

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ У СИСТЕМАХ ІДЕНТИФІКАЦІЇ
КОРЕЛЯЦІЙНОГО КРИТЕРІЮ ПОДІБНОСТІ ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ**

Фразе-Фразенко О.О.¹, Асабашвілі С.Д.²

1 – Одеський національний економічний університет

**2 - Одеська державна академія технічного регулювання та якості
м. Одеса**

Будемо вважати, що еталонне зображення A (або його вибраний фрагмент) представляється матрицею U_0 розміром $n \times n$, та порівнюється з зображенням B (або його вибраним фрагментом) в «зоні пошуку» Ω розміром $L \times L$, де $L = m + n$. Перекриття між зображеннями визначається кроком h дискретних ґрат hZ^2 у площині P^2 на яких задані спостережувані змінні $\{u_0(\mathbf{x}), \mathbf{x} = (x, y)\}$ на зображенні A або $\{u(\mathbf{x})\}$ на зображенні B .

У процесі ковзного пошуку, коли кожний черговий фрагмент отримується з попереднього простим зрушенням на один дискрет (піксель), обчислюється «функція подібності» між зображенням еталонного фрагмента $\{u_0(\mathbf{x}), \mathbf{x} \in \Gamma_A\}$ та зображеннями поточних (контрольованих) фрагментів $\{u(\mathbf{x}), \mathbf{x} \in \Gamma_B\}$. Метою є знаходження функції подібності, яка б з максимально можливою точністю та вірогідністю дозволяла локалізувати фрагмент, що відповідає еталонному фрагменту, фіксуючи в такий спосіб сумісні точки на зображеннях.

Взаємно відповідні елементи одного об'єкта на зображеннях повинні задовольняти співвідношенню:

$$u_0(x, y) = (au(x+k, y+l) + b) \text{rect}\left(\frac{x}{n}, \frac{y}{n}\right) + \varepsilon(x, y), \quad (1)$$

де a та b – параметри контрасту та освітленості; k та l – параметри відносного зрушення зразка та його аналога на контрольованому зображенні; $\varepsilon(x, y)$ –

шум; $\text{rect}\left(\frac{x}{n}, \frac{y}{n}\right) = \begin{cases} 1 & \text{при } x \leq n, y \leq n; \\ 0 & \text{в інших випадках.} \end{cases}$

У такому формулюванні, як це показано у вигляді (1), процедура селекції зразка повинна знайти параметри k та l , які характеризують зрушення реперних фрагментів.

Для простоти будемо вважати, що параметр b не міняється по полю зображень, що дозволяє перейти до центрованих змінних:

$$\tilde{u}(x, y) = u(x, y) - \bar{u}, \bar{u} = \frac{1}{L^2} \sum_{(x,y) \in \Omega} u(x, y);$$

$$\tilde{u}_0(x, y) = u_0(x, y) - \bar{u}_0, \bar{u}_0 = \frac{1}{n^2} \sum_{x,y=1}^n u_0(x, y).$$

У якості міри відмінності в точці (k, l) оберемо середньоквадратичну помилку:

$$\varepsilon_a^2(k, l) = \sum_x \sum_y [\tilde{u}_0(x, y) - a\tilde{u}(x+k, y+l)]^2, \quad (2)$$

яку можемо мінімізувати перебором усіх можливих зрушень еталона по заданій області контрольованого зображення. Будемо вважати, що в точці

екстремума реалізується подібність, якщо $\varepsilon_a^2(k,l) \leq \lambda$, де λ – деякий установлений поріг.

З вимоги мінімуму помилки $\varepsilon_a^2(k,l)'_a = 0$ можемо знайти оцінку a і, підставивши її у формулу (2), отримуємо вираз:

$$\varepsilon_a^2(k,l) = \sum_x \sum_y [\tilde{u}_0(x,y)]^2 - \frac{\left[\sum_x \sum_y [\tilde{u}_0(x,y)\tilde{u}(x,y)] \right]^2}{\sum_x \sum_y [\tilde{u}(x,y)]^2}. \quad (3)$$

