

Модифікація методу елементних порівнянь для класу малопіксельних зображень на основі процедури паралельних зміщень

Д.т.н., проф. Ю. Кондратенко, Д. Лернатович

Чорноморський державний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна

Abstract. This article considers the procedure of parallel shifts for improvements of the robust properties of method of elements comparisons [1] for class of low-pixel images. Its essence lies in the shift of the binary matrix of the reference image in two dimensions in the plane and in condition of the negative identification without previously using procedure of parallel shifts.

Key words: parallel shifts for improvements of the robust properties, lowpixel images, binary matrix of the reference image

1. Вступ.

Проблема ідентифікації зображення є актуальною проблемою сьогодення. Багаточисельні дослідження та велике розмаїття методів ідентифікації дозволяє проводити ідентифікацію як відбитків пальців, так і біометричних характеристик в цілому.

Системи біометричної ідентифікації дуже широко використовуються на сучасному етапі розвитку комп'ютерних технологій. Так, наприклад, системи захисту на базі біометричних ознак дозволяють дуже швидко та без зайвих затрат контролювати захищені зони (security zone). Пристрої зчитування відбитків пальців також знаходять різні застосування. Їх встановлюють на ноутбуки, в миші, клавіатури, флешки, а також застосовують у вигляді окремих зовнішніх пристроїв і терміналів, що розповсюджуються в комплекті з системами AFIS (Automated fingerprint identification systems - системи автоматизованої ідентифікації відбитків пальців).

Дактилоскопія (розпізнавання відбитків пальців) – найбільш розроблений на сьогоднішній день біометричний метод ідентифікації особи. Каталізатором розвитку методу послужило його широке використання в криміналістиці 20-го століття.

Кожна людина має унікальний папілярний візерунок відбитків пальців, завдяки чому і можлива її ідентифікація. Зазвичай алгоритми ідентифікації базуються на використанні характерних точок на відбитках пальців: закінчення лінії візерунка, розгалуженість ліній, одиночні точки. Додатково залучається інформація про морфологічну структуру відбитка пальця: відносне положення замкнених ліній папілярного узору, «арочних» і спіральних ліній. Особливості папілярного узору перетворюються в унікальний код, який зберігає інформативність зображення відбитка. І саме «коди відбитків пальців» зберігаються в базі даних, що використовується для пошуку, порівняння та ідентифікації особи. Час трансформації зображення відбитка пальця в код і його ідентифікації

залежить від розміру бази і зазвичай не перевищує 1 секунди (при спеціальних апаратних засобах).

Джерелом даних по FAR і FRR є статистичні дані VeriFinger SDK [8], отримані за допомогою сканера відбитків пальців DP U.are.U. За останні 5 років розробники методів ідентифікації по відбиткам пальців не зробили суттєвого кроку вперед. Алгоритм VeriFinger кілька років вигравав міжнародне змагання «International Fingerprint Verification Competition», де змагалися програмні розробки на основі різнотипних алгоритмів розпізнавання за відбитками пальців.

Висока ефективність алгоритму VeriFinger [8] обумовлює його достатньо високу вартість. Закритість коду та алгоритму робить їх практично неможливими до модифікації чи покращення. Швидкість роботи алгоритму достатньо низька на більшості варіантах апаратних систем (крім тих, що проектує виробник). Тому на даний час є доцільною розробка та впровадження більш гнучких алгоритмів, які будуть здійснювати обробку інформації значно швидше ніж алгоритми-попередники.

Зокрема, використання запропонованого авторами методу елементних порівнянь [1] для задачі ідентифікації відбитків пальців при програмній реалізації дозволило отримати правильний результат для 29 з 32 тестових даних. Оскільки задача ідентифікації відбитків пальців потребує достатньо великих зображень (порядком 10 тис. dpi [2]), то результативність методу елементних порівнянь [1] є достатньо високою (90%). Проте для невеликих зображень (порядку 100 dpi) при програмній реалізації методу елементних порівнянь [1] та тестовій вибірці в 32 елементи має місце лише 14 (40%) правильних результатів розпізнавання. Отже доцільною є модифікація методу елементних порівнянь для задачі ідентифікації малопіксельних зображень розміром 100 dpi з застосуванням нейронних мереж зі зворотнім поширенням похибки [3], мереж на основі нечіткої логіки (fuzzy network) [4] чи Байєсівських мереж [5].

Результати досліджень на основі програмної реалізації вищеперахованих методів для оптимізації процесів обробки інформації наведені в таблиці 1.

