

Магістр, ст. викладач кафедри інформатики та управління захистом інформаційних систем інституту інформаційної безпеки, радіоелектроніки та телекомунікацій Одеського національного політехнічного університету, Одеса, Україна

МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ ПОРУШЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ ЦИФРОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ ШУМОМ ПЕРЛІНА

Актуальність. На сьогоднішній день інформатизація є одним з пріоритетних напрямків розвитку всіх економічних галузей. Процес впровадження нових інформаційних технологій в усі сфери життя суспільства неможливий без вирішення питання інформаційної безпеки. Складовою частиною якого, є розробка методів визначення автентичності цифрових зображень, побудова яких в багатьох областях має визначальне значення. Все це робить тему даної роботи надзвичайно актуальною.

Мета. Для досягнення поставленої мети в роботі розв'язані наступні задачі. Виконано дослідження параметрів цифрового зображення, наявність або відсутність характерних ознак яких надає можливість встановити порушення цілісності цифрового зображення для поданого способу фальсифікації. Запропоновано використовувати для виявлення фальсифікації наступну форму сингулярних чисел, як параметрів цифрового зображення, що однозначно визначають матрицю цифрового зображення – дискретну функцію швидкості зміни відношення сингулярних чисел блоку. На основі поданої форми параметрів цифрового зображення розроблено спосіб підвищення ефективності методу виявлення фальсифікації.

Метод. У роботі представлено метод виявлення фальсифікації цифрового зображення, розроблений на основі загального підходу, що базується на використанні матричного аналізу, теорії збурень, та надає можливість для розв'язку задачі виявлення порушення цілісності цифрового сигналу. Під фальсифікацією цифрового зображення у роботі розуміється порушення цілісності цифрового зображення, що засновано на моделюванні візуально реалістичного природного явища, хмар та неба, в результаті генерації шуму Перліна.

Результати. З метою перевірки ефективності модифікованого методу виявлення фальсифікації, проведено розрахунковий експеримент для цифрових зображень, що зберігались без втрат, з визначення помилок першого та другого роду.

Висновки. Наукова новизна роботи полягає в наступному: представлено спосіб підвищення ефективності методу виявлення фальсифікації, в результаті генерації шуму Перліна, на основі застосування замість дискретної функції сингулярних чисел блоку, дискретної функції швидкості зміни відношення сингулярних чисел блоку матриці зображення. Результатом роботи є програмний продукт для виявлення порушення цілісності цифрового зображення, на основі шуму Перліна, що може бути використаний для доповнення комплексної системи виявлення порушення цілісності цифрових зображень.

Ключові слова: цифрове зображення, фальсифікація, шум Перліна, сингулярний розклад.

НОМЕНКЛАТУРА

F – матриця цифрового зображення;

$F_{k,p}$ – блок матриці цифрового зображення;

Σ – діагональна матриця сингулярних чисел матриці зображення;

U – ортогональна матриця лівих сингулярних векторів матриці зображення;

V – ортогональна матриця правих сингулярних векторів матриці зображення;

$\Omega(F_{k,p})$ – дискретна функція сингулярних чисел блоку матриці зображення;

$\bar{\Psi}(F_{k,p})$ – дискретна функція відношення сингулярних чисел блоку;

$\Psi(F_{k,p})$ – дискретна функція відношення сингулярних чисел блоку в логарифмічному масштабі;

$\Phi(F_{k,p})$ – дискретна функція швидкості зміни відношення сингулярних чисел блоку матриці зображення.

ВСТУП

Завдяки значному росту обчислювальної потужності комп'ютерів, останнім часом, та активному розвитку розрахункових методів комп'ютерної графіки, що постійно збагачують інструментарій різних графічних редакторів, задача реалізації реалістичної фальсифікації цифрового зображення стала надзвичайно простою. Отже, задача доказу справжності, виявлення порушення

цілісності цифрового зображення, розв'язок якої в багатьох областях життєдіяльності людини, таких як: судова експертиза, медична діагностика, військова розвідка, електронний документообіг та інші, має вирішальне значення, стає складнішою рік від року.

Об'єктом дослідження в роботі виступає процес виявлення порушення цілісності цифрового зображення.

Предметом дослідження є параметри цифрового зображення, що застосовуються для виявлення порушення цілісності цифрового зображення.

Метою даної роботи є підвищення ефективності методу виявлення фальсифікації цифрового зображення. Під фальсифікацією цифрового зображення у роботі розуміється порушення цілісності цифрового зображення, що засновано на моделюванні візуально реалістичного природного явища, хмар та неба, в результаті генерації шуму Перліна.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

В роботі виконується дослідження цифрових зображень, що збережені в форматі без втрат, наступних типів. Перший – цифрові зображення, що містили небо та хмари, отримані сучасними цифровими фотокамерами. Другий – цифрові зображення, що отримані в результаті генерації шуму Перліна для моделювання візуально реалістичного природного явища, хмар та неба. Третій – цифрові зображення, змодельовані при заміщенні частини основного зображення штучною областю, яка отримана в результаті генерації шуму Перліна.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

1) визначити характерні ознаки параметрів зображення, наявність або відсутність яких надає можливість встановити порушення цілісності цифрового зображення для поданого способу фальсифікації;

2) на основі визначених ознак параметрів цифрового зображення розробити спосіб підвищення ефективності методу виявлення фальсифікації.

3 метою перевірки ефективності модифікованого методу виявлення фальсифікації, необхідно визначити помилки першого та другого роду.

2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

На даний час, для розв'язку поставленої задачі ведеться активна робота з розробки методів виявлення фальсифікації цифрових зображень [1–4].

