

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПІДПИСІВ ПО ХАРАКТЕРНИМ ОЗНАКАМ ПЕРЕТВОРЕННЯ РАДОНУ

В.В. Трипольська

Дніпропетровський національний університет
49050, Дніпропетровськ, пров. Науковий, корпус 12
E-mail: trip@ukr.net

АНОТАЦІЯ

Представлено метод нейромережової ідентифікації підписів як бінарних зображень у просторі інформативних ознак перетворення Радону. Використовуються моменти інваріантні до обертання, зсувів та масштабних перетворень для побудови вектора особливостей. Добуття інформативних ознак одержується в просторі вейвлет декомпозиції, псевдофазової системі координат, що забезпечує з однієї сторони надійність ідентифікації, з іншого боку – зменшується розмірність простору ознак.

Запропонований метод здобуття особливостей і ідентифікації підписів перевірених на нейронній мережі зворотного поширення помилок. Тестування проводилося на різних підписах, і отримані результати підтвердили надійність методу.

Ключові слова: ідентифікація підписів, перетворення Радону, вейвлет декомпозиція, інваріантні моменти, псевдофазова система координат, нейронна мережа.

1. ВСТУП

Ідентифікація підпису як частина проблеми розпізнавання рукописних символів займає важливе місце й усе частіше привертає увагу наукового світу. У цій області було досліджено багато різних підходів, але в цілому проблема ще далека від остаточного рішення [1]. Головні труднощі полягають у постійній мінливості підпису кожного індивіда, що викликає проблеми зі створенням надійного еталона.

У цьому зв'язку, дуже актуальною є розробка інтегральних методів виділення стійких ознак підписів при розгляді кожного підпису як бінарного зображення. Акцент саме на виділенні інтегральних інформативних ознак зв'язаний з фізіологічним сприйняттям підпису як єдиного цілого, принаймні в первісний момент процедури ідентифікації.

Для виділення інтегральних ознак при верифікації підписів традиційно використовуються методи спектрального аналізу (Фур'є, Адамара і т.д.). Однак спектральний підхід дуже часто не дає

бажаних результатів, тому що підпис, як бінарне зображення, характеризується широким енергетичним спектром, у результаті чого, відмінність спектра підробки від спектра оригіналу може бути незначною. У цьому зв'язку нами було запропоновано використовувати перетворення Радону для переходу від бінарного зображення до напівтонового з 256 градаціями сірого [2].

Методи виділення інформативних ознак включають статичні підходи, засновані на визначенні моментів [3, 4], моделі авторегрессії, вейвлет перетворення [5]. Клас моментів інваріантних до повороту, зсуву і масштабних перетворень застосовується як вектор особливостей підпису, тому що зображення може бути зміщене в межах заданої рамки на документі. Використання вейвлет декомпозиції дає можливість виділення різних параметрів і збереження самого зображення без збільшення обсягу інформації. Набір отриманих параметрів є вхідними даними для класифікатора. Вектором вхідних особливостей є інваріантні моменти й коефіцієнти вейвлет декомпозиції після перетворення Радону.

Нейромережової підхід до ідентифікації підпису як ідентифікації бінарного зображення дає недостатню надійність як через мінливість самих підписів так і варіантів їхнього місцезнаходження в межах заданої рамки документа.

Процес визначення приналежності зразка до одного з класів може бути визначений за допомогою багатосарового перцептрона, байсевського чи класифікатора нейронної мережі [6]. Особливістю даного методу є те, що відомо параметри тільки одного класу, істинного підпису. Тому як класифікатор використовується нейронна мережа.

Тестування методу проводилося на 50 наборах підписів, що складаються з еталона, 2 істинних підписів і 2 підробок.

2. ПЕРЕТВОРЕННЯ РАДОНУ

При автоматичній класифікації підписів однією з труднощів є чутливість до варіантів місця розташування підпису в межах заданої рамки (на документі). У цьому зв'язку бажано перейти від бінарного зображення до яркостного. Для цієї мети використовується перетворення Радону, тому що має

ряд переваг, наприклад, у порівнянні з енергетичним спектром Фур'є. [7]

При розгляді бінарного зображення, підданого перетворенню Радону як напівтонового зображення (рис.1) виділяються «блискучі» крапки, що можуть використовуватися як інформативні ознаки. На нейронну мережу подавався характеристичний вектор, що містить повне зображення. Але через проблему розмірності, кількість вхідних параметрів необхідно зменшити. Одним з можливих рішень цієї проблеми є використання коефіцієнтів вейвлет декомпозиції як інформативних ознак нейронної мережі.

