

МЕТОДИКА УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В. Л. Козлов, Е. Ф. Шмигирёв

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь:

E-mail: KozlovVL@bsu.by

Приведены результаты исследования возможностей использования цифрового фильтра Габора для повышения качества экспертных изображений. Получено, что для повышения качества изображений целесообразно использование ненаправленного фильтра Габора, так как при этом не требуется вычислять ядра фильтра для разных ориентаций поля направления изображения.

Ключевые слова: *цифровое изображение, экспертные исследования, цифровой фильтр.*

В последние годы всё больше внимания уделяется методам идентификации на основании анализа биометрических данных, при этом при снятии биометрических данных зачастую приходится сталкиваться с различными видами шумов на изображении [1]. Информационные сигналы на изображении объекта экспертизы могут иметь апериодический или квазипериодический характер, поэтому для определения вида необходимого цифрового фильтра для обработки изображения требуется априорная информация о том, что является полезным сигналом, а что представляет собой шумовую составляющую [2].

Для обработки и улучшения такого рода изображений, имеющих квазипериодическую структуру, возможно использование фильтра Габора. Импульсная переходная характеристика фильтра Габора определяется в виде гармонической функции, умноженной на гауссиан. Обработка изображения фильтром Габора [3] достигается путём усреднения значений обрабатываемого изображения по некоторой области в каждой точке в соответствии с выражением:

$$G(x, y) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left[\frac{x_\varphi^2}{\sigma_x^2} + \frac{y_\varphi^2}{\sigma_y^2}\right]\right) \cos(2\pi\theta x_\varphi), \quad (1)$$

где σ_x , σ_y – стандартные отклонения гауссова ядра, по осям x и y , определяющие растянутость фильтра по осям; θ – частотная модуляция фильтра; φ – пространственная направленность фильтра, определяющая его ориентацию относительно главных осей:

$$x_\varphi = x \cos(\varphi) + y \sin(\varphi), \quad y_\varphi = -x \sin(\varphi) + y \cos(\varphi). \quad (2)$$

Фильтр Габора эффективно использовать для улучшения качества цифровых изображений со структурной избыточностью, имеющих ква-

зипериодическую структуру, таких как дактилоскопические изображения, изображения сосудистой структуры склеры глаза, изображения кристаллограмм и интерферрограмм. Для применения двумерного направленного фильтра Габора необходимо вычислить поле направлений путем нахождения градиентов изображения. Для этого можно использовать фильтр Собела:

$$G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}, \quad G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Для вычисления поля направлений изображение делится на окна, в которых вычисляются усреднённые квадратурные градиенты [4]:

$$\begin{bmatrix} G_{sx} \\ G_{sy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_x^2 - G_y^2 \\ 2G_x G_y \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Затем вычисляется усреднённое направление градиента для окна:

$$\Phi = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{G_{sy}}{G_{sx}} \right). \quad (5)$$

Вычисление поля направлений и пространственной направленности фильтра Габора относительно главных осей задача ресурсоёмкая, но выполнимая, однако часто эту задачу упрощают, вычисляя только конкретное количество ядер фильтра Габора. Обычно это восемь направлений на пять масштабов, всего сорок ядер, и далее работают только с ними.

При использовании фильтра Габора для экспресс-диагностики большого количества экспертных изображений на мобильных устройствах в реальном времени, прямое применение направленного фильтра не всегда целесообразно из-за большого времени обработки. В этом случае для работы в реальном масштабе времени возможно применение ненаправленного фильтра Габора:

$$G(x, y) = \exp\left(-\frac{r}{2\sigma^2}\right) \cos(2\pi\theta\sqrt{r}), \quad r(x, y) = x^2 + y^2. \quad (6)$$

Далее идёт свёртка изображения только с одним ядром заданного фильтра Габора, без вычисления поля направлений. При этом речь идёт лишь о применении ненаправленного фильтра перед тем, как использовать направленный фильтр Габора для улучшения нескольких выбранных экспертных изображений. На рисунке 1(а) изображён двумерный ненаправленный фильтр Габора и пример поля направлений.

Пример работы ненаправленного фильтра Габора представлен на рисунке 2, где изображён отпечаток пальца (а), фотография сделана с помощью камеры смартфона, качество отпечатка довольно низкое. На рисунке 2 (б) отпечаток после обработки ненаправленным фильтром Габора окном 16x16, сигмой равной 8 и с частотной модуляцией равной 0.072. На рисунках 2 (в) и (г) для наглядности результата фильтрации

представлены гистограммы начального и обработанного изображений. Можно видеть, как фильтр Габора преобразовал гистограмму начального изображения.

