

УДК 004.89

Корзун І.М., студент,
Павлов О.А., докт. техн. наук, професор,
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ,
iluhakorzun@gmail.com

МЕТОДИ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ВИЯВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ ДАНИХ ПРИ СКАНУВАННІ ЗОБРАЖЕНЬ ОПТИЧНИМИ СЕНСОРАМИ

Розглядається задача ефективного виявлення пошкоджених даних по результатам оптичного сканування банкнот – зображень в основних кольорах світлового спектра. Необхідність автоматизації розв’язку поставленої задачі наведена в [1-3].

Результатом введення купюри в детектор банкнот є множина її окремих реалізацій, сканів, у межах заданого набору кольорів представлена інтенсивністю світла відбитого від поверхні паперу в процесі введення купюри в апаратний засіб та виміряного оптичним сенсором.

З метою підвищення ефективності класифікації розглядається метод формальної перевірки спотворених банкнот на відповідність нормальним, спрощений до розв’язання послідовності типових задач з валідації результатів одного сканування. Загальний алгоритм передбачає їх розв’язання для кожної банкноти по всім кольорам. Опис вирішення задачі за результатами одного сканування наводиться нижче.

Вхідними даними є достатньо велика кількість сканів однієї банкноти необхідна для побудови та оцінки ефективності запропонованого методу.

Нехай $y(x_i), i = \overline{1, n}$ – це сукупність значень, які приймає i -та змінна x_i (точка на графіку) простору ознак на множині його реалізацій, де n – кількість точок, що задає відповідну реалізацію результатів сканування. Тоді $y_j(x_i), j = \overline{1, l}$, результат неперервного сканування в цій точці де l – кількість різних реалізацій правильних банкнот. Результатом сканування, що перевіряється, далі позначаємо $r(x_i)$.

Для перевірки гіпотези про достовірність банкноти пропонується перевірка її окремої реалізації за наступними критеріями:

1. Перший критерій не суперечить гіпотезі, якщо для кожного значення інтенсивності $r(x_i)$ сигналу виконується нерівність:

$$\forall i: C_{i, \min} \leq r(x_i) \leq C_{i, \max} \quad (1)$$

де $C_{i, \min}$ та $C_{i, \max}$ – мінімальне та максимальне допустиме значення сигналу в точці x_i , які він може приймати, отримані зі сканувань правильних банкнот

$$C_{i, \min} = \min_{j=\overline{1, l}} y_j(x_i), C_{i, \max} = \max_{j=\overline{1, l}} y_j(x_i), i = \overline{1, n}$$

далі C називаємо коридором, а пару значень C_i – його межами в i -тій точці; під розмахом коридору в i -тій точці маємо на увазі різницю його крайніх значень.

2. Другий критерій не суперечить гіпотезі, якщо значення R середнього абсолютного нормованого за розмахом коридору в кожній точці відхилення реалізації сигналу, що перевіряється, задовольняє нерівності

$$R \leq D, \quad R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|r(x_i) - \bar{y}(x_i)|}{C_{i, \max} - C_{i, \min}} \quad (2)$$

де D – максимальне відхилення реалізації від його оціночного математичного очікування, обчислене на основі сканувань правильних банкнот

$$D_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_j(x_i) - \bar{y}(x_i)|}{C_{i, \max} - C_{i, \min}}, \quad D = \max_{j=\overline{1, l}} D_j$$

$\bar{y}(x_i)$ – оціночне математичне очікування значень сканування в заданій точці

$$\bar{y}(x_i) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^l y_j(x_i), i = \overline{1, n}$$

3. Якщо p – кількість локальних екстремумів на $r(x_i)$, тоді це не суперечить гіпотезі про достовірність даної реалізації за умови виконання нерівності

$$p_{min} \leq p \leq p_{max} \quad (3)$$

де p_{min} та p_{max} – мінімальна та максимальна кількість локальних екстремумів обчислена по правильних реалізаціях кривої оптичного сигналу

4. Якщо $d_{r,min}$ – мінімальна відстань між двома сусідніми локальними екстремумами на $r(x_i)$ та $d_{r,max}$ – максимальна відстань відповідно, тоді вони не суперечать гіпотезі, якщо виконується

$$d_{r,min} \geq d_{min} \quad d_{r,max} \leq d_{max} \quad (4)$$

де d_{min} та d_{max} – мінімальна та максимальна відстань між сусідніми локальними екстремумами, вершинами на $y_j(x_i)$, обчислені на всіх правильних реалізаціях даної банкноти

$$d_{min} = \min_{j=1,l} d_{j,min} \quad d_{max} = \max_{j=1,l} d_{j,max}$$

У критеріях 3-4 можуть використовуватися «суттєві» локальні екстремуми: максимуми, для яких виконується

$$y_j(x_{i-j_1}) < y_j(x_i) = y_j(x_{i+1}) = \dots = y_j(x_{i+k}) > y_j(x_{i+j_2})$$

аналогічно для локальних мінімумів. Тоді точкою локального екстремуму вважаємо центр плато $x_0 = x_{i+k/2}$.

Результат сканування вважається відповідним правильній банкноті, якщо виконуються всі нерівності (1)-(4).

Введені критерії ефективні, якщо набір реалізацій $y_j(x_i), i = \overline{1, n}$ є репрезентативним. Перевірка даних на достовірність виконується одночасно чотирма некорельованими критеріями, кожен з яких відображає окрему властивість. Таким чином реалізується загальна методологія тестування статистичної гіпотези. Отже, пропонується аналізувати результат сканування банкнот на відповідність кожному зі сформованих критеріїв і подавати на додаткове дослідження в разі порушення будь-якого з них.

Для упровадження запропонованої методології наводиться рішення із реалізації динамічної бібліотеки та програмного забезпечення на її основі для аналізу та перевірки результатів сканування банківських білетів.

Наведена бібліотека задовольняє вимогам щодо модульної та слабко зв'язної архітектури та забезпечує оптимальний час компіляції та обсяги використання пам'яті та часу обробки. Інтерфейс реалізації включає високорівневі сутності для роботи з низькорівневими даними – матриці – та використання основних підпрограм з лінійної алгебри (BLAS) для виконання числових перетворень над ними та їх передобробки для реалізації всіх визначених критеріїв.

Запропонований користувацький графічний інтерфейс виконує наступні функціональні вимоги: створення бази даних результатів сканування, визначення навчальної вибірки для обрання правильних сканів банкнот, візуальний огляд сканів через відображення та графік, автоматичне тестування результатів сканувань, візуальне виділення виявлених недоліків.

Список посилань

1. Ионов В.М. Обработка наличности. Банковская техника и технологии. / В.М. Ионов – Издательская группа «БДЦ-пресс», 2001. – 268 с.
2. Barchard K.A., Pace L.A. Preventing human error: the impact of data entry methods on data accuracy and statistical results. Computers in human behavior. 2011. Vol. 27, no. 5. pp. 1834–1839. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2011.04.004>.
3. A comparison of error detection rates between the reading aloud method and the double data entry method / M. Kawado et al. Controlled clinical trials. 2003. Vol. 24, no. 5. pp. 560–569. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0197-2456\(03\)00089-8](https://doi.org/10.1016/s0197-2456(03)00089-8).