

**Унгул Володимир Валерійович**

*студент*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»*

**Проценко Михайло Михайлович**

*студент*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»*

**Унгул Владимир Валерьевич**

*студент*

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»*

**Проценко Михаил Михайлович**

*студент*

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»*

**Unhul Volodymyr V.**

*Student*

*National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»*

**Protsenko Mikhail M.**

*Student*

*National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»*

## МЕТОД ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ЗОБРАЖЕННЯ ВІДБИТКІВ ПАЛЬЦІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ФІЛЬТРА ГАБОРА

## МЕТОД УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ ОТПЕЧАТКА ПАЛЬЦА С ПОМОЩЬЮ ФИЛЬТРА ГАБОРА

## METHOD OF IMPROVING IMAGE QUALITY FINGERPRINT USING GABOR FILTER

**Анотація.** В даній статті розглянуто алгоритм покращення якості вхідного зображення заснований на фільтрах Габора. Сформульована задача формалізації методів підбору параметрів фільтра Габора та запропоновано рішення для неї.

**Ключові слова:** поліпшення зображень, фільтр Габора, нормалізація зображення, локальні ознаки, відбитки пальців.

**Аннотация.** В данной статье рассмотрен алгоритм улучшения качества входного изображения, который основан на фильтрах Габора. Сформулирована задача формализации методов подбора параметров фильтра Габора и предложены решения для нее.

**Ключевые слова:** улучшение изображений, фильтр Габора, нормализация изображения, локальные признаки, отпечатки пальцев.

**Summary.** In this article the algorithm for improving the quality of the input image based on Gabor filter. The problem formalization methods of selection options Gabor filter and suggested solutions to it.

**Key words:** Adjusting images, Gabor filters, image normalization, local features, fingerprints.

### Вступ

Автоматичне співставлення відбитків пальців ґрунтується на порівнянні локальних ознак і їх комбінації для виконання ідентифікації особистості. Важливим етапом в зіставленні відбитків пальців є автоматично і достовірно отримати ознаки з вхідних

зображень відбитків пальців, що є важким завданням. Виконання алгоритму вилучення ознак залежить більшою мірою від якості вхідного зображення відбитка пальця.

Для забезпечення необхідної надійності виконання алгоритму вилучення ознак, незалежно від якості

зображення відбитка пальця, необхідний додатковий алгоритм, який покращує якість зображення. Вхідне зображення відбитка пальця в залежності від типу сканера може представлятися у вигляді бінарного зображення або ж зображення в градаціях сірого кольору (градієнтне зображення).

**Локальні і глобальні характеристики відбитка пальця**

У кожному відбитку пальця можна визначити два типи ознак — глобальні та локальні. Глобальні ознаки — ті, які можна побачити неозброєним оком.

Інший тип ознак — локальні. Це локальні особливості папілярних ліній унікальні для кожного відбитка точки. Їх виділення пов'язано з тим, що лінії відбитків пальців не є прямими. Вони часто зламані, розгалужені, змінюють напрямок і мають розриви. Точки, в яких лінії закінчуються, розгалужуються або змінюють напрямок, називаються точками мінуціями. Ці точки забезпечують унікальну інформацію про відбиток пальця при ідентифікації особистості. Кожен відбиток містить до 70 мінуцій.

**Поліпшення якості зображення відбитку пальця за допомогою використання фільтра Габора**

Фільтр Габора — лінійний фільтр, імпульсна перехідна характеристика якого представляється у вигляді добутку функції Гауса на гармонійну функцію:

$$g(x, y) = s(x, y) \cdot w_r(x, y),$$

де —  $s(x, y)$  комплексна синусоїда, а —  $w_r(x, y)$  огибає Гауса для двовимірного простору. Застосування фільтра Габора для зображень здійснюється за п'ять етапів.

