

УДК 612.087.1

doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-5-955-958

## АЛГОРИТМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЦВЕТНЫХ QR-КОДОВ ДЛЯ ЗАДАЧ БИОМЕТРИИ

Г.А. Кухарев<sup>a</sup>, Н. Казиева<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (ЛЭТИ) им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, 197376, Российская Федерация

<sup>b</sup> Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация  
Адрес для переписки: [kaznaz@list.ru](mailto:kaznaz@list.ru)

### Информация о статье

Поступила в редакцию 22.06.19, принята к печати 12.07.19

Язык статьи — русский

**Ссылка для цитирования:** Кухарев Г.А., Казиева Н. Алгоритмы формирования цветных QR-кодов для задач биометрии // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19. № 5. С. 955–958. doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-5-955-958

### Аннотация

**Предмет исследования.** Обсуждается алгоритм формирования цветных QR-кодов для задач лицевой биометрии. **Методы** основаны на процедурах обработки изображений, методах линейной алгебры и реализованы в среде пакета МАТЛАБ. **Основные результаты.** Представлен новый графический объект – цветной биометрический QR-код и метод формирования цветных QR-кодов для задач лицевой биометрии, описан алгоритм его реализации, показана функциональная схема устройства его реализации, приводятся примеры различных вариантов цветных биометрических QR-кодов. **Практическая значимость.** Полученные результаты могут быть использованы в практической биометрии и ее приложениях, а также для создания новых видов тестовых баз изображений лиц.

### Ключевые слова

цветной биометрический QR-код, декомпозиция цветного изображения, антропометрия, биометрическая информация, генерация QR-кода

doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-5-955-958

## ALGORITHMS OF COLOR QR CODES FORMATION FOR BIOMETRY TASKS

G.A. Kukharev<sup>a</sup>, N. Kaziyeva<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI”, Saint Petersburg, 197376, Russian Federation

<sup>b</sup> ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation  
Corresponding author: [kaznaz@list.ru](mailto:kaznaz@list.ru)

### Article info

Received 22.06.19, accepted 12.07.19

Article in Russian

**For citation:** Kukharev G.A., Kaziyeva N. Algorithms of color QR codes formation for biometry tasks. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2019, vol. 19, no. 5, pp. 955–958 (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-5-955-958

### Abstract

**Subject of Research.** The paper considers an algorithm for the formation of color QR-codes for facial biometrics. **Methods.** The methods are based on image processing procedures, linear algebra methods and are implemented in MATLAB package environment. **Main Results.** We present a new graphics object: a color biometric QR code and a method of forming color QR codes in biometrics tasks. An algorithm for its implementation is described, a functional diagram of the device for its implementation is shown, examples of various variants of color biometric QR codes are given. **Practical Relevance.** The results obtained can be used in practical biometrics and its applications, and for creation of new types of test databases for face images.

### Keywords

color biometric QR code, color image decomposition, anthropometry, biometric information, QR code generation

Технологии штрихового кодирования в XXI в. вышли за границы логистики потоков товаров, почтовых отправок и контейнерных грузов и бесповоротно вошли в повседневную жизнь людей. Например, в повседневном жизненном процессе человек «выступает» как покупатель, как пассажир, как пациент медучреждения, как турист при

переходе через пограничный пункт пропуска, как пользователь системы контроля доступа к информационным или материальным ресурсам или как клиент с доступом к личному кабинету клиентского сервиса и т. д. При этом каждое действие человека в этом процессе сопровождается созданием и/или контролем штрих-кода, ассоциированного с этим действием, а штрих-код «как бы приклеен» к человеку, как к некоторой вещи.

В некоторых случаях (например, QR-код «ORCID») штрих-код содержит краткую документальную информацию о человеке, но не содержит о нем никакой биометрической информации, хотя вопросы применения двумерных штриховых кодов в биометрии были поставлены еще 20 лет назад [1, 2]. На сегодняшний день уже стало ясным, что лицевые биометрические технологии способны обеспечить весь комплекс задач распознавания людей, совершающих доступ к ресурсам и обмен информацией с соответствующими системами, а технологии штрихового кодирования в приложении к биометрии позволяют эффективно реализовать автоматизацию сопутствующих процессов: унификацию и каталогизацию документов и удостоверений личности, быструю проверку их аутентичности и безошибочный обмен данными о клиентах по универсальным стандартам и международным каналам и т. д. Именно поэтому интерес к проблеме представления биометрической информацией в рамках штрихового кодирования не ослабевает с момента появления первых проб по использованию штрихового кодирования в биометрии.