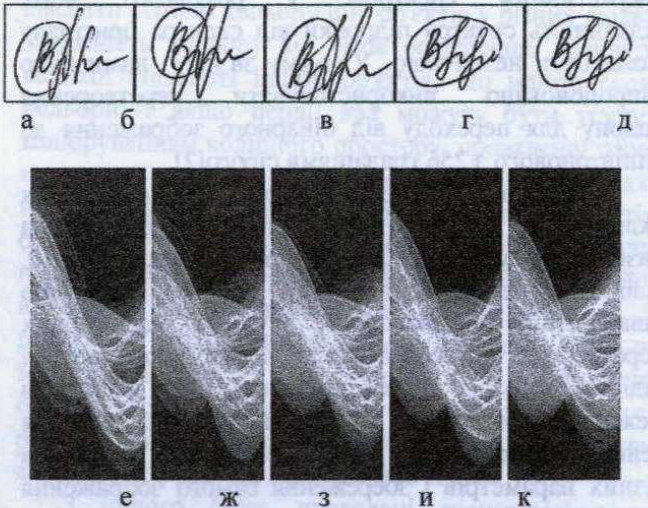


Рис. 1 Вихідні підписи і відповідне їм перетворення Радону.

а – еталонний підпис, б, в – справжні підписи, г, д – підробки; е, ж, з, и, к – відповідні перетворення Радону.

3.ВИТЯГ ІНФОРМАТИВНИХ ПРИЗНАКІВ

3.1.ВЕЙВЛЕТ

Оскільки растрове зображення є двовимірною матрицею, то до нього можуть бути застосовані двовимірні дискретні вейвлет-перетворення. Вейвлет-перетворення визначається формулою:

$$W(\alpha, \beta) = \sum_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\alpha} \overline{\psi\left(\frac{x-\beta}{\alpha}\right)} f(x) \quad (1)$$

Підвищення точності класифікації підписів і зменшення розмірів параметричного вектора досягається застосуванням декомпозиції зображення за допомогою вейвлет перетворення. Застосування різних фільтрів (базисів) дає результати, що відрізняються по своїм характеристикам. Аналізуються деталі зображення отримані на перших

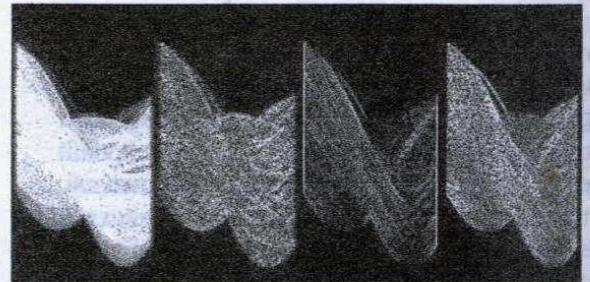
рівнях розкладання, які характеризують особливості, що притаманні данному підпису. Використання декількох рівнів для аналізу обумовлене тим, що на більш низькому рівні розкладання залишаються загальні властивості підпису і деталі, що зустрічаються тільки в даному екземплярі. Ці параметри також є частиною сукупності інформативних ознак, що характеризують підпис. [8]

Справжній підпис



а б в г

Підробка



а б в г

Рис.4. Коефіцієнти після вейвлет декомпозиції а- вихідне зображення, б – горизонтальні, в – прямовисні, г – діагональні

3.2.ІНВАРІАНТНІ МОМЕНТИ

Через мінливість місця розташування підпису, необхідно ввести додаткові ознаки, що не будуть змінюватися при повороті, масштабуванні й обертанні зображення. Одним з підходів є обчислення різних інваріантних моментів. Моменти низьких порядків відповідають за «закономірності», а більш високі моменти визначають особливості зображення.

У роботі [9] запропоновані сім нелінійних комбінацій, побудованих на моментах, що інваріантні до зсуву, обертанню і масштабуванню. Ці сім, так називані, інваріантні моменти, визначені через центральні моменти і використовуються для класифікації образів.

На нейронну мережу подавався вектор параметрів, що містить значення моментів, до 4-го порядку включно, і інваріантні моменти. Проведені експерименти показали, що даний вектор інформативних ознак не дає достатньої надійності ідентифікації підписів, у зв'язку з чим виникає

необхідність збільшення простору інформативних ознак.