**Етап 1. Нормалізація зображення.**

Нормалізація зображення необхідна для того, щоб поставити попередні середні значення і відхилення. Нормалізоване зображення  $G$  визначається як зображення, де  $G(i, j)$  — значення нормалізованої яскравості пікселя з координатами  $(i, j)$ . Нормалізоване зображення розраховується виходячи із середнього і середньоквадратичного відхилення вихідного зображення:

$$G(i, j) = \begin{cases} M_0 + \sqrt{\frac{VAR_0 \cdot (I(i, j) - M)^2}{VAR}}, & \text{если } I(i, j) > M \\ M_0 - \sqrt{\frac{VAR_0 \cdot (I(i, j) - M)^2}{VAR}}, & \text{иначе} \end{cases}$$

де  $M_0$  і  $VAR_0$  — задані значення середнього і середньоквадратичного відхилення відповідно,  $i$  — вихідні значення середнього і середньоквадратичного відхилення, обчислюються за формулами:

$$M = \frac{1}{N^2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} I(i, j),$$

$$VAR = \frac{1}{N^2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} (I(i, j) - M)^2.$$

На Рис. 1. наведено приклад вхідного і нормалізованого зображення.



Рис. 1. Приклад вхідного (а) і нормалізованого (б) зображення образу відбитка пальця.

**Етап 2. Розрахунок орієнтаційного зображення.**

Орієнтаційне зображення  $O$  представляє собою матрицю  $N \times N$ , в якій кожна компонента  $O(i, j)$  показує локальну орієнтацію (кут нахилу в даній точці) лінії з координатами  $(i, j)$ .

$$O(i, j) = \frac{1}{2} \arctan \left( \frac{d_x^2(i, j) d_y^2(i, j)}{2 d_x(i, j) d_y(i, j)} \right)$$

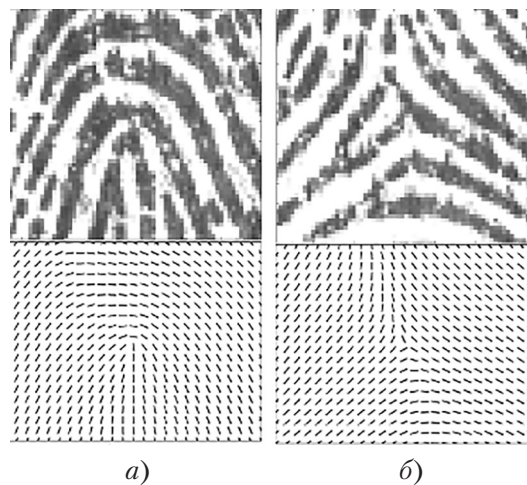


Рис. 2. Орієнтаційні зображення фрагментів відбитка пальця. На малюнку а) зображений фрагмент центру, на малюнку б) фрагмент дельти.

**Етап 3. Розрахунок частотного зображення.**

Частотне зображення являє собою матрицю розміру  $N \times N$ , в якій кожна компонента  $F(i, j)$  показує локальну частоту ліній в даній точці, яка визначається як частоту гребенів, спрямованих уздовж орієнтації виступу. У разі, якщо в якійсь точці неможливо визначити чітку синусоїдально-окреслену хвилю (наприклад, через наявність особливих точок в цих

координатах), частота визначається як середня величина частоти в сусідніх блоках.



Рис. 3 Приклад блоків, в яких неможливо чітко визначити чітку синусоїдально-окреслену хвилю.



Рис. 4. Хвильове представлення ліній в осередку

Розрахунок частоти в точці з координатою  $(i, j)$  розраховується наступним чином: якщо  $\lambda$  — кількість пікселів між двома сусідніми гребенями в блоці розмірністю  $W \times W$ , і центр блоку — піксель з координатами  $(i, j)$ , то частота в даній точці буде розраховуватися як  $F(i, j) = \frac{1}{\lambda}$ .

**Етап 4. Бінаризація зображення.**

Зображення  $V$  визначається як зображення, якщо кожен піксель приймає одне з двох можливих значень — нуля одиниці.