Найбільшу увагу приділено дослідженню фальсифікації, що реалізовано за допомогою афінного перетворення переносу, як найбільш простому та найпоширенішому способу фальсифікації [1, 2]. Наступним за поширеністю способом фальсифікації є порушення цілісності цифрового зображення в результаті виконання композиції двох афінних перетворень: переносу та розтягненню [3] або повороту деякої прямокутної області зображення [4].

Одним з найскладніших способів фальсифікації для дослідження та виявлення, вважаються порушення цілісності цифрового зображення, що засновані на моделюванні візуально реалістичних природних явищ, які є невід'ємною частиною практично будь-якої природної сцени: такі об'єкти як хмари та небо.

З точки зору комп'ютерної графіки, хмара представляє собою сукупність значення кольору та прозорості в спостережуваній точці. Прозорість, в свою чергу, безпосередньо визначає існування хмари. Величина прозорості може бути оцінена через величину щільності. Таким чином, завдання моделювання хмари представляє собою задачу визначення аналітичної форми для розрахунку величини щільності в даній точці простору при заданих умовах [5].

На сьогоднішній день запропоновано та реалізовано розмаїття методів моделювання хмар [5–10]. За способом представлення об'єкта, методи моделювання хмар можна класифікувати на дві категорії.

До першої категорії відносять методи моделювання хмар, що розглядають об'єкт з функціональної точки зору.

В роботі [7–9] запропоновано метод моделювання хмар засобами симуляції динаміки газу та рідини в заданому об'ємі, характеризується високою обчислювальною складністю або вимагає великих витрат апаратури для зберігання даних та виконує візуалізацію з низьким рівнем деталізації.

До другої категорії відносять методи моделювання хмар, що розглядають об'єкт з структурної точки зору.

В роботі [10] представлено метод моделювання хмар та хмарного шару за допомогою шаблонів. На основі випадкового розподілу або вручну хмарний шар моделюється з підготовлених шаблонів для різних типів хмар. Основним недоліком такого методу є можливість моделювання обмеженої кількості типів хмар та необхідність застосування сторонніх програм для виконання моделювання.

Одним з найпоширеніших методів моделювання візуально реалістичних хмар, що реалізовані в розповсюджених та загальнодоступних графічних редакторах, є метод заснований на реалізації шуму Перліна.

3 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

В [1] на основі теорії збурень та матричного аналізу розроблено загальний підхід, що надає можливість для розв'язку задачі виявлення порушення цілісності цифрового сигналу.

Відповідно до даних основ, запропоновано математичні параметри, що несуть в собі інформацію про стан, а їх збурення – інформацію про зміну стану цифрового сигналу. Різноманітні способи збурення (зокрема, різні способи порушення цілісності) цифрового сигналу призводять до різних характерних збурень математичних параметрів, що сигналізують про відповідний вплив.

Нехай $F = (f_{y,x})_{R \times C}$ матриця, $R \geq C$ з елементами

$f_{y,x}$, $y = \overline{1, R}$, $x = \overline{1, C}$. Сингулярний розклад матриці F [11]:

$$F = U \Sigma V^T. \quad (1)$$

Стовпці u_1, \dots, u_C матриці U називаються лівими сингулярними векторами матриці F . Стовпці v_1, \dots, v_C матриці V називаються правими сингулярними векторами матриці F . Величини $\sigma_1, \dots, \sigma_C$ – сингулярними числами. Для $R < C$ будують сингулярний розклад F^T [11].

Сингулярний розклад матриці F у загальному випадку не є єдиним. Відповідно до [12] вектор називають лексикографічно позитивним, якщо його перша ненульова компонента є позитивною. Сингулярний розклад $F = U \Sigma V^T$ називають нормальним, якщо стовпці матриці U лексикографічно позитивні та діагональні елементи матриці Σ знаходяться в не зростаючому порядку. У відповідності до теореми [12] матриця має єдиний нормальний сингулярний розклад, якщо її сингулярні числа попарно різні та відмінні від нуля. Таким чином сингулярні числа та сингулярні вектори, отримані в результаті нормального сингулярного розкладу, однозначна визначають матрицю.

Отже, набір сингулярних векторів та сингулярних чисел, що отримані в результаті нормального сингулярного розкладу матриці цифрового зображення несуть в собі всю інформацію про стан цифрового сигналу [1].

Для розв'язку задачі виявлення порушення цілісності цифрового зображення, що заснована на моделюванні візуально реалістичного природного явища, хмар та неба, в результаті генерації шуму Перліна, розглянемо наступні форми представлення параметрів матриці цифрового зображення: дискретна функція сингулярних чисел блоку матриці зображення; дискретна функція відношення сингулярних чисел блоку матриці зображення; дискретна функція швидкості зміни відношення сингулярних чисел блоку матриці зображення.

Дискретна функція сингулярних чисел блоку

$$F_{k,p} = (f_{y,x}), \quad y = \overline{(k-1)n+1, kn}, \quad x = \overline{(p-1)n+1, pn},$$

розміром $n \times n$, матриці зображення $F = (F_{k,p})$,

$k = 1, \overline{\left[\frac{R}{16} \right]}$, $p = 1, \overline{\left[\frac{C}{16} \right]}$, розміром $R \times C$, визначена наступним чином:

$$\Omega_i(F_{k,p}) = \sigma_i, \quad i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Розглянемо два цифрових зображення. Перше F^P , розміром 400×400 , отримано в результаті моделювання візуально реалістичного природного явища, хмар та неба, за допомогою генерації шуму Перліна (рис. 1а). Друге зображення F^I – цифрова фотографія розміром 400×400 , що збережена в форматі без втрат *png* (рис. 1б). Для цифрових зображень побудована сітка, що розділяє матрицю зображення на блоки розміром 16×16 . Окремо виділені блоки

$F_{14,8}^P$ та $F_{21,16}^I$, що використовуються для подальшої демонстрації результатів дослідження.