Ця задача була вирішена за допомогою застосування інваріантних моментів Цернике. У роботі [9] застосовуються ортогональні моменти, засновані на теорії ортогональних поліномів, що ефективні для вирішення задач ідентифікації зображень. Клас ортогональних моментів, що володіють стійкістю до обертання – моменти Цернике. Поворот зображення не змінює величину моментів Цернике, тому вони використовуються як один з параметрів при визначенні вектора особливостей зображення. Для одержання інваріантів зсуву і масштабування, зображення спочатку нормується, використовуючи для цього центральні моменти. Моменти Цернике, інваріантні до обертання одержуються з нормованих моментів. У роботі [10] наведено зв'язок між інваріантними моментами, інваріантами Цернике і центральними моментами.

На нейронну мережу подавалися різні комбінації інваріантних моментів. Найкращі результати отримані при використанні семи інваріантних моментів, запропонованих Ху й 11 моментів Цернике.

3.3. ПСЕВДОФАЗОВА СИСТЕМА КООРДИНАТ

Одним з методів рішення проблеми компресії є підхід до витягу інформативних ознак перетворення Радону в псевдофазовій системі координат. Базисна ідея підходу полягає в тому, що при переході в нову систему координат, можна виділити невелику ділянку, в якій і будуть зосереджені основні локальні зміни підписів, тоді як у більшій частині нової площини будуть зосереджені загальні (практично незмінні) ознаки.

Якщо ввести позначення

$$R_{\Theta}(x') = R \quad (1^{\circ} \leq \Theta \leq 180^{\circ}), \quad (2)$$

те відображення залежності (2) у «фазовій» системі координат [11] зводиться до відображення в площини $(R - |\dot{R}|)$, де

$$|\dot{R}| = \left[\left(\frac{\partial R_{\Theta}(x')}{\partial \Theta} \right)^2 + \left(\frac{\partial R_{\Theta}(x')}{\partial x'} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

відкля впливає, що при такому відображенні інформація про координати вихідного зображення $R_{\Theta}(x')$ відкидається (аналогія: механіка Ньютона і механіка Лагранжа), що, у принципі, і дозволяє

сконцентрувати локальні розходження аналізованих підписів у невеликій частині площини $(R - |\dot{R}|)$.

Однак такий підхід, з огляду на специфіку перетворення Радону для підписів (наявність «блискучих» крапок), із практичної точки зору незручний, тому що в цих крапках похідна має розрив, що приводить до зростання впливу випадкових (шумових) компонент. Тому нами була використана «псевдофазова» система координат [12], що зводиться до відображення в площині

$$R_{\Theta_k}(x'_l) - R_{\Theta_{k+1}}(x'_{l+1}) \quad (4)$$

$$1^{\circ} \leq k \leq 180^{\circ}; \quad 1 \leq l < L-1,$$

де L – розмір рамки вихідного підпису на осі «х».

Як впливає з розгляду псевдофазових характеристик на рис.2, основні локальні зміни групуються у відносно невеликій лівій верхній частині аналізованої площини, що і відкриває можливість істотного скорочення розмірності ознакового простору з одночасним забезпеченням високої чутливості до виявлення підроблених підписів.

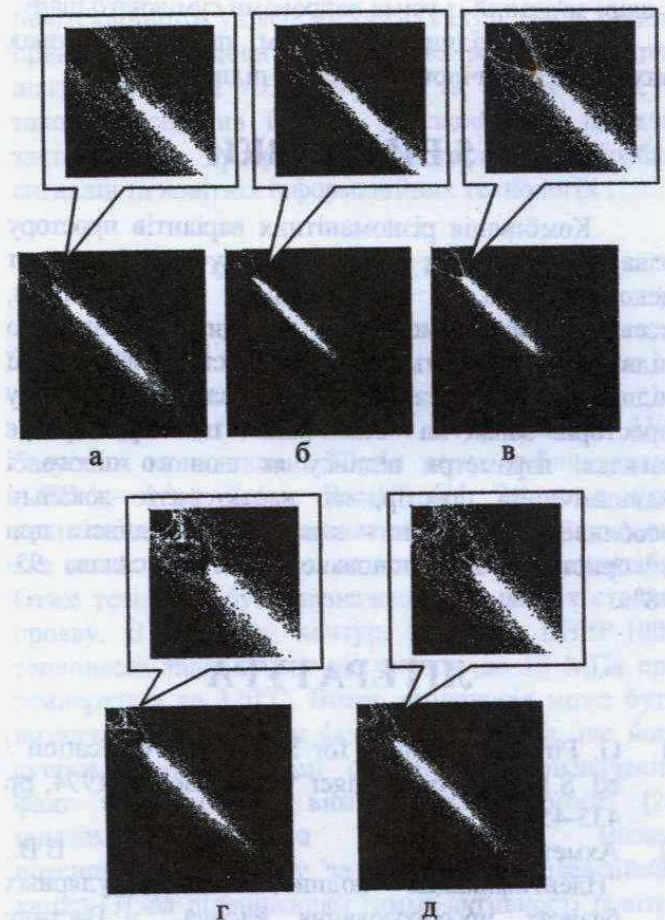


Рис.2. Псевдофазова характеристика, що відповідає перетворенню Радону
а – еталонний підпис, б, в – справжні підписи, г, д – підробки.