Одиниця відповідає гребеню відбитка, нуль — западині:

$$R(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{если } G(i, j) > B_0 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

де  $B_0$  — поріг маскування, а  $G(i, j)$  — інтенсивність пікселя зображення.

**Етап 5. Застосування до бінарним зображенню фільтрів Габора.**

Фільтр налаштовується на локальну орієнтацію виступів, застосовується до пікселів виступів і западин зображення.

$$H(i, j : \phi, f) = \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[ \frac{x_\phi^2}{\delta_x^2} + \frac{y_\phi^2}{\delta_y^2} \right] \right\} \cos(2\pi f x_\phi),$$

Де  $x_\phi = i \cdot \cos \phi + j \cdot \sin \phi$ ;  $y_\phi = -i \cdot \sin \phi + j \cdot \cos \phi$ ;  $\phi$  — Орієнтація фільтра Габора,  $f$  — частота, а  $\delta_x$  й  $\delta_y$  — просторові константи обвідної Гаусса уздовж осей  $x$  і  $y$  відповідно.

Для використання Фільтра Габора нам необхідно знати значення наступних величин:

- 1) напрямлення фільтра;
- 2) частоту синусоїдальної площинний хвилі;
- 3)  $\delta_x$  і  $\delta_y$  — середньоквадратичні відхилення обвідної Габора.

Частотна характеристика фільтра визначається з локальної частоти  $f$  виступів, напрямок визначається локальної орієнтацією. Значення  $\delta_x$  і  $\delta_y$  можна задати при реалізації алгоритму.

Чим більше будуть ці значення, тим більше фільтр буде стійкий до шумів, але, в той же час, буде вносити більше спотворень, створюючи неіснуючі виступи і западини. Якщо вибрати значення  $\delta_x$  і  $\delta_y$  низькими, фільтр не вноситиме спотворень, але його здатність фільтрувати значно знизиться, що призведе до неефективного усунення шумів.

Тому при підборі значень  $\delta_x$  і  $\delta_y$  намагаються знайти компроміс між ефективністю фільтра і відсутністю внесених фільтром спотворень. Як правило ці параметри підбираються емпіричним шляхом.



Рис. 5 Приклад відбитку пальця, обробленого фільтром Габора.

**Вибір параметрів алгоритму, математична постановка завдання**

Завдання: підбір параметрів для оптимальної роботи алгоритму з умови забезпечення якості фільтрації і збереження ключової інформації.

$M = \{m_1, \dots, m_k\}$  — множина ключових точок в зображенні;

$E = \{e_1, \dots, e_k\}$  — множина помилок в зображенні.

Необхідно вибрати оптимальний набір параметрів для фільтра зображення, заснованого перетворенні Габора. Буде проводиться підбір параметра, середньоквадратичної обвідної Гаусс, використовуваної в фільтрі.

Кожному значенню  $\delta$  ставляться у відповідність значення функцій  $P_1(\delta)$  і  $P_2(\delta)$ .

$P_1(\delta)$  — Функція ймовірності помилки першого роду, то є ймовірність внесення фільтром спотворень в ключову інформацію

$P_2(\delta)$  — Функція ймовірності помилки другого роду, тобто ймовірність ігнорування, тобто Не видалені шумів в зображенні.

Якщо прийняти  $f$  за якусь функцію, яка є лінійною комбінацією 2-х параметрів:

$$f(\delta) = a_1 P_1(\delta) + a_2 P_2(\delta)$$

де  $a_1$  і  $a_2$  – вагові коефіцієнти, то завдання можна сформулювати наступним чином – необхідно знайти таке значення параметра  $\delta$ , що  $f(\delta) = \min$ ,  $\delta \in R$ .

#### Рішення поставленого математичного завдання

Для вирішення поставленого в роботі математичної задачі необхідно визначити діапазон значень, в якому буде проводитися підбір параметру  $\delta$  і кількість кроків підбору  $N$ .