Для наведених блоків матриць цифрового зображення (рис. 1) графік дискретної функції сингулярних чисел має наступний вигляд (рис. 2).

У відповідності до геометричної інтерпретації сингулярного розкладу матриці, сингулярні числа представляють собою довжини півосей еліпсоїду. Відношення найменшої до найбільшої довжини півосей еліпсоїду, тобто відношення найменшого до найбільшого сингулярних чисел визначає число обумовленості матриці, що пов'язано з ексцентриситетом. Таким чином, визначене число обумовленості матриці, представляє ступінь сплюсненості еліпсоїду лише відносно одної найменшої півосі.

Поняття числа обумовленості можливо розширити, в результаті дослідження ступеня відхилення кожної півосі від найменшої півосі, для блоку $n \times n$ матриці цифрового зображення.

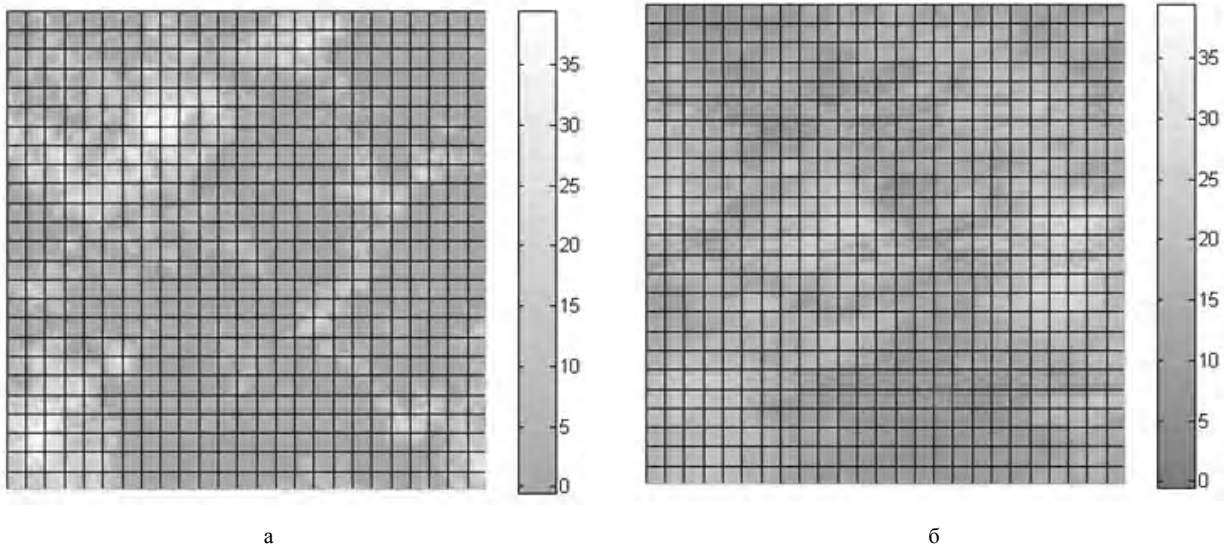


Рисунок 1 – Дослідження параметрів цифрового зображення а – F^P ; б – F^I

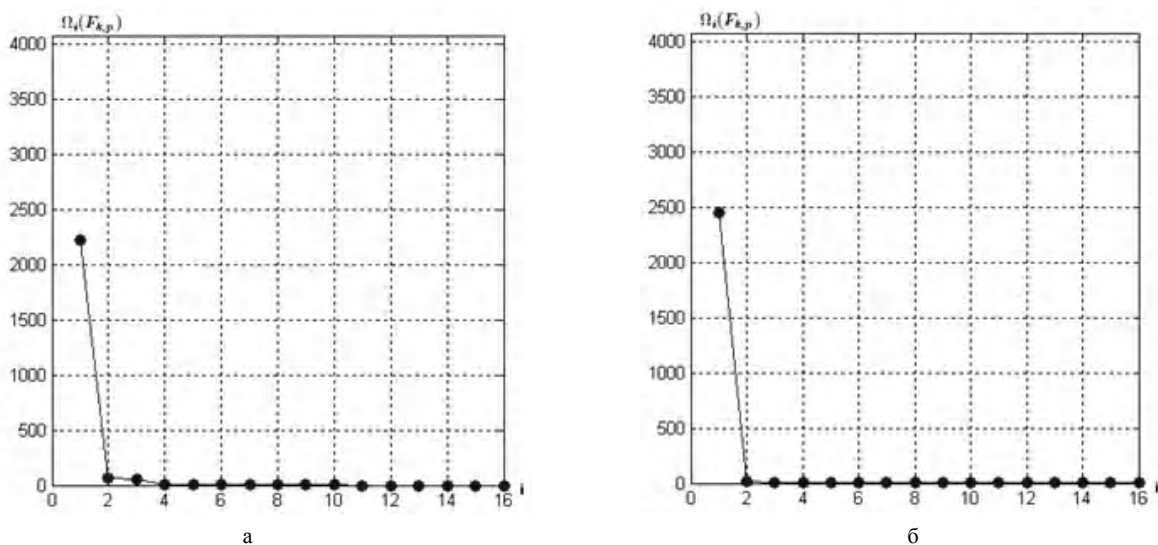


Рисунок 2 – Дослідження дискретної функції сингулярних чисел блоку 16×16 матриці зображення а – $F_{14,8}^P$; б – $F_{21,16}^I$

Отже, дискретна функція відношення сингулярних чисел блоку $F_{k,p} = (f_{y,x})$, $y = \overline{(k-1)n+1, kn}$, $x = \overline{(p-1)n+1, pn}$, розміром $n \times n$, матриці зображення $F = (F_{k,p})$, $k = 1, \overline{\left[\frac{R}{16}\right]}$, $p = 1, \overline{\left[\frac{C}{16}\right]}$, розміром $R \times C$, визначена наступним чином:

$$\bar{\Psi}_i(F_{k,p}) = \frac{\sigma_i}{\sigma_n}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (3)$$

