

МОДЕЛИ ШУМОВ В ИСКУССТВЕННЫХ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ОБРАЗАХ**А.С. Рычков**

rychkov.alexey.s@gmail.com

SPIN-код: 4640-8028

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация**Аннотация**

На сегодняшний день биометрические данные активно применяются для подтверждения личности. В связи с активным использованием биометрии возникла необходимость в тестировании разнообразных алгоритмов распознавания. Для этого понадобилась большая база данных, создаваемая специальными программами (например, SFinGe для синтеза отпечатков пальцев). Рассмотрены модели шумов, возникающие на цифровом изображении (гауссов шум, шум Рэлея, шум Эрланга, экспоненциальный, равномерный, импульсный шум). Приведены примеры физических явлений, которые можно описать с помощью представленных моделей шума. Для сравнения показаны естественные и синтезированные биометрические образы с разнообразными шумами на них.

Ключевые слова

Цифровое изображение, модель шума, шумы на цифровом изображении, биометрические данные, распознавание, биометрический образ, отпечаток пальца, синтез биометрических образов

Поступила в редакцию 06.11.2018

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019

Введение. Биометрические данные на сегодняшний день активно применяются для подтверждения личности. Из-за этого возникла необходимость в создании баз данных и тестировании разнообразных алгоритмов распознавания. Вскоре были созданы программы для синтеза биометрических образов (например, SFinGe [1] для синтеза отпечатков пальцев), они используются для создания больших баз данных. Для синтеза биометрических образов в России существует ГОСТ Р 52633.2–2010 «Требования к формированию синтетических биометрических образов, предназначенных для тестирования средств высоконадежной биометрической аутентификации» [2]. Искусственная биометрия может быть использована также в незаконной деятельности (например, проход через контрольно-пропускной пункт с заранее созданной или измененной учетной записью пользователя; создание отпечатка, которого точно нет в базе данных). Физическое изготовление слоя из искусственных материалов (например, слоя с папиллярными линиями первой фаланги пальца) при нынешнем развитии технологий — задача несложная. Поэтому возникает потребность в определении синтезированных отпечатков. Для этого необходимо рассмотреть шумы, возникающие на цифровом изображении [1–3].

В статье рассмотрены только цифровые образы искусственно синтезированных отпечатков пальцев.

Шумы и их воздействие на цифровое изображение. Рассмотрим некоторые модели шума, возникающие на цифровом изображении [4] и, как следствие, на искусственно синтезированном прообразе.

Гауссов шум (нормальный шум):

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(z-\mu)^2/(2\sigma^2)},$$

где z — яркость; μ — среднее значение случайной величины z ; σ — ее средне-квадратическое отклонение.

Шум данного вида может возникать из-за плохих условий сбора отпечатков пальцев, а также несовершенства оптической системы сканера отпечатков пальцев.

Шум Релея:

$$p(z) = \begin{cases} \frac{2}{b}(z-a)e^{-(z-\mu)^2/b} & \text{при } z \geq a; \\ 0 & \text{при } z < a. \end{cases}$$

Среднее значение случайной величины и дисперсия:

$$\mu = a + \sqrt{\pi b / 4}; \quad \sigma^2 = \frac{b(4 - \pi)}{4}.$$

Это распределение описывает распределение излучения абсолютно черного тела [5]. Его необходимо учитывать, если сканер определяет температуру объекта.

Шум Эрланга (гамма-шум):

$$p(z) = \begin{cases} \frac{a^b z^{b-1}}{(b-1)!} e^{-az} & \text{при } z \geq 0; \\ 0 & \text{при } z < 0, \end{cases}$$

где $a > 0$, b — положительные целые числа.

Среднее значение случайной величины и дисперсия:

$$\mu = \frac{b}{a}; \quad \sigma^2 = \frac{b}{a^2}.$$

Шум данного вида возникает из-за активно отражающих свет объектов, в данном случае такими объектами являются защитное стекло сканера и поверхность пальца, если не удалить потожировой слой перед процедурой сканирования [6, 7].