Перший член з (3) – «енергія» еталонного сигналу. Він є величиною постійною, яка не залежить від параметрів зрушення (k,l) . Зважаючи на це, точка екстремуму не зміниться, якщо виконаємо нормування середньоквадратичної помилки до енергії еталона

$$\varepsilon_a^2(k,l) = 1 - \frac{\sum_x \sum_y [\tilde{u}_0(x,y)\tilde{u}(x,y)]^2}{\sum_x \sum_y [\tilde{u}(x,y)]^2 \sum_x \sum_y [\tilde{u}_0(x,y)]^2},$$

і замість мінімуму нормованої середньоквадратичної помилки будемо шукати максимум коефіцієнта кореляції поточного фрагмента з еталоном, тобто:

$$\tilde{r}(k,l) = \frac{\sum_x \sum_y \tilde{u}_0(x,y)\tilde{u}(x,y)}{\left\{ \sum_x \sum_y [\tilde{u}(x,y)]^2 \sum_x \sum_y [\tilde{u}_0(x,y)]^2 \right\}^{0.5}}.$$

Дотримання умов вірогідності виявлення співпадиння приводить до необхідності встановлення порогу для величини взаємної кореляції $\max \tilde{r}(k,l)$: якщо $\max \tilde{r}(k,l) \geq r_{пор}$, то з заданою ймовірністю гарантується дійсна подібність знайденої пари фрагментів. Величина порогу визначається функцією розподілу коефіцієнта кореляції (при випадкових вибірках) та заданою довірчою ймовірністю ухвалення рішення про дійсну подібність фрагментів.

До цього моменту з'ясувався лише сам факт існування статистичної залежності між двома ознаками. Далі з'ясовано, які висновки можна зробити про силу чи слабкість цієї залежності, а також про її вигляд та спрямованість.

Як відомо з достатньої кількості літературних джерел, критерії кількісної оцінки залежності між змінними є коефіцієнтами кореляції або мірами зв'язаності. Дві змінні корелюють між собою позитивно, якщо між ними існує пряме, односпрямоване співвідношення. При однонаправленому співвідношенні малі значення однієї змінної відповідають малим значенням іншої змінної, великі значення – великим. Дві змінні корелюють між собою негативно, якщо між ними існує зворотне, різноспрямоване співвідношення. При різноспрямованому співвідношенні малі значення однієї змінної відповідають великим значенням іншої змінної і навпаки. Значення коефіцієнтів кореляції завжди лежать в діапазоні від -1 до $+1$.

У якості коефіцієнта кореляції між змінними, що належать порядковій шкалі, як правило, застосовується коефіцієнт Спірмена, а для змінних, які належать до інтервальної шкали – коефіцієнт кореляції Пірсона. При цьому враховується, що кожен дихотомічний змінний, тобто змінний, що належить до номінальної шкалою та має дві категорії, можна розглядати як порядкову. Це положення відноситься до випадку, який аналізується.

Використовуючи засоби імітаційного моделювання, перевірили чи існує кореляція між змінними, які записані у відповідних файлах та містять тестові бінарні рисунки та ті ж рисунки, але з простим зрушенням на один дискрет, тобто на величину $\Delta = \{u_0(\mathbf{x}), \mathbf{x} \in \Gamma_A\} - \{u(\mathbf{x}), \mathbf{x} \in \Gamma_B\}$. При цьому вважали, що дихотомічна змінна, яка знаходиться у файлі у вигляді піксельного зображення, є порядковою.

Процедура моделювання полягала у тому, що зображення у вигляді сканованих рисунків трикутника, квадрата, прямокутника та кола, які програмними засобами були перетворені у бінарні зображення та нормовані у базисі площини 512×512 пікселів. Після цього вони були записані у окремі файли у відповідності до стандартів, які були визначені у попередньому розділі та визначені, як найбільш доцільні для використання у СЗІ. Ці файли вважалися такими, що містять еталонні зображення. Приклади фігур демонструються у доповіді. Також демонструються результати найбільш характерних значень коефіцієнта кореляції у вигляді таблиць та графіків, які відображають динаміку зміни величини взаємної кореляції між зображеннями.