4. ПОБУДОВА «КАРТИ ПІДПISУ»

Для зменшення кількості інформативних ознак можна використовувати карту зображення. Вивчення характеристик зображення показало, що просторові частоти, одержані з блоків зображення, адекватно розділяються в класи. Зображення розбивається на непересічні блоки розміром 8 x 8 пікселів. Обчислюється спектр двовимірного перетворення Фур'є до блоку зображення. Процес класифікації кожного блоку зображення зроблений за допомогою нейронної мережі, що використовує алгоритм зворотного поширення помилки. Блок зображення, отриманого після перетворення Фур'є, повинний бути віднесений до одного з 8 класів напрямків ліній: 0.0°, 22.5°, 45.0°, 67.5°, 90.0°, 112.5°, 135.0° і 157.5°. Ці класи є виходами нейронної мережі. Навчання мережі виконувалося таким чином, щоб активним на виході був тільки один нейрон. Для розглянутого застосування, рівень точності 8 класів є достатнім тому, що представлено основні напрямки ліній. Вибір кількості схованих нейронів був зроблений протягом навчальної стадії і змінювався від 5 до 20. Нейрони схованого шару мають сигмовидну функцію передачі. Кожен нейрон у шарі зв'язаний із усіма нейронами суміжного шару.

Карта підпису є новим простором ознак вихідного статичного бінарного підпису. [7]

5. ВИСНОВКИ

Комбінація різноманітних варіантів простору ознак перетворення Радона в сполученні з вейвлет-декомпозицією, інваріантними моментами, псевдофазовою системою координат дозволило підвищити точність та вірогідність класифікації підписів нейромережним методом за рахунок поділу просторів ознак на «статичний», що характеризує загальні параметри підпису як єдиного цілого, і «динамічний» простір, що характеризує локальні особливості. Надійність класифікації підписів при використанні запропонованого методу склала 93-98%.

ЛІТЕРАТУРА

1. G. Pirlo. Algorithms for Signature Verification / ed. S. Impedovo, Springer Verlag, Berlin, 1994, pp 433-454.
2. Ахметшин А.М., Трипольская В.В., «Идентификация подписей в сингулярных базисах преобразования Радона», Вестник херсонского государственного технического университета №12, 22-27с, 2001г.
3. S.Belkasim, M.Shridhar, M.Ahmadi, "Pattern Recognition with Moment Invariants: A

Comparative Study and New Results", Pattern Recognition, Vol.24, No. 12, pp. 1117-1138, 1991.

4. M.K.Hu, "Visual Pattern Recognition By Moment Invariants", IEEE Trans. on Information Theory, Vol.IT-8, pp.179-187, Feb.1962
5. Q.M Tieng, W.W. Boles, "Recognition of 2D Object Contours Using the Wavelet Transform Zero-Crossing Representation", IEEE Trans. on PAMI, Vol.19, No.8, pp. 910-916, 1997.
6. Handbook of Character Recognition and Document Image Analysis. Editors H.Bunke, P.S.P. Wang. London, World Scientific, 1997
7. Трипольская В.В., Ахметшин А.М. «Нейросетевая идентификация подписей в пространстве признаков преобразования Радона», Проблемы программирования. №1-2, 2002г, с.576-582
8. Ахметшин А.М., Трипольская В.В. «Повышение точности нейросетевой классификации подписей в пространстве признаков вейвлет-декомпозиции преобразования Радона», Міжнародна конференція з індуктивного моделювання 2002, Львов, т.3, с. 196-202
9. M.R.Teaque, "Image analysis via the general theory of moments", J.Opt.Soc.Am., Vol.70, No.8, August 1980
10. A.Khotanzad, Y.Poggios, "Invariant Image Recognition by Zernike Moments", IEEE Trans. on PAMI, Vol. PAMI-12, 1990, pp. 489-497
11. В.И. Арнольд. Математические методы классической механики. М., Наука, 1989. – 472с.
12. Ахметшин А.М., Иванова Н.А. «Качественная интерпретация результатов метода ультразвуковой спектральной дефектоскопии по интегральным показателям в фазовой системе координат» - Дефектоскопия, 1996, №12, с.36-45