Для подальшого дослідження використана дискретна функція відношення сингулярних чисел блоку в логарифмічному масштабі:

$$\Psi_i(F_{k,p}) = \log_{10} \left(\frac{\sigma_i}{\sigma_n} \right), \quad i = \overline{1, n}. \quad (4)$$

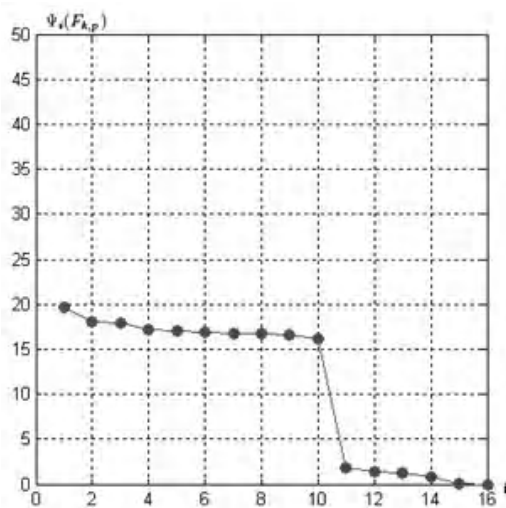
Так, для блоків матриць зображення (рис. 1а та б) графіки дискретної функції відношення сингулярних чисел блоку матриці зображення мають наступний вигляд (рис. 3).

Для дослідження швидкості зміни відношення сингулярних чисел блоку матриці зображення визначена похідна функції (4). Оскільки функція дискретна, для виконання чисельного диференціювання, застосовано розділену різницю першого порядку.

Дискретна функція швидкості зміни відношення сингулярних чисел блоку $F_{k,p} = (f_{y,x})$, $y = \overline{(k-1)n+1, kn}$, $x = \overline{(p-1)n+1, pn}$, розміром $n \times n$, матриці зображення

$$F = (F_{k,p}), \quad k = 1, \overline{\left[\frac{R}{16}\right]}, \quad p = 1, \overline{\left[\frac{C}{16}\right]}, \quad \text{розміром } R \times C, \quad \text{визначена наступним чином:}$$

$$\Phi_i(F_{k,p}) = \frac{\Psi_{i+1}(F_{k,p}) - \Psi_i(F_{k,p})}{(i+1) - i}, \quad i = \overline{1, n-1}, \quad (5)$$



а

$$\Phi_i(F_{k,p}) = \log_{10} \left(\frac{\sigma_{i+1}}{\sigma_n} \right) - \log_{10} \left(\frac{\sigma_i}{\sigma_n} \right), \quad i = \overline{1, n-1}, \quad (6)$$

$$\Phi_i(F_{k,p}) = \log_{10} \left(\frac{\sigma_{i+1}}{\sigma_i} \right), \quad i = \overline{1, n-1}. \quad (7)$$

Так, для блоків матриць зображення (рис. 1а та б) графіки дискретної функції швидкості зміни відношення сингулярних чисел блоку матриці зображення мають наступний вигляд (рис. 4).

Таким чином, основні кроки методу виявлення порушення цілісності цифрового зображення шумом Перліна наступні:

а) побудова матриці цифрового зображення

$$F = (F_{k,p}), \quad k = 1, \overline{\left[\frac{R}{16}\right]}, \quad p = 1, \overline{\left[\frac{C}{16}\right]}, \quad \text{розміром } R \times C;$$

б) розбиття отриманої матриці стандартним чином на блоки розміром 16×16 $F_{k,p} = (f_{y,x})$,

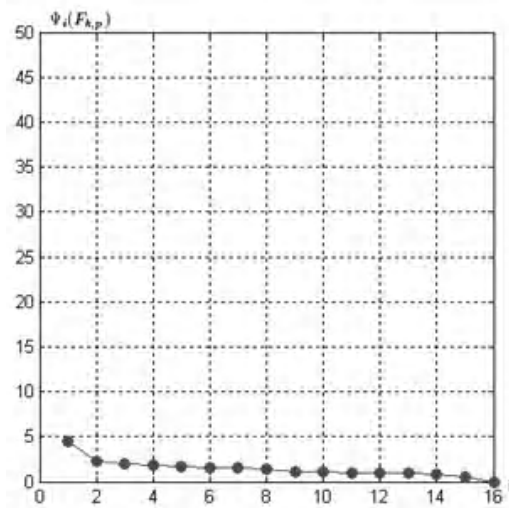
$$y = \overline{16 \cdot (k-1) + 1, 16 \cdot k}, \quad x = \overline{16 \cdot (p-1) + 1, 16 \cdot p};$$

в) побудова дискретної функції швидкості зміни відношення сингулярних чисел для кожного блоку матриці зображення $\Phi_i(F_{k,p})$, $i = \overline{1, 15}$;

г) виділення в матриці зображення блоків, для яких виконується умова:

$$\bar{\bar{F}} = \left\{ F_{k,p} \mid \max_{i=1}^{15} \left(\Phi_i(F_{k,p}) \right) > 10, k = 1, \overline{\left[\frac{R}{16}\right]}, p = 1, \overline{\left[\frac{C}{16}\right]} \right\}, \quad (8)$$

представляють собою блоки, що є результатом порушення цілісності цифрового зображення.



