиралися лише одна пара відповідних блоків: $\bar{B}^{(1)}$ і $\bar{B}^{(1)}$;

- $l \geq 8$.

Для оцінки ефективності запропонованої алгоритмічної реалізації методу *KP2* у се-

редовищі Matlab був проведений обчислювальний експеримент, у якому було задіяно 400 ЦЗ із бази NRCS [8]. Експеримент будувався наступним чином. Оригінальні ЦЗ піддавалися клонуванню (без обмежень на форму областей прообразу/клону, при цьому клон і прообраз були такими, щоб лінійні розміри прямокутників, що їх описують, не були менше 8 (обмеження пов'язано з тим, що існуючі на сьогоднішній день методи й алгоритми не виявляють систематично області клону й прообразу менших розмірів)), після чого зберігалися у форматі без втрат (Tif). Області клону й прообразу $\bar{T}$, $\bar{T}$ вважалися відомими (виявленими деяким відповідним алгоритмом) на кроці 1 алгоритмічної реалізації розробленого методу. Для зменшення обчислювальної складності алгоритму l вибиралося якнайбільше з урахуванням задоволення умов (1), що накладаються на блоки $\bar{B}^{(1)}$ і $\bar{B}^{(1)}$. Аналіз областей клону/прообразу чергового ЦЗ завершувався, як тільки $\bar{p}$ чи $\bar{p}$ досягало значення 5 (з урахуванням використання 8 різних напрямків для v). Результати експерименту представлені в табл.1, де кількість помилок визначалася відносною кількістю ЦЗ (вираженою у відсотках від загальної кількості проаналізованих зображень), де клон і прообраз були відокремлені не вірно.

Необхідно уточнити, що вибір розміру l очевидно визначався розмірами областей клону й прообразу. Як впливає із наведених результатів обчислювального експерименту, ефективність розробленого алгоритму практично не залежить від розмірів областей клону й прообразу й перевершує ефективність єдиного аналога [7], інформація про який доступна з відкритих джерел.

Таблиця 1

Відносна кількість (%) помилок при відокремленні клону від прообразу в умовах відсутності будь-якої постобробки клонованого ЦЗ

l	8	16	24	32
Кількість помилок	6.5	7	5.5	4.5

Зауваження. Вище було зроблене припущення, що $\bar{T}$, $\bar{T}$ є підобластями реальних областей $\bar{P}$, $\bar{P}$ клону й прообразу. Існуючі методи виявлення клонування не завжди приводять до такого результату. Наприклад, при

виділенні областей клону/прообразу можлива ситуація, коли в результаті виходять області $\bar{T}$, $\bar{T}$, відносно яких можна гарантувати, що вони мають непусте перетинання з реальними клоном/прообразом, але не обов'язково є їх

підобластями [9] (рис.3). У цьому випадку можлива ситуація, коли серед обраних на кроці 1 пар відповідних блоків знайдеться така (можливо, не одна) $\bar{B}^{(\bar{k})}$ і $\bar{B}^{(\bar{k})}$, для якої її блоки вийдуть за межі $\bar{P}, \bar{P}$ (рис.3(a)), що приведе до того, що вже для $\bar{B}^{(\bar{k})}$ і $\bar{B}^{(\bar{k})}$ буде спостерігатися ситуація, коли для норм відповідних їм відмітних околів $\bar{O}, \bar{O}$ буде виконуватися співвідношення: $\|\bar{O}\| \neq \|\bar{O}\|$, тим самим ускладнюючи процес визначення моменту виходу відповідних блоків за межі реальних клону й прообразу. Це не знижує цінність розробленого методу КР2, але вимагає передбачення в ньому можливості таких [9] ситуацій. У зв'язку з цим пропонується наступна модифікація кроку 1 розробленого методу.

Крок 1.

1.1. і 1.2 – аналогічні 1.1 і 1.2 методу КР2.

1.3. (Застосовується тільки в тому випадку, якщо не гарантоване, що $\bar{T} \subseteq \bar{P}, \bar{T} \subseteq \bar{P}$) Перевірити, що $\bar{B}^{(\bar{k})} \in \bar{P}_V, \bar{B}^{(\bar{k})} \in \bar{P}_V, k = \bar{1}, \bar{t}$, де $\bar{P}_V, \bar{P}_V$ – внутрішності $\bar{P}, \bar{P}$. Для цього:

1.3.1 Для блоків $\bar{B}^{(\bar{k})}, \bar{B}^{(\bar{k})}, k = \bar{1}, \bar{t}$, побудувати $\bar{O}^{(\bar{k})}, \bar{O}^{(\bar{k})}$ – відповідно відмітні околи радіуса 1;

1.3.2. Знайти $\|\bar{O}^{(\bar{k})}\|, \|\bar{O}^{(\bar{k})}\|, k = \bar{1}, \bar{t}$.