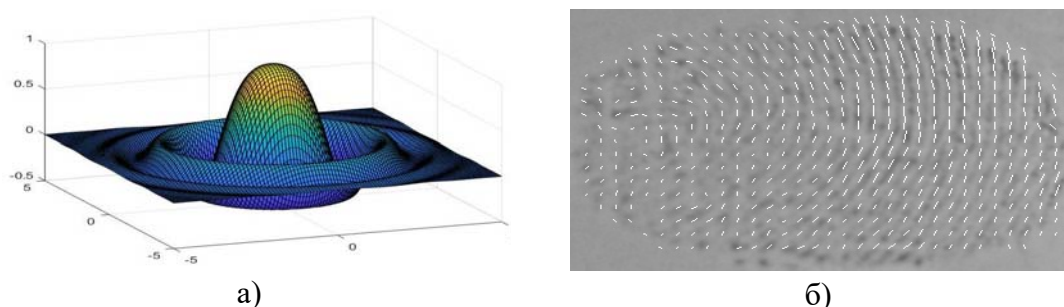


Рис. 1. Ненаправленный фильтр Габора (а); пример поля направлений (б)

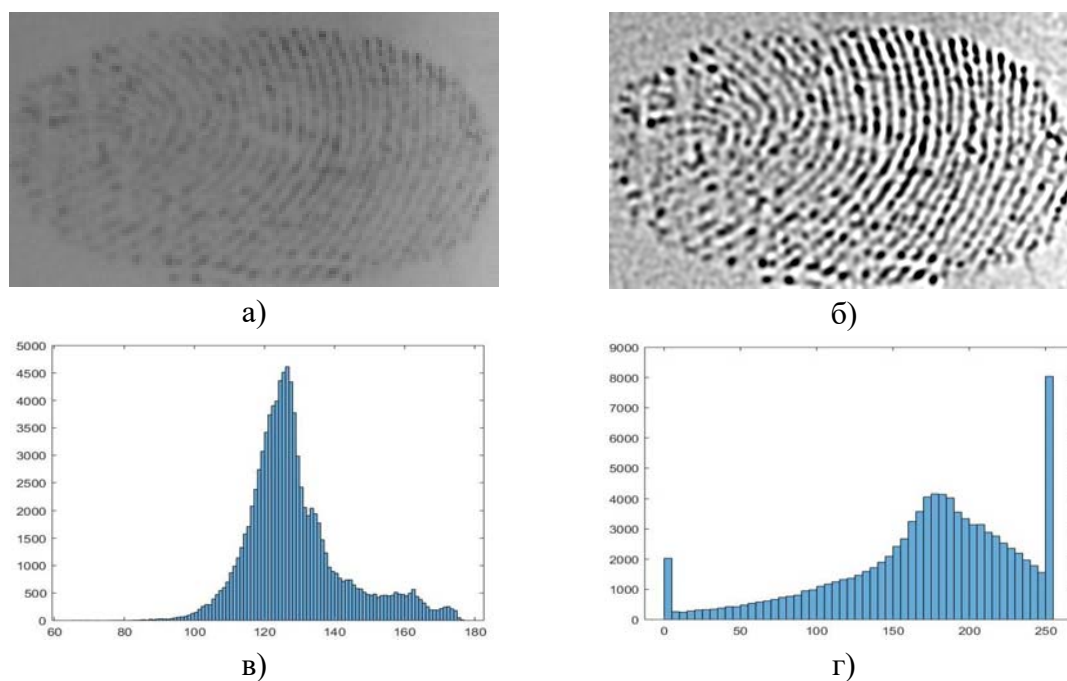


Рис. 2. Изначальное изображение отпечатка пальца (а), ненаправленный фильтр Габора (б), гистограмма начального изображения (в), гистограмма ненаправленного фильтра Габора (г)

Следует отметить также, что входящая в формулу косинусоида вкупе с эффектом алиасинга [4] может создавать весьма своеобразные ядра фильтра. Например, свёртка с ядром ненаправленного фильтра Габора с окном 16x16, сигмой 8 и с частотной модуляцией 999999, даёт на выходе результат, показанный на рисунке 3 (а). Вид увеличенного ядра показан на рисунке 3 (б), на рисунке 3 (в) показана косинусоида с частотной модуляцией 999999, из-за эффекта алиасинга она напоминает случайный набор точек, но можно заметить закономерность. Отметим, что параметр частотной модуляций был определен экспериментально.