Одно из интересных решений технологии штрихового кодирования для задач лицевой биометрии было предложено в статье [3], где отмечается, что попытки практического создания штрих-кодов с биометрической информацией ведутся уже более 10 последних лет [4].

Идеи, представленные в [3], заключаются в формировании нового цветного графического объекта на основе двух типов компонентов — оригинальных полутоновых QR-кодов и полутоновых изображений лиц (Photo) — путем их размещения на местах слоев «R», «G» и «B» этого графического объекта, что по факту приводит к созданию цветного QR-кода [3]. При этом биометрическую (ANTRO) и документальную (INFO) информацию об изображении лица содержат QR-коды, входящие в цветной QR-код. Именно поэтому такие цветные QR-коды были названы как биометрические цветные QR-коды.

Структура устройства, реализующего эту идею, и результат формирования цветных QR-кодов PIA (Photo/INFO/ANTRO), PIP (Photo/INFO/Photo), показаны на рис. 1. Устройство состоит из блока анализа входного цветного изображения, блока подготовки сообщений, блока генерации QR-кодов, блока декомпозиции цветного изображения, блока компоновки цветных QR-кодов. При этом первый вход устройства является входом блока анализа входного цветного изображения, первый выход которого соединен с первым входом блока подготовки сообщений, второй вход которого является вторым входом устройства, выход блока подготовки сообщений соединен со входом блока генерации QR-кодов, выход которого соединен с первым входом блока компоновки цветных QR-кодов, второй вход которого соединен с выходом блока декомпозиции цветного изображения, вход которого соединен со вторым выходом блока анализа входного цветного изображения, выход блока компоновки цветных QR-кодов является выходом устройства.

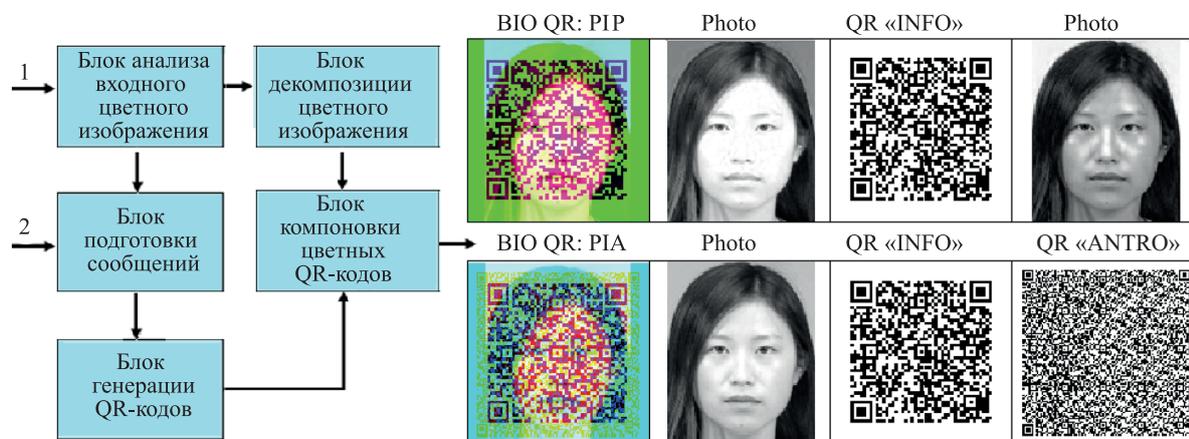


Рис. 1. Структура устройства формирования цветных биометрических QR-кодов и примеры результата формирования QR-кодов PIP и PIA

Биометрическая информация представлена координатами антропометрических точек изображения лица, которые определяются в блоке анализа входного цветного изображения, а документальная информация поступает в устройство по входу 2, причем оба вида информации представлены на входе блока подготовки сообщений в алфавитно-цифровой форме, а на выходе блока — как законченные сообщения, по которым в блоке генерации QR-кодов генерируется соответствующий QR-код, который поступает в блок компоновки цветных QR-кодов, одновременно с этим в блоке декомпозиции цветное изображение расслаивается на компоненты «R», «G» и «B», которые также поступают в блок компоновки цветных QR-кодов, где из состава компонент «R», «G» и «B» и сформированных QR-кодов заканчивается процесс формирования цветного биометрического QR-кода.