1.3.3. Якщо

$\exists \bar{k} \in \{1, 2, \dots, t\}$ таке, що

$$\|\bar{O}^{(\bar{k})}\| \neq \|\bar{O}^{(\bar{k})}\|,$$

то

$$\bar{B}^{(\bar{k})} \notin \bar{P}_V, \bar{B}^{(\bar{k})} \notin \bar{P}_V,$$

блоки $\bar{B}^{(\bar{k})}, \bar{B}^{(\bar{k})}$ обрані невірно, перехід на крок 1.2 для уточнення

$$\bar{B}^{(\bar{k})}, \bar{B}^{(\bar{k})}.$$

1.4. Аналогічно кроку 1.3 методу КР2.

Запропонована модифікація кроку 1 забезпечує відсутність обмежень на область застосування розробленого в роботі методу КР2. Дійсно, якщо буде мати місце ситуація, представлена на рис. 3 (а), це відразу буде відзначено на кроці 1.3 методу.

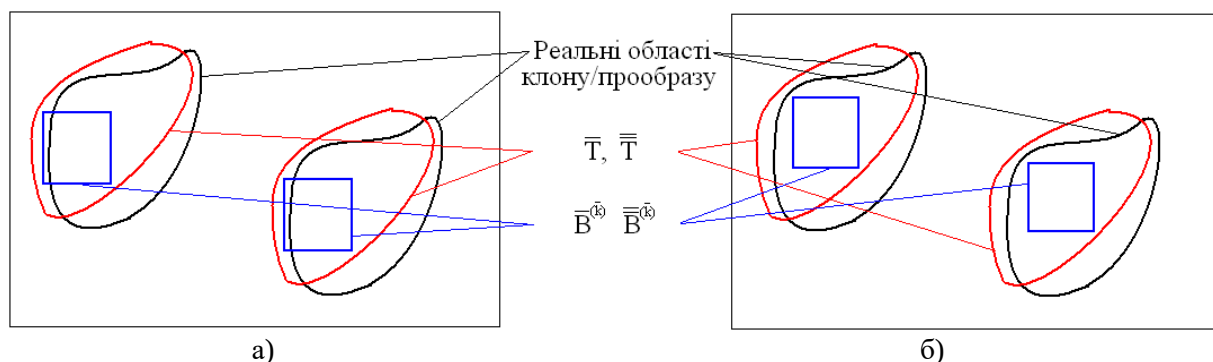


Рис. 3. Можлива відповідність між реальними областями клону й прообразу й областями $\bar{T}, \bar{T}$ і можливі розташування $\bar{B}^{(\bar{k})}$ і $\bar{B}^{(\bar{k})}$: а) – блоки $\bar{B}^{(\bar{k})}$ і $\bar{B}^{(\bar{k})}$ не належать реальним областям клону/прообразу; б) – $\bar{B}^{(\bar{1})}$ і $\bar{B}^{(\bar{1})}$ належать непустим перетинанням реальних клону й прообразу й $\bar{T}, \bar{T}$

І оскільки перетин реального й виділеного клону/прообразу не є порожньою множиною, то існує можливість для визначення $\bar{B}^{(\bar{k})}$ і $\bar{B}^{(\bar{k})}$ так, щоб при виконанні умов (1),

вони не виходили за межі реальних клону й прообразу, тобто:

$$\bar{B}^{(\bar{k})} \subseteq (\bar{T} \cap \bar{P})_V, \bar{B}^{(\bar{k})} \subseteq (\bar{T} \cap \bar{P})_V,$$

де $(\overline{T} \cap \overline{P})_V$, $(\overline{T} \cap \overline{P})_V$ – внутрішності областей $\overline{T} \cap \overline{P}$, $\overline{T} \cap \overline{P}$ відповідно (рис. 3(б)).

Висновки. У роботі на основі теоретичних положень, отриманих авторами раніше, розроблений метод для відокремлення області клону від прообразу, попередньо виявлених у ЦЗ, в умовах відсутності будь-яких додаткових збурних дій на зображення. Запропонована алгоритмічна реалізація методу перевищує єдиний відомий на сьогоднішній день аналог по ефективності, забезпечуючи не більш 7% помилок при розв'язку розглянутої задачі.

Розроблений метод дозволить підвищити інформативність результатів виявлення клонування в ЦЗ.

Список літератури

1. Shivakumar, B. L., Santhosh Baboo, S. Detecting Copy-Move Forgery in Digital Images: A Survey and Analysis of Current Methods. *Global Journal of Computer Science and Technology*. 2010. Vol. 10, Iss. 7. P. 61–65.
2. Ratnam Singh, Mandeep Kaur Copy Move Tampering Detection Techniques: A Review. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2016. Vol. 11, No 5. P. 3610–3615.
3. Rani, S. Jayamohan, M., Sruthy, S. A Survey of Copy-Move Forgery Detection Techniques for Digital Images. *International Journal of Innovations in Engineering and Technology*. 2015. Vol. 5, Iss.2. P. 419–426.
4. Бобок І. І., Кобозєва А. А. Теоретичні основи методу відокремлення клону від прообразу в цифровому зображенні. *Безпека інформації*. 2018. Т. 24, № 1. С. 197–203.
5. Кобозєва А. А., Бобок І. І., Дзюбинская Л. М. Выявление нарушений целостности цифрового изображения путем использования стеганографических алгоритмов. *Информатика та математичні методи в моделюванні*. 2015. Т. 5, № 2. С. 129–134.
6. Лебедева Е. Ю. Метод локализации и идентификации оригинальной и клонированной областей изображения. *Информатика та математичні методи в моделюванні*. 2014. Том 4, № 1. С. 76–84.
7. Бобок І. І. Метод відокремлення клону від прообразу в цифровому зображенні в умо-