б

Рисунок 3 – Дослідження дискретної функції відношення сингулярних чисел блоку 16×16 матриці зображення, що збережено в форматі без втрат а – $F_{14,8}^P$; б – $F_{21,16}^I$

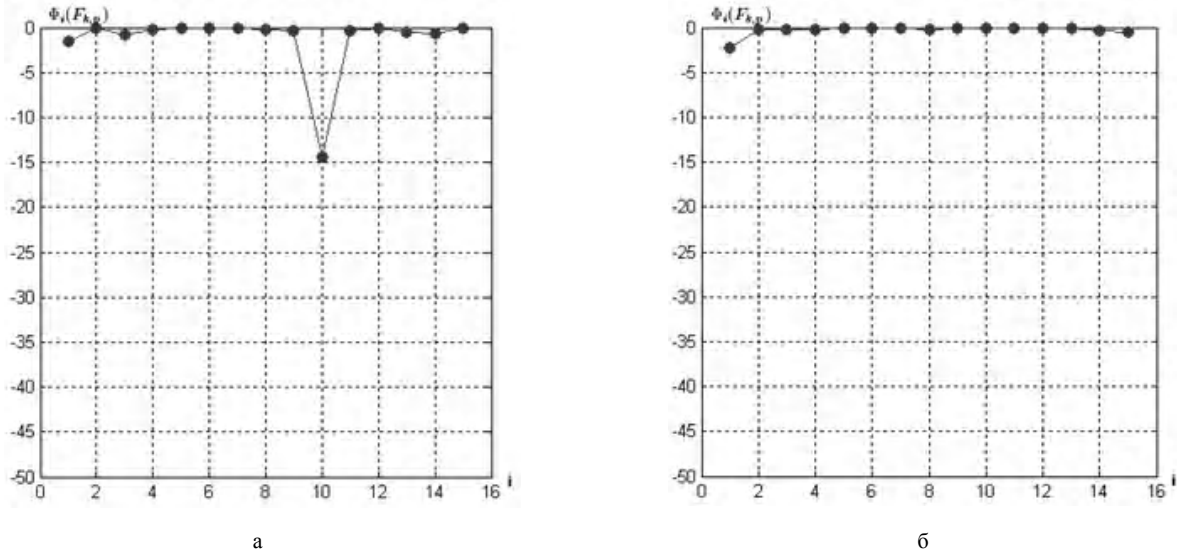


Рисунок 4 – Дослідження дискретної функції швидкості зміни відношення сингулярних чисел блоку 16×16 матриці зображення, що збережено в форматі без втрат

а – $F_{14,8}^P$; б – $F_{21,16}^I$

4 ЕКСПЕРИМЕНТИ

З метою перевірки ефективності модифікованого методу виявлення фальсифікації, в результаті розрахункового експерименту виконано тестування 500 цифрових зображень, що зберігались в форматі без втрат.

Помилкою першого роду являється випадок, коли цифрове зображення, що отримано цифровою фотокамерою, вважається цифровим зображенням, отриманим в результаті генерації шуму Перліна.

Помилкою другого роду являється випадок, коли цифрове зображення, що отримано в результаті генерації шуму Перліна, вважається цифровим зображенням, що отримано цифровою фотокамерою.

Розглянемо матрицю цифрового зображення

$$F^t = (F_{k,p}^t), \quad k=1, \left\lceil \frac{R}{16} \right\rceil, \quad p=1, \left\lceil \frac{C}{16} \right\rceil, \quad t=1,500, \text{ розміром } R \times C.$$

Для кожного блоку матриці побудована дискретна функція швидкості зміни відношення сингулярних чисел та визначено її найбільше значення

$$\max_{i=1}^{15} \left(\left| \Phi_i(F_{k,p}^t) \right| \right), \quad k=1, \left\lceil \frac{R}{16} \right\rceil, \quad p=1, \left\lceil \frac{C}{16} \right\rceil. \text{ Серед усіх найбільших за модулем значень дискретної функції швидкості зміни відношення сингулярних чисел для всього цифрового зображення визначено найменше значення наступним чином:}$$

більших за модулем значень дискретної функції швидкості зміни відношення сингулярних чисел для всього цифрового зображення визначено найменше значення наступним чином:

$$Z_{\min}^t = \min_{k=1, p=1} \left\lceil \frac{R}{16} \right\rceil \left\lceil \frac{C}{16} \right\rceil \left(\max_{i=1}^{15} \left(\left| \Phi_i(F_{k,p}^t) \right| \right) \right). \quad (9)$$

Для розрахункового експерименту побудована координатна площина, вісь абсцис – $t=1,500$, номер цифро-

вого зображення, вісь ординат – Z_{\min}^t , що отримано за допомогою (9). Кожне зображення на площині представлено точкою з координатами (t, Z_{\min}^t) .

Точки квадратної форми відповідають цифровим зображенням, отриманим в результаті генерації шуму Перліна, точки круглої форми – цифрові зображення отримані цифровою фотокамерою (рис. 5). Отже, в результаті розрахункового експерименту встановлено, що помилки першого та другого роду склали 2%.

5 РЕЗУЛЬТАТИ

На основі отриманих результатів дослідження форм представлення параметрів цифрового зображення, що однозначно визначають цифровий сигнал, – сингулярних чисел, розглянемо метод виявлення фальсифікації, що засновано на моделюванні візуально реалістичного природного явища, хмар та неба, в результаті генерації шуму Перліна.

Розглянемо цифрові зображення неба та хмар, що отримані сучасними цифровими фотокамерами. Нехай частина основного зображення (ОЗ), замінюється штучною областю, яка отримана в результаті генерації шуму Перліна (ЗО) (для більшої наочності одержуваних нижче висновків ніяка подальша обробка зображення не виконується).

Таким чином побудоване цифрове зображення, приклад якого на основі зображення (рис. 6а), демонструє порушення цілісності цифрового зображення, представлено на (рис. 6б) зберігається без втрат.

Графіки дискретної функції швидкості зміни відношення сингулярних чисел блоку матриць ОЗ та зображення, що містить ЗО, наочно демонструють під області порушення цілісності даного типу (рис. 6д,е).

