

УДК 004.056

АЛГОРИТМ ВИЯВЛЕННЯ РОЗМИТТЯ ЦИФРОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ

К. т. н. В. В. Зорило

Одеський національний політехнічний університет
Україна, м. Одеса
zorilovika@mail.ru

Розроблено алгоритм виявлення розмиття за Гаусом цифрового зображення з радіусом, меншим одиниці. Алгоритм заснований на загальному підході до аналізу стану та технології функціонування інформаційної системи. Результати роботи можуть бути використані при перевірці цифрових зображень на наявність постобробки після можливої фальсифікації та при виявленні стеганографічної атаки.

Ключові слова: розмиття, цифрове зображення, алгоритм.

Через загальнодоступність програмного забезпечення, що дозволяє обробляти і редагувати цифрові зображення (ЦЗ), зростає необхідність у вдосконаленні існуючих та розробці нових методів виявлення порушення цілісності ЦЗ, що є обов'язковою складовою частиною будь-якої сучасної комплексної системи захисту інформації. Як відомо з відкритих джерел, одним з програмних інструментів, що найчастіше використовується під час обробки цифрового зображення, є розмиття. Крім того, часто розмиття застосовується у якості стеганографічної атаки на ЦЗ. І в тому, і в іншому випадку розмиття має бути настільки великим, щоб досягти мети, і настільки малим, щоб чіткість ЦЗ не викликала сумнівів в його автентичності. Одним з найуживаніших видів розмиття є розмиття за Гаусом. Таким чином, наявність слідів розмиття є вказівкою на можливу фальсифікацію ЦЗ або свідчить про застосування стеганографічної атаки на піддослідне зображення.

На даний момент методи виявлення розмиття, про які відомо з відкритих джерел, дозволяють частково вирішити дану проблему. Активно протягом останнього десятиріччя розвиваються методи виявлення порушень цілісності цифрових зображень, засновані на загальному підході до аналізу стану та технології функціонування інформаційної системи (ЗПАІС) [1]. В [2] було проведено адаптацію стеганоаналітичного методу (САМ) для накладення шуму та розмиття зображення, який дозволяє з високою ймовірністю визначити факт порушення цілісності ЦЗ. В [3] розроблено метод виявлення розмиття (МВР), який є ефективним при виявленні розмиття, починаючи з радіусу один піксель, у чому полягає його головна перевага перед іншими відомими методами. З огляду на те, що розмиття ЦЗ має залишатися візуально непомітним, доцільно розмивати ЦЗ з якомога меншим радіусом. Сучасні графічні редактори (Adobe Photoshop) дають можливість здійснювати розмиття ЦЗ з радіусом, меншим одиниці, починаючи зі значення радіусу 0,1. Про застосування відомих методів для виявлення розмиття із радіусом, меншим одиниці, нічого не відомо. Тому в даній роботі зусилля направлені на виявлення розмиття за Гаусом з радіусом, меншим одиниці.

Мета роботи – детектування порушення цілісності цифрових зображень шляхом розробки алгоритму виявлення його розмиття з радіусом, меншим одиниці.

Згідно з ЗПАІС в якості математичної моделі ЦЗ можна використовувати матрицю яскравості пікселів. Властивості ЦЗ будуть визначатися математичними властивостями відповідних матриць. Оскільки будь-яка матриця однозначно визначається своїм сингулярним спектром – множиною сингулярних чисел (СНЧ) і набором сингулярних векторів (СНВ) спеціального виду, то при вибраному матричному способі формалізації матриця визначається сингулярним спектром (спектрами) і набором (наборами) СНВ відповідної йому матриці (матриць): СНЧ і СНВ несуть в собі всю інформацію про стан ЦЗ. Довільне перетворення ЦЗ, в тому числі і фальсифікація, представляється у вигляді збурення відповідної матриці (матриць), звідки випливає, що будь-яке перетворення ЦЗ формально представляється у вигляді сукупності збурень СНЧ і СНВ відповідної йому матриці (матриць). На відміну від СНВ, збурення СНЧ, у зв'язку з їх доброю обумовленістю

можна порівняти з величиною збурюючої дії. Таким чином, в якості набору формальних параметрів, що характеризують цифрове зображення, аналіз яких доцільно використовувати для виявлення порушення його цілісності, обрано сингулярний спектр його матриці, тобто набір СНЧ.