вах відсутності відмінностей при їх пост обробці. *Информатика та математичні методи в моделюванні*. 2017. Т. 7, № 4. С. 298–307.

8. NRCS Photo Gallery. *United States Department of Agriculture*. Washington, USA. URL: <http://photogallery.nrcs.usda.gov> (Дата обращения: 26.07.2012).
9. Григоренко С. М. Розвиток методу виявлення клонування в цифровому зображенні в умовах додаткових збурних дій. *Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні*. 2016. Вип. 1 (31). С. 85–98.

References

1. Shivakumar, B. L. and Santhosh Baboo, S. (2010) Detecting Copy-Move Forgery in Digital Images: A Survey and Analysis of Current Methods. *Global Journal of Computer Science and Technology*, Vol. 10, Iss. 7, pp. 61–65.
2. Ratnam Singh and Mandeep Kaur (2016) Copy Move Tampering Detection Techniques: A Review. *International Journal of Applied Engineering Research*, Vol. 11, No 5, pp. 3610–3615.
3. Rani, S., Jayamohan, M. and Sruthy, S. (2015) A Survey of Copy-Move Forgery Detection Techniques for Digital Images. *International Journal of Innovations in Engineering and Technology*, Vol.5, Iss.2, pp. 419–426.
4. Bobok, I. I. and Kobozeva, A. A. (2018) Theoretical foundations for the method of separating the clone from the prototype in a digital image. *Bezpeka informatsii*, Vol. 24, No. 1, pp. 197–203 [in Ukrainian].
5. Bobok, I. I. and Kobozeva, A. A. (2015) Identifying the unauthorized changes of images areas that exposed to steganography algorithm. *Informatyka ta matematychni metody v modeliuvanni*, Vol.5, No. 2, pp. 129–134 [in Russian].
6. Lebedeva, H. Yu. (2014) Localization and identification method of original and cloned image areas. *Informatyka ta matematychni metody v modeliuvanni*, Vol 4, No. 1, pp. 76 – 84 [in Russian].
7. Bobok, I. I. (2017) Method for separating of clone and prototype in a digital image in the conditions of the absence of differences in their post-processing. *Informatyka ta ma-*

- tematychni metody v modeliuvanni, Vol. 7, No. 4, pp. 276-284 [in Ukrainian].
8. NRCS Photo Gallery. *United States Department of Agriculture*. Washington, USA. URL: <http://photogallery.nrcs.usda.gov> (Data obrashcheniya: 26.07.2012).
9. Grygorenko, S. M. (2016) Development of method for detection of cloning in digital images under additional disturbing influences. *Pravove, normatyvne ta metrolohichne zabezpechennia systemy zakhystu informatsii v Ukraini*. No. 1(31), pp. 85–98 [in Ukrainian].

A. A. Kobozeva, Dr.Tech.Sc., professor

I. I. Bobok, Ph.D. (Eng.)

Odessa National Polytechnic University
Shevchenko ave., 1, Odessa, 65044, Ukraine

METHOD OF SEPARATING THE CLONE FROM THE PROTOTYPE IN DIGITAL IMAGE WITHOUT THE IMAGE PROCESSING

Cloning is one of the most used software tools for unauthorized changes to digital images. Therefore, the task of identifying cloning is actual. To increase the information value of cloning detection results it is necessary to separate the clone from the prototype, it is necessary to determine which of the obtained regions is a clone. If the postprocessing of the clone and the prototype is the same, then this task is the most difficult. We will assume that the clone and prototype are found in the digital image. The method of separation of the clone from the prototype has been developed. It is based on theoretical propositions suggested by the authors earlier. The method is effective in the absence of post-processing of the image. We consider pairs of corresponding blocks from the regions of the clone and the prototype. A distinctive neighborhood of radius 1 is constructed for each block. The distinctive neighborhood reflects the cumulative difference of the block from the nearest neighboring blocks. The norm of the distinctive neighborhood of radius 1 is the main quantitative indicator that allows us to separate the clone from the prototype.

The algorithm that implements the developed method is proposed. The efficiency of the algorithm exceeds the efficiency of existing analogues. The results of the computational experiment are given.

Keywords: digital image, unauthorized image changes, clone, prototype, separation the clone from the prototype, distinctive neighborhood of the block