ІДЕНТИФІКАЦІЯ СПОТВОРЕНИХ ЗАХИСНИХ ГРАФІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Пелешко Д.Д., Ковальчук А.М., Пелешко М.З.[1], Клювак А.В.
Національний університет «Львівська політехніка», Україна, Львів, вул. С. Бандери 12,
[1]Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м.Львів, вул.Клепарівська, 35,
e_mail: dpeleshko@gmail.com

Метою ідентифікації є забезпечення захисної дії графічних елементів від несанкціонованої атаки (підробки) різноманітних цінних паперів (документів). Основними критеріями ідентифікації є автоматизація самого процесу та її точність. На сьогодні основними засобами ідентифікації захисних графічних елементів залишаються експертні оцінки. Це зумовлює розвиток різноманітних засобів захисту, які б дозволили автоматизовувати сам процес ідентифікації. Проте не вирішеною залишається задача автоматичної ідентифікації у випадку використання захисних графічних елементів.

Для задачі ідентифікації захисних елементів у випадку існування фонового зображення можливі два варіанти. Перший з них полягає у тому, що захищене зображення відтворюється репографічними засобами без спотворень. Але більш складною задачею є відтворення вже спотвореного зображення або виникнення спотворень в процесі оцифровування. У цьому випадку частина зображень є видозміненою, що ускладнює процес ідентифікації навіть у випадку експертного оцінювання. Тому розробка автоматизованого методу ідентифікації графічних захисних елементів, який би був стійким до основних видів спотворень є актуальним завданням, який має широке практичне застосування.

Метод ідентифікації. На початку бінаризуємо регіон ідентифікації P (цифрове зображення) та еталонний регіон $\boldsymbol{P}_{\text{ет}}$. Тоді матрицю $\boldsymbol{P}$ подамо у вигляді вектора векторів

$$P \to < \bar{c}^{\,j} > |\ j=1..m, \bar{c}^{\,j} = < c_{i,j} > |\ i=1..n\,, \tag{1}$$

де $c_{i,j}$ - функції інтенсивності; m, n – ширина та висота зображення; верхній індекс j визначає напрям ідентифікації. Набір векторів $\bar{c}^{\,j}$ можна розглядати як елементи деякої топології Г простору R^m.

Для елементів топології Г введемо в розгляд метрику

$$d\ \ \bar{c}^{\,j}, \bar{c}^{\,j}_{\text{ет}}\ \ = \left| \mu\ \ \bar{c}^{\,j}\ - \mu\ \ \bar{c}^{\,j}_{\text{ет}}\ \ \right|\,, \tag{2}$$

де $\bar{c}^{\,j}_{\text{ет}}$ – вектор, визначений подібно до вектора $\bar{c}^{\,j}$, але на еталоні $P_{\text{ет}}$; $\mu\ \ \bar{c}^{\,j}\ \ ,\mu\ \ \bar{c}^{\,j}_{\text{ет}}$ – є числами обумовленості, які визначаються за сингулярними розкладами матриць операторів dim $\nabla^j = n \times n$ або dim $\nabla^i = m \times m$, побудованих із векторів $\bar{c}^{\,j}$ за формулою [1]

$$\nabla^j = \ \ \delta^j_{a,b}\ |\ a,b=\overline{1,n}\ \ ,\ \delta^j_{a,b} = \frac{c_{a,j}}{c_{b,j}};\ \ \nabla^i = \ \ \delta^i_{a,b}\ |\ a,b=\overline{1,m}\ \ ,\ \delta^i_{a,b} = \frac{c_{i,a}}{c_{i,b}}. \tag{3}$$

За (2) отримуємо послідовність

$$X = \ \ d^{\,j}\ |\ d^{\,j} = d\ \ \bar{c}^{\,j}, \bar{c}^{\,j}_{\text{ет}}\ \ , j=1,..,m\ \ \ , \tag{4}$$

елементи якої можуть вважатись статистиками величини відхилення за метрикою (2). Тоді задача ідентифікації полягає у визначенні деякого диз'юнктивного розбиття множини X

$$X = Y \cup \Omega; \qquad Y \cap \Omega = \varnothing. \tag{5}$$

Для визначення множин Y та Ω скористаємось методами теорії імовірностей та математичної статистики. Розподіл величини $\{d^j\}$ на проміжку [1.. m] має стохастичний характер і його безпосередньо не можна використовувати в подальшому розгляді. Для організації вибірки із генеральної сукупності будуємо інтервали впорядкованої за зростанням (чи спаданням) величини $\{d^j\}$

$$\forall z \in\ \ 1..m\ \ ,\ \exists k \in\ \ 1..\eta\ \ , \eta \in \mathbf{N}^1:\ \ d^{\,j} = d^{\,j}_k \in \Lambda_k = \ \ \mathrm{I}_{k-1}, \mathrm{I}_k\ \ , \tag{6}$$

де Λ_k = [I_{k-1}, I_k[– k-й інтервал; $d^{\,j}_k$ – значення величини $\{d^{\,j}\}$, яке потрапляє в k-й інтервал; I_k – інтервальна границя; η – кількість інтервалів, яка визначається за [3]: $\eta = \log_2 m + 1$.