Література

1. Фразе-Фразенко О. О. Исследование и применение в системах защиты информации корреляционного критерия сходства графических структур : монография // Информационные системы в управлении, образовании, промышленности [Текст] / Н. Ф. Казакова, О. О. Фразе-Фразенко [и др.]; под ред. В. С. Пономаренко. – Х. : ТОВ «Щедра садиба плюс», 2014. – 498 с.
2. Фразе-Фразенко О. О. Метод анізотропної фільтрації нестабільних зображень у системах доступу з біометричною аутентифікацією [Текст] / О. О. Фразе-Фразенко // Інформаційна безпека. – 2013. – № 4(12). – С. 112-125.
3. Фразе-Фразенко О.О. Узагальнення кореляційних властивостей контурів [Текст] // О. О. Фразе-Фразенко / Інформаційна безпека. – 2012. – № 2(8). – С. 158-167.
4. Казакова Н. Ф. Синтез методу виділення контурів у системах ідентифікації на основі усереднення перепадів яскравості [Текст] / Н. Ф. Казакова, О. О. Фразе-Фразенко // Інформаційна безпека. – 2013. – № 2(10). – С. 48-57.
5. Фразе-Фразенко О. О. Багатоагентний метод виділення інформативних ознак зображень у системах доступу [Текст] / О. О. Фразе-Фразенко // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2013. – № 15(204). – С. 210-218.

6. Казакова Н. Ф. Дослідження та застосування в системах захисту інформації кореляційного критерію подібності графічних структур [Текст] / Н. Ф. Казакова, О. О. Фразе-Фразенко // Системи обробки інформації. – 2014. – № 2(118). – Т. 2. – С. 246.
7. Фразе-Фразенко А. А. Использование биометрических термпоказателей для идентификации в системах доступа [Текст] / А. А. Фразе-Фразенко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – № 1/1(9). – С. 33-35. – ISSN 1729-3774.
8. Фразе-Фразенко О. О. Спосіб регуляризації некоректно поставленої задачі розпізнавання у системах телебачення замкнутого контуру [Текст] / О. О. Фразе-Фразенко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – № 6/4(8). – С. 19-20. – ISSN 1729-3774.
9. Фразе-Фразенко О. О. Алгоритм навчання нейронної мережі при розпізнаванні зображень [Текст] / О. О. Фразе-Фразенко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – № 4/1(6). – С. 33-34.
10. Фразе-Фразенко О. О. Аналіз сплайн-методів з метою їх застосування для обробки контурів зображень [Текст] / О. О. Фразе-Фразенко // Вісник НТУ «ХП». – 2012. – № 66(972). – С. 52-63.
11. Фразе-Фразенко О. О. Компенсація крайових шумових спотворень на цифровому зображенні [Текст] / О. О. Фразе-Фразенко // Вісник НТУ «ХП». – 2012. – № 68(974). – С. 130-135.
12. Фразе-Фразенко А. А. Система текстурных признаков, основанных на измерении пространственных частот [Текст] / А. А. Фразе-Фразенко // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2013. – № 5/5(13).
13. Фразе-Фразенко О. О. Загрози процесам аутентифікації у інформаційних системах фінансових установ та підприємств [Текст] // Удосконалення принципів та методів інформаційного забезпечення, інформаційної та фінансово-економічної безпеки підприємств та організацій сфери економіки, бізнесу та фінансів [Звіт про НДР] : (проміжн.) / О. О. Скопа, Н. Ф. Казакова, О. В. Орлик, Ю. В. Щербина, А. О. Петров, С. Л. Волков, О. І. Мацків, О. Г. Єсіна, А. Ю. Вакула, О. О. Фразе-Фразенко, А. В. Мінін, О. О. Йона, Є. В. Вавілов, К. Б. Айвазова; кер. О. О. Скопа. – Одеса : ОНЕУ, 2013. – 0112U007713. – 236 с. – С. 31-37.
14. Скопа О. О. Анізотропна фільтрація зображень у системах аутентифікації [Текст] / О. О. Скопа, О. О. Фразе-Фразенко // Захист інформації і безпека інформаційних систем : II міжнар. наук.-техн. конф., 30 травня – 01 червня 2013 р. – НУ «Львівська політехніка», Львів. – С. 156-158.