Використання різнотипних методів згідно таблиці 1 призводить до зростання точності ідентифікації, але при цьому й підвищуються складність реалізації та час на обробку інформації. Для систем розпізнавання підвищення складності і зниження швидкодії є негативними факторами.

Таблиця 1. Вплив методів оптимізації на показники роботи алгоритму ідентифікації

Назва	Вплив на показники		
	Час роботи	Точність	Складність
Нейронні мережі (зі зворотнім поширенням похибки)	Збільшився від 2 секунд до 20	Підвищилась на 60%	Підвищилась на 50%
Fuzzy network (Sugeno [6], Mamdani [7])	Збільшився від 2 до 18 секунд	Підвищилась на 40%	Підвищилась на 45%
Байєсівські мережі	Збільшився від 2 до 10 секунд	Підвищилась на 32%	Підвищилась на 25%

Метою даної статті є модифікація методу елементних порівнянь для підвищення його робастних властивостей при обробці класу малопіксельних зображень (порядку 100 dpi).

2. Алгоритм процедури паралельних зміщень.

Отже, для задач з використанням малопіксельних зображень (100 dpi) при негативному результаті ідентифікації доцільною є модифікація методу елементних порівнянь. Розглянемо наступну логіко-психологічну структуру процедури модифікації методу елементних порівнянь, представлену у вигляді графа на рис. 1. Детальне пояснення окремих етапів оптимізації наведено в таблиці 2.

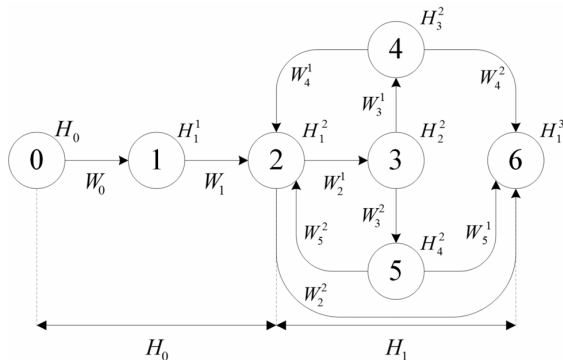


Рис. 1. Логіко-психологічна структура процесу оптимізації

При отриманні методом елементних порівнянь негативного результату ідентифікації W_0 (рис. 1) відбувається перевірка на можливість оптимізації W_1 . Оптимізація можлива за відповідних умов вхідних даних:

$$\left(\sum_{i=0}^n e_{i,0} = 0 \right) \vee \left(\sum_{i=0}^n e_{i,n} = 0 \right) = 0 \quad (1)$$

$$\left(\sum_{j=0}^n e_{0,j} = 0 \right) \vee \left(\sum_{j=0}^n e_{n,j} = 0 \right) = 0 \quad (2)$$

де n – кількість елементів в матриці ключів [1].

Якщо одна з умов (1) чи (2) не виконуються, то оптимізація відбувається лише по одній осі, яка відповідає попереднім умовам. При невиконанні вищевказаних умов (1) та (2) оптимізацію провести неможливо.

Таблиця 2. Детальне пояснення етапів оптимізації

Етап прийняття рішення	Формалізація представлення	Зміст етапу
H_0	$W_0 : H_0 \rightarrow H_1^1$	Отримання негативного результату оптимізації
	$W_1 : H_1^1 \rightarrow H_1^2$	Перевірка на можливість оптимізації
H_1	$W_2^2 : H_1^2 \rightarrow H_1^3$	Неможливість оптимізації та перехід до прийняття рішення
	$W_1^2 : H_1^2 \rightarrow H_2^2$	Аналіз напрямку зміщення зображення
	$W_3^1 : H_2^2 \rightarrow H_3^2$	Зміщення по осі x
	$W_4^1 : H_3^2 \rightarrow H_1^2$	Повернення до аналізу можливості зміщення за умов негативного результату попередньої ідентифікації
	$W_4^2 : H_3^2 \rightarrow H_1^3$	Підтвердження взаємності двох зображень за умов позитивного результату попередньої ідентифікації
	$W_3^2 : H_2^2 \rightarrow H_4^2$	Зміщення по осі y за умов попередньої оптимізації по осі x та отримання негативного результату ідентифікації
	$W_5^2 : H_4^2 \rightarrow H_1^2$	Повернення до аналізу можливості зміщення за умов негативного результату попередньої ідентифікації
	$W_5^1 : H_4^2 \rightarrow H_1^3$	Остаточне прийняття рішення за умов остаточної ідентифікації