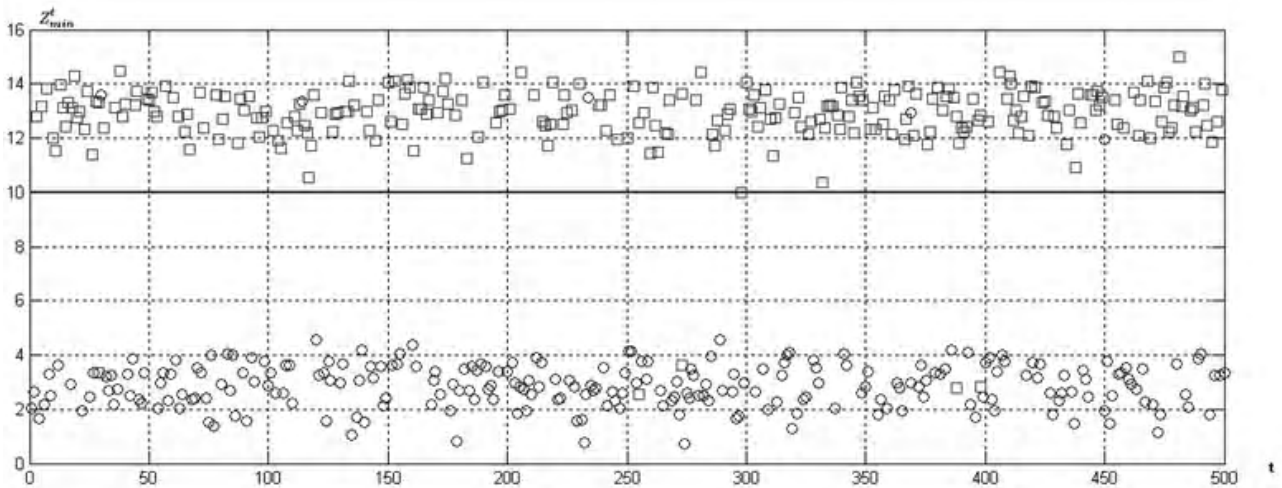


Рисунок 5 – Відображення цифрових зображень, отриманих цифровою фотокамерою та в результаті генерації шуму Перліна на координатній площині залежності t від Z_{\min}^t

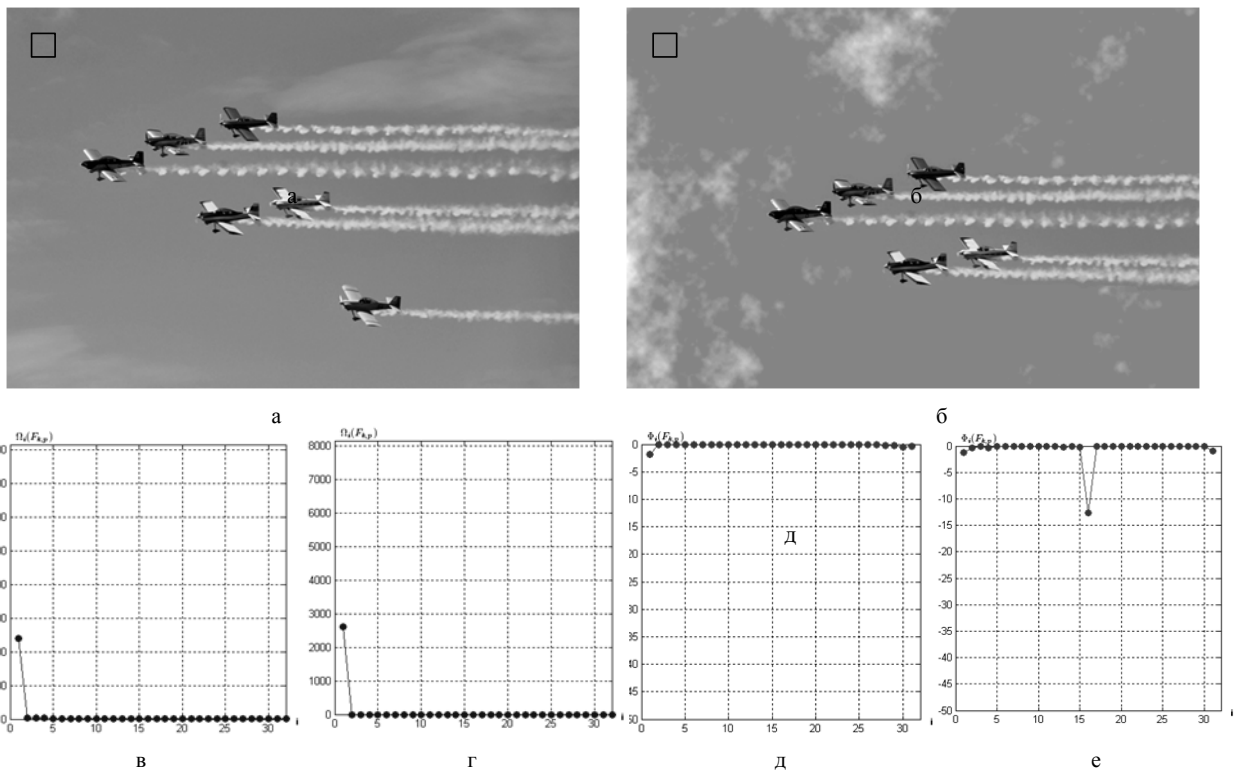


Рисунок 6 – Приклад порушення цілісності цифрового зображення результату генерації шуму Перліна:

$$а - O_3 F^I ; б - O_3 з 30 F^P ; в - \Omega(F_{2,2}^I) ; г - \Omega(F_{2,2}^P) ; д - \Phi(F_{2,2}^I) ; е - \Phi(F_{2,2}^P)$$

6 ОБГОВОРЕННЯ

Таким чином, спосіб підвищення ефективності методу виявлення фальсифікації, що заснована на моделюванні візуально реалістичного природного явища, хмар та неба, в результаті генерації шуму Перліна, представляє собою використання замість дискретної функції сингулярних чисел блоку, дискретної функції швидкості зміни відношення сингулярних чисел блоку матриці зображення.