У разі прийняття гіпотези про нормальний розподіл випадкової величини $\{d^j\}$, її приймаємо точковою оцінкою для побудови інтервалу довіри для математичного сподівання нормальної вибірки (6) за невідомого середньоквадратичного відхилення [3]

$$\Lambda_{d\ \text{дов}} = \Big[M_{\text{М}} - tm_{\text{М}}\,;\, M_{\text{М}} + tm_{\text{М}} \Big], \tag{7}$$

де $m_{(\text{М})}$ – середньоквадратичне відхилення середнього арифметичного; $M_{(\text{М})}$, $\sigma_{(\text{М})}$ - математичне сподівання і середньоквадратичне відхилення випадкової величини $\{d^j\}$ з дисперсії $D_{(\text{М})}$. Перевірку гіпотези про нормальний розподіл випадкової величини $\{d^j\}$ здійснюємо з використанням критерію Пірсона (критерій χ^2) [3].

На основі (7) стосовно $\{d^j\}$ приймається рішення про приналежність статистики до однієї із підмножин Y чи Ω. Якщо значення d^j потрапляє в інтервал $\Lambda_{d\ \text{дов}}$, то d^j належить набору Y; у протилежному випадку – набору Ω:

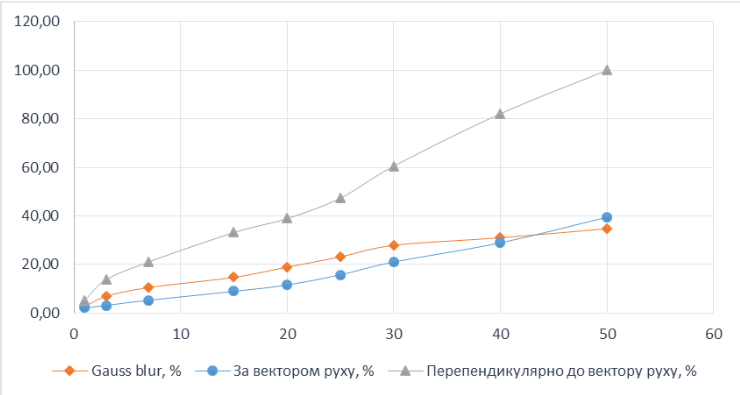
$$\forall j \in 1..m:\begin{cases} d^j \notin \Lambda_{d\ \text{дов}} \to d^j \in \Omega; \\ d^j \in \Lambda_{d\ \text{дов}} \to d^j \in Y. \end{cases} \tag{8}$$

За розмірністю Ω при наперед заданому цілому, додатньому γ приймається рішення про відповідність регіону ідентифікації P еталонному регіону $P_{\text{ет}}$.

$$\exists \gamma > 0, \gamma \in \mathbf{N}^1, \dim \Omega < \gamma : \left\| P - P_{\text{ет}} \right\| = 0 . \tag{9}$$

Подібним способом здійснюється ідентифікація у напряму *i*.

Висновки та результати практичних експериментів. Параметри вхідного зображення (наведено на рисунку) були такими: зображення роздільною здатністю 600 DPI, фізичні розміри 2093x2107 пікселів, формат – 16-розрядна палітра у відтінках сірого. Захисні елементи отримані за формулою спіралі Архімеда $\rho = \alpha\varphi$ у полярній системі координат (ρ, φ). Збурення, за допомогою яких було відтворено фонове зображення (логотип фірми Apple) у вигляді яблука, були реалізовані за принципом осьової симетрії. Для організації спотворень використовувались гаусівське спотворення (gauss blur) та спотворення викликане рухом (motion blur). Саме ці види спотвореннь найчастіше виникають у практичних задачах ідентифікації документів, захищених графічними елементами. Точність ідентифікації визначається у процентному співвідношенні сумарної площі неідентифікованих областей до площі усього зображення. Результати ідентифікації при 95% довірчій імовірності наведені на рисунку. У випадку використання спотворення Motion Blur вектор руху визначався за функцією розсіювання [2].



Графічне представлення результатів ідентифікації.

З наведених на рисунку результатів можна зробити такі висновки. У випадку малих спотворень (до 3% співвідношення $S_{\text{спотв}}$ $/S_P$) метод є достатньо ефективним для випадку будь-якого спотворення і незалежно від напряму ідентифікації.

Жоден з методів не є ефективним при спотвореннях половини зображення. Найкращий результат метод демонструє у випадку гаусівського спотворення, але навіть у цьому випадку кількість помилок є достатньо значною. Найбільш стійким при малих та середніх спотвореннях метод був до спотворення викликаного рухом (motion blur), якщо напрям ідентифікації збігався з напрямом руху. Якщо напрям ідентифікації не збігається з напрямом руху, то таке спотворення є критичним для ідентифікації. Фактично у цьому випадку ефективність ідентифікації залежить від точності визначення вектора руху.

Треба зазначити, що падіння точності ідентифікації у випадку спотворення, викликаного рухом, має експонентний характер. А у випадку гаусівського спотворення – логарифмічний.

1. Пелешко Д., Ковальчук А., Пелех Ю., Киричук В. Виділення псевдоінваріантів та квазістаціонарних ділянок мовних сигналів на основі сингулярних розкладів. Вісник НУ ЛП "Комп'ютерні науки та інформаційні технології" №732, Львів. 2012. С.58-66.

2. Peleshko D. Makoweychuk O., Klyuvak A. Reconstruction of Images Distorted by Partial Motion Blur with Not Blurred Zones Inclusions. Комп'ютерні науки та інформаційні технології: Матеріали VII Міжнародної наково-технічної конференції CSIT 2012.- Львів, Видавництво Львівської політехніки,. 2012. С.125-126.

3. Лихолетов И.И. Руководство к решению задач по высшей математике, теории вероятностей и математической статистике/ И.И. Лихолетов, И. П. Мацкевич. – Минск: Вишєйшая школа, 1969. – 454с.