Нехай  $[\delta_{\min}, \delta_{\max}]$  – обраний діапазон значень, тоді

$$\Delta = \frac{\delta_{\max} - \delta_{\min}}{N} \text{ – величина кроку. Значення } \delta \text{ на кроці}$$

і визначається за формулою:

$$\delta_i = \delta_{\min} + \frac{i}{N}(\delta_{\max} - \delta_{\min}), \quad i = \overline{1, N}.$$

Необхідно знайти таке  $i$ , при якому

$$f(\delta) = a_1 P_1(\delta) + a_2 P_2(\delta) \xrightarrow{\delta} \min.$$

Приймемо  $[\delta_{\min}, \delta_{\max}] = [0.3, 1.5]$ ,  $N = 24$ , величина

$$\text{кроку } \Delta = \frac{\delta_{\max} - \delta_{\min}}{N} = 0.05.$$

Результати експерименту показали, що значення функції  $f(\delta) = a_1 P_1(\delta) + a_2 P_2(\delta)$  мінімально при  $\delta = 1.05$ . На Рис. 6 проілюстрована робота алгоритму при різних значеннях параметра  $\delta$ .

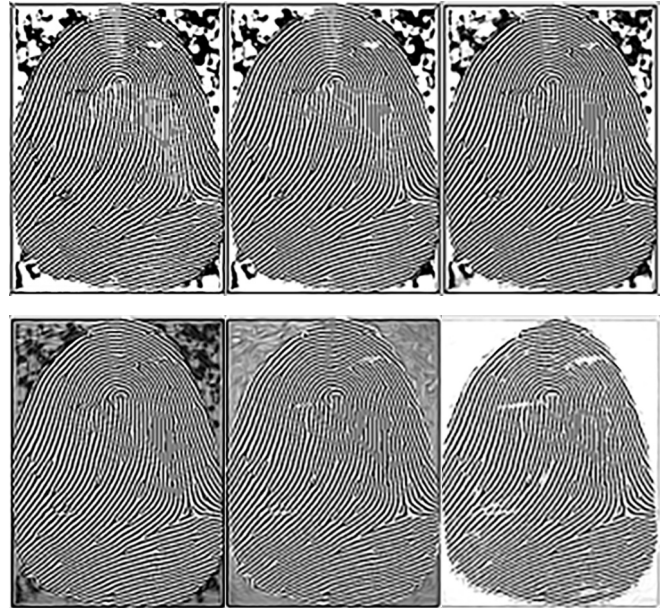


Рис. 6. Результати обробки зображення фільтром Габора при різних значеннях.

#### Висновки

У даній статті був оглянутий метод покращення якості вхідного зображення заснований на фільтрах Габора. Був детально вивчений математичний апарат даного методу, і розроблений алгоритм, який вирішує поставлене завдання. Так само була сформульована математична постановка задачі, яка полягає в формалізації методів підбору параметрів фільтра Габора.

#### Література

1. Maltoni D., Maio D., Jain A. K., Prabhakar S. Handbook of fingerprint recognition. – N. Y.: Springer, 2003. – 348 p.
2. Asker M. Bazen, Systematic methods for the computation of the directional fields and singular points of fingerprint/ Asker M. Bazen, Sabih H. Gerez // IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence. – 2002 – № 7.
3. Hong L., Wan Y., Jain A. K. Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1998, vol. 20, pp. 777–789.
4. Yang J. W., Liu L. F., Jiang T. Z., Fan Y. A Modified Gabor Filter Design Method for Fingerprint Image Enhancement. Pattern Recognition Letters, 2003, vol. 24, no. 12, pp. 1805–1817.
5. Wang W., Li J., Huang F., Feng H. Design and Implementation of Log-Gabor Filter in Fingerprint Image Enhancement. Pattern Recognition Letters, 2008, vol. 29, no. 3, pp. 301–308.
6. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072 с. [Gonzales R., Woods R. Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy (Digital Processing of the Images). Moscow, Tekhnosfera Publ., 2005. 1072 p.]