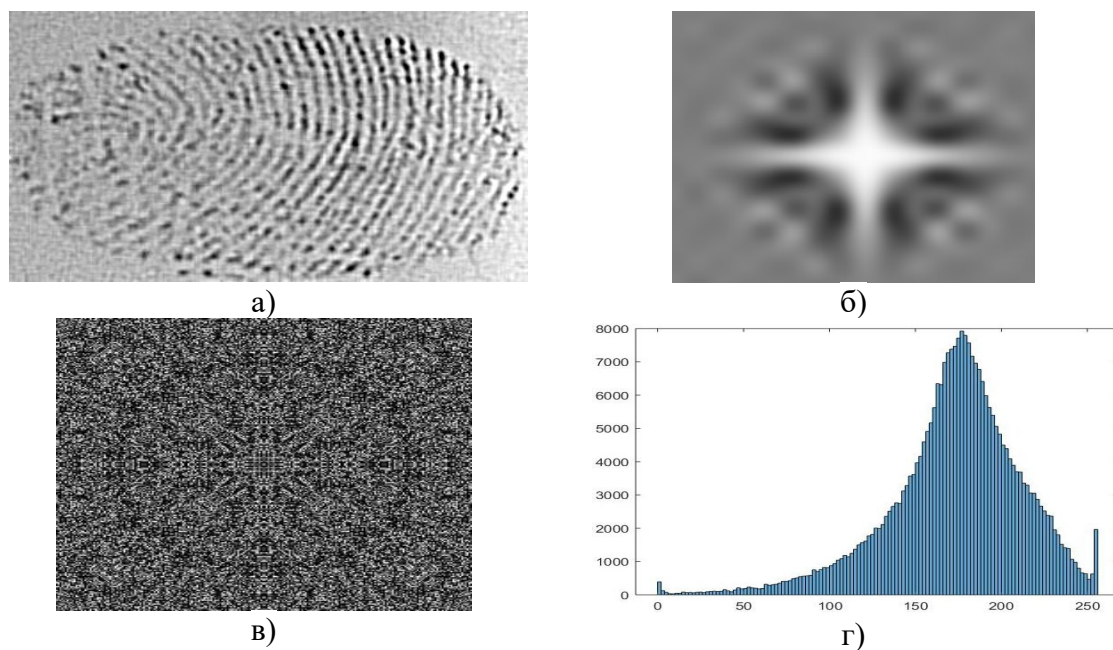


Рис. 3. Изображение отпечатка пальца, обработанного ненаправленным фильтром Габора с частотной модуляцией 999999 (а), ядро фильтра Габора с частотной модуляцией, увеличенное в 20 раз (б), косинусоида с частотной модуляцией (в), гистограмма ненаправленного фильтра Габора с частотной модуляцией (г)

Таким образом, в результате исследований получено, что для повышения качества экспертных изображений при экспресс-диагностике на мобильных устройствах в реальном времени целесообразно использование ненаправленного фильтра Габора. Его преимущество перед направленным заключается в том, что не требуется вычислять поля направлений изображения и ядра фильтра для разных ориентаций, что сокращает объём вычислений. При этом речь идёт лишь о применении ненаправленного фильтра перед тем, как использовать направленный фильтр Габора для улучшения качества нескольких выбранных экспертных изображений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Издание 3-е, исправленное и дополненное. Москва: Техносфера, 2012. 1104 с. ISBN 978-5-94836-331-8
2. Soares J., Leandro J., Cesar R., et al. Retinal Vessel Segmentation Using the 2-D Gabor Wavelet and Supervised Classification // IEEE Transactions of Medical Imaging. 2006. Vol. 25, No. 9. P. 1214–1222.
3. Hong L., Wan Y., Jain A. Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation // IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence. 1998. Vol. 20, No. 8. P. 777–789.
4. Bazen A.M. Fingerprint Identification – Feature Extraction, Matching, and Database Search / Ph.D. Dissertation. University of Twente, Enschede, Netherlands, 2002. 187 p.