При позитивному результаті перевірки на можливість оптимізації W_1 аналізується напрямком зміщення зображення по одній з осей координат x або y . Напрямок паралельного зміщення обирається за наступних умов:

$$\left| Z_0^{or} - Z_0^{et} \right| > \left| Z_1^{or} - Z_1^{et} \right| \rightarrow y \quad (3)$$

$$\left| Z_0^{or} - Z_0^{et} \right| < \left| Z_1^{or} - Z_1^{et} \right| \rightarrow x \quad (4)$$

де Z_0^{or} та Z_0^{et} – арифметична сума елементів матриці e_j для зображення оригіналу та еталону; Z_1^{or} та Z_1^{et} – арифметична сума елементів матриці e_i для зображення оригіналу та еталону.

Обравши напрямком оптимізації W_3^1 або W_3^2 згідно умов (3) та (4), зображення паралельно зміщується відповідно до попередньо обраної осі координат x або y . При отриманні позитивного результату ідентифікації відбувається позитивно-остаточне прийняття рішення W_4^2 або W_5^1 у відповідності до умов оптимізації. В іншому випадку відбувається повернення до повторного аналізу напрямку зміщення зображення W_5^2 або W_4^1 (відповідно до попередніх умов), зміщення зображення за одним з напрямків осі координат x або y (за умов невикористання даної осі координат на попередньому етапі оптимізації) та прийняття остаточного рішення в залежності від результатів остаточної ідентифікації методом елементних порівнянь.

3. Приклад реалізації методу паралельних зміщень.

Розглянемо реалізацію методу паралельних зміщень на прикладі двох зображень (рис 2).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

а)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

б)

Рис. 2 – Зображення оригінал (а) та еталонне зображення (б) для порівняння

Визначаємо розмірність матриці $E : m = 10, n = 10$ та трансформуємо зображення (рис. 2) в матрицю кольорів E^{or} та E^{et} (рис. 3).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
4	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0
5	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0
6	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
8	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
9	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

а)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
3	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
5	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
6	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
7	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
8	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

б)

Рис. 3 – Бінарні матриці кольорів зображень E^{or} (а) та E^{et} (б)

За допомогою методу елементних порівнянь визначаємо основні показники для ідентифікації (рис. 4).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	2		4
5	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	2		
6	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0		
7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
8	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
9	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0			
	4												

а)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1		8
3	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	3		
4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
5	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1		
6	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1		
7	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1		
8	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1		
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0			
	4												

б)

Рис. 4 – Обрахування основних показників методу елементних порівнянь для зображень E^{or} (а) та E^{et} (б)

Розглянемо основні показники для неоптимізованих зображень (рис. 2): арифметична сума Z_0 горизонтальних ключів оригіналу e_i та еталонного зображення набули значень $Z_0^{or} = 4, Z_0^{et} = 8$; арифметична сума Z_1 вертикальних ключів оригіналу e_j та еталонного зображення набули значень $Z_1^{et} = 4, Z_1^{or} = 4$; ступені співпадіння за осями координат x та y , відповідно, $x = 200, y = 100$, показник співпадіння $x > 100$. За основною концепцією алгоритму елементних порівнянь [1] відбувається корегування показників $x^{cor} = 50, y^{cor} = 100$. Задавши інтервал довіри $l = [95; 100]$ обрахуємо середньоарифметичне значення ступеню співпадіння: $R = 50$. Процес ідентифікації дає негативний результат W_0 . Перевіряємо зображення на можливість оптимізації W_1 (рис. 1),

$$\sum_{i=0}^n e_{i,n} = \sum \{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\} = 0,$$

$$\sum_{j=0}^n e_{0,j} = \sum \{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\} = 0.$$

В даному випадку оптимізація можлива за двома напрямками осей координат x та y . Отже, переходимо до вибору напрямку оптимізації W_1^2 . Оскільки $|Z_0^{or} - Z_0^{et}| = 4 < |Z_1^{or} - Z_1^{et}| = 0$, то напрямком оптимізації обирається за умовою (4) по осі координат x . Зміщуємо зображення (рис. 5) та обраховуємо нові показники для реалізації модифікованого методу елементних порівнянь.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	2	
5	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	2	
6	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	
7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0		
	4											

а)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	3	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	
7	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0		
	4											

б)

Рис. 5 – Обраховання основних показників для методу елементних порівнянь для зображень E^{or} (а) та E^{et} (б)

Розглянемо основні показники після паралельного зміщення зображень (рис. 5): арифметична сума Z_0 горизонтальних ключів оригіналу e_i та еталонного зображення набувають значень $Z_0^{or} = 4, Z_0^{et} = 4$; арифметична сума Z_1 вертикальних ключів оригіналу e_j та еталонного зображення набувають значень $Z_1^{et} = 4, Z_1^{or} = 4$; ступені співпадіння за осями координат x та y , відповідно, $x = 100, y = 100$; задавши інтервал довіри $l = [95; 100]$, обрахуємо середньоарифметичне значення ступеню співпадіння: $R = 100$. Отже, після паралельного зміщення зображень отримаємо позитивний результат ідентифікації $R \in l$, зображення-оригінал вважається ідентичним еталонному зображенню.