Для обработки представляется исходное цветное изображение лица оригинального размера, которое определяется следующим образом:  $M \times N \times 3$ , где  $M$  и  $N$  — число строк и столбцов изображения. Исходное изображение лица корректируется с учетом выбранного размера генерируемого QR-кода. Размер QR-кода  $M_{QR} \times M_{QR}$  определяется соотношением  $M_{QR} = 17 + 4V$  для целых значений параметра  $V$  — версий QR-кода  $1 < V \leq 40$ .

Алгоритм формирования цветного биометрического QR-кода включает в себя следующие этапы:

- корректировку входного изображения лица по размеру  $M_{QR} \times M_{QR}$  QR-кода;

- генерацию полутоновых QR-кодов  $QR_{INFO}$  и  $QR_{ANTRO}$  по сообщениям из блока подготовки сообщений, представляя их матрицами размером  $M_{QR} \times M_{QR}$ ;
- декомпозицию цветного изображения лица на компоненты «R», «G» и «B» так, что  $R = I(:, :, 1)$ ;  $G = I(:, :, 2)$ ,  $B = I(:, :, 3)$ ; где  $I$  — цветное изображение размера  $M_{QR} \times M_{QR} \times 3$ ;
- выбор одной или двух компонент из «R», «G», «B» для использования в цветном QR-коде;
- формировании цветного QR-кода по выбранным компонентам и сгенерированным QR-кодам так, что:

$$\begin{array}{lll}
 QR_{PIP}(:, :, 1) = P; & QR_{PIA}(:, :, 1) = P; & QR_{PAI}(:, :, 1) = P; & \dots \\
 QR_{PIP}(:, :, 2) = QR_{INFO}; & QR_{PIA}(:, :, 2) = QR_{INFO}; & QR_{PAI}(:, :, 2) = QR_{ANTRO}; & \\
 QR_{PIP}(:, :, 3) = B & QR_{PIA}(:, :, 3) = QR_{ANTRO} & QR_{PAI}(:, :, 3) = QR_{INFO} & 
 \end{array}$$

где  $QR_{xxx}$  — матрица размером  $M_{QR} \times M_{QR} \times 3$ , представляющая формируемый цветной QR-код.

Представленный алгоритм формирования позволяет получить цветные коды различных цветовых гамм, что показано на рис. 2. При этом прочитать полную информацию непосредственно с «поверхности цветного QR-кода» можно только для случая биометрических (BIO) QR-кодов PIP и PIA (BIO QR PIP и BIO QR PIA). В [3] показано, как улучшить возможность чтения всей информации «с поверхности цветного QR-кода». В остальных случаях чтение полной информации возможно только после декомпозиции цветного QR-кода на составляющие его компоненты. Эта особенность становится полезной, когда требуется ограничить простой доступ к чтению биометрической и документальной информации с цветных биометрических QR-кодов.



Рис. 2. Варианты цветных биометрических QR-кодов

Цветные BIO QR-коды со структурой PIP (Photo/INFO/Photo) можно изменить так, чтобы вместо второго полутонового изображения в его структуре находился соответствующий скетч [5, 6], что дает новый вид для этой структуры — PIS (Photo\INF\Sketch). Пример такого цветного BIO QR-кода приведен на рис. 3. С помощью таких QR-кодов можно создавать новые тестовые базы «Photo-Sketch», которые можно использовать в задачах поиска соответствия между скетчами и фото.

Развитием рассмотренных выше биометрических QR-кодов являются анимированные BIO QR-коды, представляемые в формате GIF. Компоненты, составляющие эти QR-коды, можно не только увидеть в динамике, но и прочитать всю вложенную в них информацию. Для этого можно воспользоваться программой Microsoft Office PowerPoint в режиме просмотра слайдов или отобразить анимированные BIO QR-коды на платформе браузера «Internet Explorer».