ВИСНОВКИ

В результаті даної роботи для підвищення ефективності методу виявлення фальсифікації цифрового зображення, на основі порушення цілісності цифрового зображення, що засновано на моделюванні візуально реалістичного природного явища, хмар та неба, в результаті генерації шуму Перліна, запропоновано використовувати нову форму представлення параметрів цифрового зображення.

На основі дискретної функції швидкості зміни відношення сингулярних чисел представлено основні кроки методу виявлення фальсифікації цифрового зображення розглянутого типу.

В результаті перевірки ефективності модифікованого методу виявлення фальсифікації, розрахунковий експеримент визначив, що на основі запропонованої форми сингулярних чисел блоку матриці, для визначення порушення цілісності цифрового зображення, помилки першого та другого роду складають по 1%.

ПОДЯКИ

Роботу виконано в рамках держбюджетної науково-дослідної тематики кафедри «Інформатики та управління захистом інформаційних систем» Одеського національного політехнічного університету «Розробка методів підвищення ефективності комплексної системи захисту інформації» (№ держреєстрації 0115U000834).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кобозева А. А. Матричний аналіз – основа общего подходу обнаружения фальсификации цифрового сигнала / А. А. Кобозева, О. В. Рыбальский, Е. А. Трифонова // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2008. – №8 (126), Частина 1. – С. 62–72.
2. Трифонова К. О. Підвищення ефективності методу виявлення несанкціонованого втручання «сорупaste» в цифрове зображення / К. О. Трифонова // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» «Автоматика, вимірювання та керування». – 2012. – №741. – С. 227–230.
3. Трифонова Е. А. Метод идентификации и локализации масштабирования в цифровом изображении / Е. А. Трифонова // Информатика и математические методы в моделировании. – 2013. – № 1. – С. 22–34.
4. Трифонова К.О. Адаптація інваріантних до афінних перетворень моментів цифрового зображення для виявлення фальсифікації / К. О. Трифонова, В. В. Мурова // Тези доповідей V міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні управляючі системи та технології». – Одеса. – 20–22 вересня 2016р. – С. 40–41.
5. Подлесный В. В. Метод процедурного моделирования облаков различных типов для авиационного тренажера / В. В. Подлесный // Труды СПИИРАН. – 2013. – №5 (28). – С. 230–238.
6. Подлесный В. В. Выбор метода моделирования облаков для авиационных тренажеров / В. В. Подлесный // МГТУ ГА: Научный Вестник. – 2012. – № 177. – С. 105–111.
7. Simulation of cloud dynamics on graphics hardware / [M. Harris, W. Baxter, T. Scheuermann, A. Lastra] // Proceedings of Graphics Hardware. – 2003. – P. 92–101.
8. Harris M. Physically-based visual simulation on graphics hardware / M. Harris, G. Coombe, T. Scheuermann, A. Lastra // Proceedings of Graphics Hardware. – 2002. – P. 1–10.
9. Harris M. Real-time cloud rendering / M. Harris, A. Lastra // Proceedings of Eurographics. – 2001. – Vol. 20, № 3. – P. 76–84.
10. Wang N. Realistic and fast cloud rendering / N. Wang // Proceeding Siggraph'03 Acm Siggraph 2003 Sketches & Applications. – 2003. – P. 1–17.
11. Деммель Дж. Вычислительная линейная алгебра. Теория и приложения / Дж. Деммель. – М.: Мир, 2001. – 430 с.
12. Bergman C. Unitary Embedding for Data Hiding with the SVD / C. Bergman, J. Davidson // Security, Steganography, and Watermarking of Multimedia Contents VII, SPIE. – 2005. – Vol. 5681. – P. 619–630.

Стаття надійшла до редакції 18.12.2017.

Після доробки 29.12.2017.

Трифонова Е. А.

Магистр, ст. преподаватель кафедры информатики и управления защитой информационных систем института информационной безопасности, радиоэлектроники и телекоммуникаций Одесского национального политехнического университета, Одесса, Украина

МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ НАРУШЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ЦИФРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ШУМОМ ПЕРЛИНА

Актуальность. На сегодняшний день информатизация является одним из приоритетных направлений развития всех экономических отраслей. Процесс внедрения новых информационных технологий во все сферы жизни общества невозможен без решения вопроса информационной безопасности. Составной частью которого является разработка методов определения подлинности цифровых изображений, построение которых во многих областях имеет определяющее значение. Все это делает тему данной работы чрезвычайно актуальной.

Цель. Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи. Выполнено исследование параметров цифрового изображения, наличие или отсутствие характерных признаков которых позволяет установить нарушения целостности цифрового изображения для представленного способа фальсификации. Предложено использовать для выявления фальсификации следующую форму сингулярных чисел, в качестве параметров цифрового изображения, которые однозначно определяют матрицу цифрового изображения – дискретную функцию скорости изменения отношения сингулярных чисел блока. На основании представленной формы параметров цифрового изображения разработан способ повышения эффективности метода обнаружения фальсификации.

Метод. В работе представлен метод обнаружения фальсификации цифрового изображения, разработанный на основании общего подхода, который базируется на использовании матричного анализа, теории возмущений, и предоставляет возможность для решения задачи обнаружения нарушения целостности цифрового сигнала. Под фальсификацией цифрового изображения в работе понимается нарушение целостности цифрового изображения, которое основано на моделировании визуально реалистического природного явления, облаков и неба, в результате генерации шума Перлина.