У ході обчислювального експерименту, проведеного в роботі з використанням 200 ЦЗ в форматах з втратами і без втрат, отриманих сучасними фотокамерами, виявлено, що деякі СНЧ в деяких блоках матриці ЦЗ при розмитті з радіусом, меншим 1, збільшуються. Розмиття було проведено з радіусами 0,1, 0,2 і так далі з кроком 0,1 до 1 пікселя засобами графічного редактора Adobe Photoshop. Після розмиття ЦЗ збережені у форматі без втрат. Матриця ЦЗ розбивалася стандартно на блоки 8×8 пікселів, і для кожного блоку було знайдено множину СНЧ. Отримали так звані матриці сингулярних чисел (МСЧ) ЦЗ. Порівняння СНЧ блоків матриці ЦЗ до і після розмиття показало, що кількість СНЧ, які збільшуються після розмиття, тим більше, чим менше радіус розмиття [4]. У даній роботі подальші дослідження проводилися лише з використанням розмиття за Гаусом з радіусом 0,5 пікселів, як середнім значенням від 0 до 1.

Поставимо у відповідність ЦЗ так звану матрицю різниці (МР), яка є результатом різниці МСЧ ЦЗ до і після розмиття. Кожен елемент МР відповідає елементу матриці СНЧ. Від'ємні елементи МР відповідають тим СНЧ, які після розмиття збільшилися.

Встановлено, що повторне розмиття з тим же радіусом зменшує кількість СНЧ, які збільшуються, в порівнянні з першим розмиттям. При побудові МР з використанням МСЧ ЦЗ після першого і другого розмиття виявлено зменшення кількості її від'ємних значень. Розділимо кількість від'ємних значень МР, отриманих після першого і другого розмиття, на загальне число блоків 8×8 матриці ЦЗ. Експериментально встановлено, що більша частина отриманих коефіцієнтів для МР після першого розмиття перевершують значення 1,3. Для МР, отриманої після другого розмиття, даний коефіцієнт в більшості випадків менше 1,3. Дане значення рекомендується використовувати як порогове, що відокремлює первинно розмите експертом ЦЗ від вдруге розмитого.

На підставі отриманих результатів розроблено алгоритм виявлення розмиття за Гаусом з радіусом 0,5 пікселів. Проведено аналіз ефективності розробленого алгоритму. Кількість помилок першого роду становить 20%, другого роду — 5%. З урахуванням складності розв'язуваної в роботі задачі, а також в силу відсутності інших методів, здатних виявляти розмиття з радіусом, меншим 1, отримані результати є задовільними на даний момент.

Таким чином, алгоритм, розроблений на основі загального підходу до аналізу стану і технології функціонування інформаційної системи, дозволяє виявити результати розмиття ЦЗ з радіусом, меншим одиниці.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Кобозева А. А. Матричний аналіз – основа общего подхода к обнаружению фальсификации цифрового сигнала / А.А. Кобозева, О.В. Рыбальский, Е.А. Трифонова // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.– 2008.– №8(126), ч.1.– С. 62–72.
2. Бобок И.И. Адаптация стеганоаналитического метода, основанного на теории возмущений, для задачи выявления нарушения целостности цифрового изображения / И.И. Бобок, Е.В. Малахов // Информатика та математичні методи в моделюванні.— 2012.— Т. 2, № 4.— С. 297.
3. Зорило В. В. Метод выявления результатов размытия цифрового изображения / В. В. Зорило, А. А. Кобозева // Научно-практический журнал «Сучасна спеціальна техніка».— 2010.— № 3(22).— С.72–82.
4. Зорило, В. В. Влияние размытия разного радиуса на свойства матрицы цифрового изображения / В. В. Зорило, Ю. С. Колісниченко // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні управляючі системи та технології».— Україна, м. Одеса.— 2013.— С.7–9.

V. V. Zorilo

Digital image blur detection algorithm.

A detection algorithm for digital image Gaussian blur with a radius of less than one is developed. The algorithm is based on a general approach to the analysis of the state and operation technology of information systems. The results can be used to verify whether the digital image was postprocessed after possible forgery, or to identify steganographic attack.

Key words: *blurring, digital image, algorithm.*