Висновки.

В даній статі описано процедуру модифікації методу елементних порівнянь шляхом здійснення паралельних зміщень зображень, що може бути застосована для підвищення точності ідентифікації при розпізнаванні малопіксельних зображень (порядку 100 dpi). Програма реалізація процедури модифікації шляхом паралельних зміщень не має суттєвих ускладнень, а часові витрати на обчислювальні процеси при комп'ютерній обробці інформації підвищуються лише в межах від 1 до 5 секунд.

[1]. Лернатович Д.О. Ідентифікація зображень методом елементних порівнянь / Д.О. Лернатович, Ю.П. Кондратенко // Искусственный интеллект. – 2012. – № 4. – С. 204-212.

[2]. Atiz Innovation, Inc. Making sense of DPI, PPI, Megapixels and Resolution / Atiz Innovation, Inc. // Atiz Innovation, Inc. Manual. – 2008. – С. 1-4.

[3]. Pandit M. Image Recognition With the Help of Auto-Associative Neural Network / M. Pandit, M. Gupta // International Journal of Computer Science and Security. – 2011. – Vol. 5. – P. 54-63.

[4]. Dotsenko A.S. Computer Hand Gesture Recognition Using Fuzzy Logic / A.S. Dotsenko, Y.P. Kondratenko // Pattern Recognition and Information Processing PRIP' 2011. Proceedings of the 11th International Conference (18-20 May, 2011, Minsk, Belarus). – Minsk: BSUIR. – 2011. – P.179-182.

[5]. Лепский А. Е. Математические методы распознавания образов. Курс лекций / А.Е. Лепский, А.Г. Броневич // Технологический институт Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет». – 2009. – С. 82-86.

[6]. Скалозуб В.В. Метод и информационные технологии нечетко-статистического управления / В.В. Скалозуб // Системні технології. – 2008. – № 1' (50). – С. 120 -127.

[7]. Кондратенко Г.В. Синтез нечетких регуляторов на основе объектно-ориентированных технологий / Г.В. Кондратенко, Ю.П. Кондратенко, К.В. Мухортова // Автоматика. Автоматизация. Электрические комплексы и системы. – № 1(15). – 2005. – С. 140-147.

[8]. Fingerprint identification for stand-alone or Web solutions / Neurotechnology Inc. // VeriFinger SDK Brochure. – 2013. – С. 1-24.

[9]. Кондратенко Ю.П., Лернатович Д.О. Аналіз робастних властивостей методу елементних порівнянь при ідентифікації зображень // Матеріали Міжнародної науко-техн. конференції «Искусственный интеллект. Интеллектуальные системы», ИИ-2012, (Кацивели, АР Крым, 1-5 октября 2012). – Донецк: ИПИИ «Наука і освіта», 2012. – сс. 82-85.

[10]. Кондратенко Ю.П., Доценко А.С. Фільтрація динамічних об'єктів на основі операції кон'юнкції для набору зображень // Міжн. наук.-практ. конф. «Ольвійський форум – 2012: Стратегії України в геополітичному просторі», Тези. – Том 11. – Севастополь, Крим, Україна, 6-10 червня 2012. – сс. 18-19.

[11]. Кондратенко Ю.П., Доценко А.С. Нечітка логіка в задачах розпізнавання жестів // Наукові праці: Науковометодичний журнал. – Том 160, Випуск 148, Серія «Комп'ютерні технології». – Миколаїв: ЧДУ ім. П. Могили, 2011. – сс.74-79.

[12]. Кондратенко Ю.П., Доценко А.С., Атаманюк І.П. Комп'ютерна система нечіткої логіки для задач реабілітаційно-ї медицини // Міжн. наук.-практ. конф. «Ольвійський форум – 2011: Стратегії України в геополітичному просторі», Тези. – Том 8. – Ялта, Крим, Україна, 8-12 червня 2011. – с. 34.