Результаты. С целью проверки эффективности модифицированного метода выявления фальсификации, проведен вычислительный эксперимент для цифровых изображений, которые хранились без потерь, по определению ошибок первого и второго рода.

Выводы. Научная новизна работы заключается в следующем: представлено способ повышения эффективности метода обнаружения фальсификации, в результате генерации шума Перлина, на основе применения вместо дискретной функции сингулярных чисел блока, дискретной функции скорости изменения отношения сингулярных чисел блока матрицы изображения. Результатом работы является программный продукт для выявления нарушения целостности цифрового изображения, на основе шума Перлина, который может быть использован для дополнения комплексной системы выявления нарушения целостности цифровых изображений.

Ключевые слова: цифровое изображение, фальсификация, шум Перлина, сингулярное разложение.

Tryfonova K. O.

Master of Science, Senior Lecturer, Department of Computer Science and Management Information Systems Protection, Information Security Institute of Radio Electronics and Telecommunications, Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine

METHOD OF DETECTION INTEGRITY VIOLATIONS OF DIGITAL IMAGE BY PERLIN NOISE

Context. Today informatization is one of the priority directions of economic sectors development. Introduction process of new information technologies in all society spheres is impossible without solving the problem of information security. An integral part of which is the development of methods for determining the authenticity of digital images, the construction of which in many areas is crucial. All this makes the topic of this work is extremely important.

Objective. To achieve the goal the following tasks are solved. Performed the research of digital image parameters, the presence or absence of the characteristic features of which allows to establish integrity violations of the digital image for the present forgery type. It is proposed to use for forgery detection ensuing form of singular values, as a digital image parameters, that uniquely define a matrix of digital image – a discrete function of the speed change ratio of block singular values. Based on developed form digital image parameters, was architected a way of increasing the efficiency of forgery detection method.

Method. This paper presents a method for forgery detection of the digital image, developed on the basis of a common approach, which is use matrix analysis, perturbation theory, and provides an opportunity to solve the problem of detection integrity violations of the digital signal. Under the digital image forgery in the work refers to a integrity violation of the digital image, which is based on realistic visual simulation of natural phenomena, clouds and sky, as a result of Perlin noise generation.

Results. In order to test the effectiveness of the modified forgery detection method, computational experiments performed for digital images that are stored without losses, to determine errors of the first and second type.

Conclusions. The scientific novelty of the work is as follows: presented method of increasing the efficiency of the method of falsification detection, resulting in the generation of Perlin noise, based on the application instead of a discrete function of singular values of the block, a discrete function rate of change of the relationship matrix of singular values of image block. The result of work is a program product for detecting violation of the integrity of the digital image, based on Perlin noise, which can be used to supplement the complex detection systems integrity violation of the digital image.

Keywords: digital image, forgery, Perlin noise, singular decomposition.

REFERENCES

1. Kobozeva A. A., Ry'bal'skij O. V., Trifonova E. A. Matrichny'j analiz – osnova obshhego podxoda obnaruzheniya fal'sifikacii cifrovogo signala, *Visnik Sxidoukrai'ns'kogo nacional'nogo universitetu im. V. Dalya*, 2008, No. 8(126), Chastina1, pp. 62–72.
2. Trifonova K. O. Pidvishennya efektyvnosti metodu viyavlennya nesankcionovanogo vtruchannya «copypaste» v cifrove zobrazhennya, *Visnik Nacional'nogo universitetu «L'vivs'ka politexnika» «Avtomatika, vimiryuvannya ta keruvannya»*, 2012, No. 741, pp. 227–230.
3. Trifonova E. A. Metod identyfikacii i lokalizacii masshtabirovaniya v cifrovom izobrazhenii, *Informatika i matematicheskie metody' v modelirovanii*, 2013, No. 1, pp. 22–34.
4. Trifonova K. O., Murova V. V. Adaptaciya invariantnix do afinnix peretvoren' momentiv cifrovogo zobrazhennya dlya viyavlennya fal'sifikacii, *Tezi dopovidej V mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii «Informacijni upravlyayuchi sistemi ta texnologii»*. Odesa, 20–22 veresnya 2016 r, pp. 40–41.
5. Podlesny'j V.V. Metod procedurnogo modelirovaniya oblakov razlichny'x tipov dlya aviacionnogo trenazhera, *Trudy SPIRAN*, 2013, No. 5(28), pp. 230–238.
6. Podlesny'j V. V. Vy'bor metoda modelirovaniya oblakov dlya aviacionny'x trenazherov, *MGTU GA: Nauchny'j Vestnik*, 2012, No. 177, pp. 105–111.
7. Harris M., Baxter W., Scheuermann T., Lastra A. Simulation of cloud dynamics on graphics hardware, *Proceedings of Graphics Hardware*, 2003, pp. 92–101.
8. Harris M., Coombe G., Scheuermann T., Lastra A. Physically-based visual simulation on graphics hardware, *Proceedings of Graphics Hardware*, 2002, pp. 1–10.
9. Harris M., Lastra A. Real-time cloud rendering, *Proceedings of Eurographics*, 2001, Vol. 20, No. 3, pp. 76–84.
10. Wang, N. Realistic and fast cloud rendering, *Proceeding Siggraph '03 Acm Siggraph 2003 Sketches & Applications*, 2003, pp. 1–17.
11. Demmel', Dzh. Vy'chislitel'naya linejnaya algebra. Teoriya i prilozheniya. Moscow, Mir, 2001, 430 p.
12. Bergman S., Davidson J. Unitary Embedding for Data Hiding with the SVD, *Security, Steganography, and Watermarking of Multimedia Contents VII, SPIE*, 2005, Vol.5681, pp. 619–630.