Анимированные BIO QR-коды можно формировать с тремя компонентами из набора оригинальных полутоновых QR-кодов и полутоновых изображений лиц или с четырьмя компонентами, или с большим числом компонент. Если первой компонентой будет цветной биометрический QR-код, то и анимированный BIO QR-код будет цветным. Однако вопросы записи и стабильного чтения-декомпозиции таких QR-кодов без использования специальных графических пакетов нами пока еще не решены. Поэтому поиск такого решения — это наша ближайшая задача.



Рис. 3. Цветной BIO QR-код со структурой PIS (Photo/INFO/Sketch)

### Литература

1. Soldek J., Shmerko V., Phillips Ph., Kukharev G., Rogers W., Yanushkevich S. Image analysis and pattern recognition in biometric technologies // Proc. International Conference on the Biometrics: Fraud Prevention, Enhanced Service, Las Vegas, Nevada, USA, 1997. P. 270–286.
2. Heeter T.W. Method for verifying human identity during electronic sale transactions. Patent US5878155. Filing date: 05.09.96. Publication date: 02.03.99.
3. Кухарев Г.А., Казиева Н., Цымбал Д.А. Технологии штрихового кодирования для задач лицевой биометрии: современное состояние и новые решения // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2018. Т. 18. № 1. С. 72–86. doi: 10.17586/2226-1494-2018-18-1-72-86
4. Kaziyeva N., Kukharev G., Matveev Y. Barcoding in biometrics and its development // Lecture Notes in Computer Science. 2018. V. 11114. P. 464–471. doi: 10.1007/978-3-030-00692-1\_40
5. Wang X., Tang X. Face photo-sketch synthesis and recognition // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2009. V. 31. N 11. P. 1955–1967. doi: 10.1109/TPAMI.2008.222
6. CUHK Face Sketch Database (CUFS) [Электронный ресурс]. URL: <http://mmlab.ie.cuhk.edu.hk/archive/facesketch.html>, свободный. Яз. англ. (дата обращения: 03.04.2019).

### Авторы

**Кухарев Георгий Александрович** — доктор технических наук, профессор, профессор, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (ЛЭТИ) им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, 197376, Российская Федерация, Scopus ID: 18037842200, ORCID ID: 0000-0003-2188-2172, [gakukharev@etu.ru](mailto:gakukharev@etu.ru)

**Казиева Назым** — инженер, аспирант, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, Scopus ID: 57203633843, ORCID ID: 0000-0002-7559-1795, [kaznaz@list.ru](mailto:kaznaz@list.ru)

### References

1. Soldek J., Shmerko V., Phillips Ph., Kukharev G., Rogers W., Yanushkevich S. Image analysis and pattern recognition in biometric technologies. *Proc. International Conference on the Biometrics: Fraud Prevention, Enhanced Service, Las Vegas, Nevada, USA, 1997*, pp. 270–286.
2. Heeter T.W. *Method for verifying human identity during electronic sale transactions*. Patent US5878155, 1999.
3. Kukharev G.A., Kaziyeva N., Tsymbal D.A. Barcoding technologies for facial biometrics: state-of-the-art and new solutions. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2018, vol. 18, no. 1, pp. 72–86. (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2018-18-1-72-86
4. Kaziyeva N., Kukharev G., Matveev Y. Barcoding in biometrics and its development. *Lecture Notes in Computer Science*, 2018, vol. 11114, pp. 464–471. doi: 10.1007/978-3-030-00692-1\_40
5. Wang X., Tang X. Face photo-sketch synthesis and recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2009, vol. 31, no. 11, pp. 1955–1967. doi: 10.1109/TPAMI.2008.222
6. *CUHK Face Sketch Database (CUFS)* Available at: <http://mmlab.ie.cuhk.edu.hk/archive/facesketch.html> (accessed: 03.04.2019).

### Authors

**Georgy A. Kukharev** — D.Sc., Full Professor, Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI”, Saint Petersburg, 197376, Russian Federation, Scopus ID: 18037842200, ORCID ID: 0000-0003-2188-2172, [gakukharev@etu.ru](mailto:gakukharev@etu.ru)

**Nazym Kaziyeva** — engineer, postgraduate, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, Scopus ID: 57203633843, ORCID ID: 0000-0002-7559-1795, [kaznaz@list.ru](mailto:kaznaz@list.ru)