Экспоненциальный шум:

$$p(z) = \begin{cases} ae^{-az} & \text{при } z \geq 0; \\ 0 & \text{при } z < 0, \end{cases}$$

где $a > 0$.

Среднее значение случайной величины и дисперсия:

$$\mu = \frac{1}{a}; \quad \sigma^2 = \frac{1}{a^2}.$$

Это распределение является частным случаем распределения Эрланга с $b = 1$.
Равномерный шум.

$$p(z) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & \text{при } a \leq z \leq b; \\ 0 & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

Среднее значение случайной величины и дисперсия:

$$\mu = \frac{a+b}{2}; \quad \sigma^2 = \frac{(b-a)^2}{12}.$$

Данным видом шума можно описать непрерывные равномерные распределения, например, фон, возникающий при работе сканера или фон вокруг пальца при сканировании.

Импульсный шум («соль и перец»):

$$p(z) = \begin{cases} P_a & \text{при } z = a; \\ P_b & \text{при } z = b; \\ 0 & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

Данный вид шума возникает вследствие несовершенства приемника оптического излучения сканера отпечатков пальцев [8]. Из-за этого на изображении видны черные и белые пиксели, там, где их не должно быть. Если $b > a$, то пиксель с яркостью b выглядит как светлая точка на изображении, а пиксель с яркостью a выглядит как темная точка.

Для понимания того, как будет выглядеть шум на изображении визуально, рассмотрим воздействие шумов на тестовое изображение (рис. 1).

Это изображение удобно тем, что оно состоит из простых областей постоянной яркости, которые принимают всего три значения и при этом охватывают весь диапазон от черного до почти белого. Это упрощает визуализацию свойств различных шумовых составляющих, добавляемых к изображению. На рис. 2 и 3 представлены изображения и гистограммы в результате добавления шума к изображению на рис. 1.



Рис. 1. Тестовое изображение

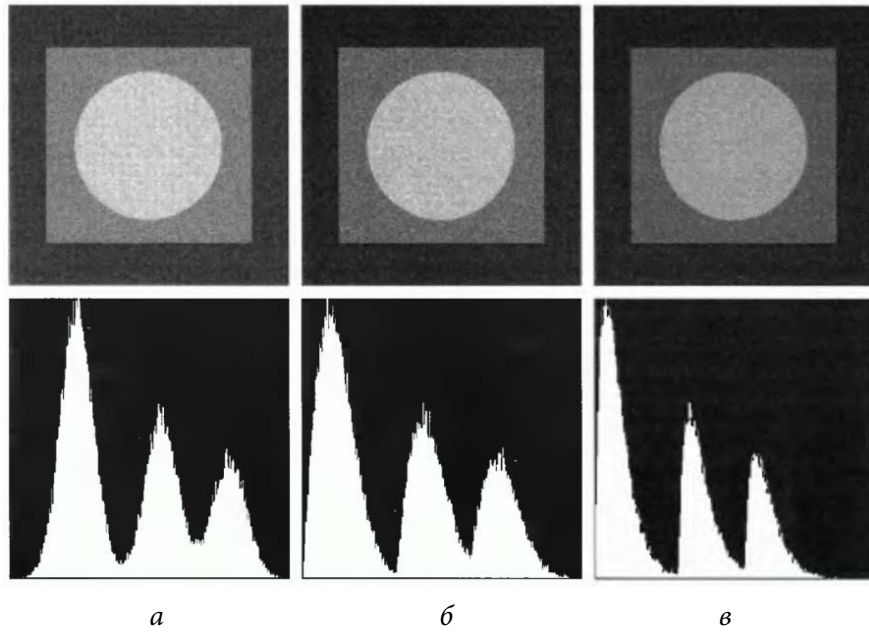


Рис. 2. Изображения и гистограммы, полученные в результате добавления шума к изображению на рис. 1:

а — гауссов шум; *б* — шум Рэлея; *в* — шум Эрланга

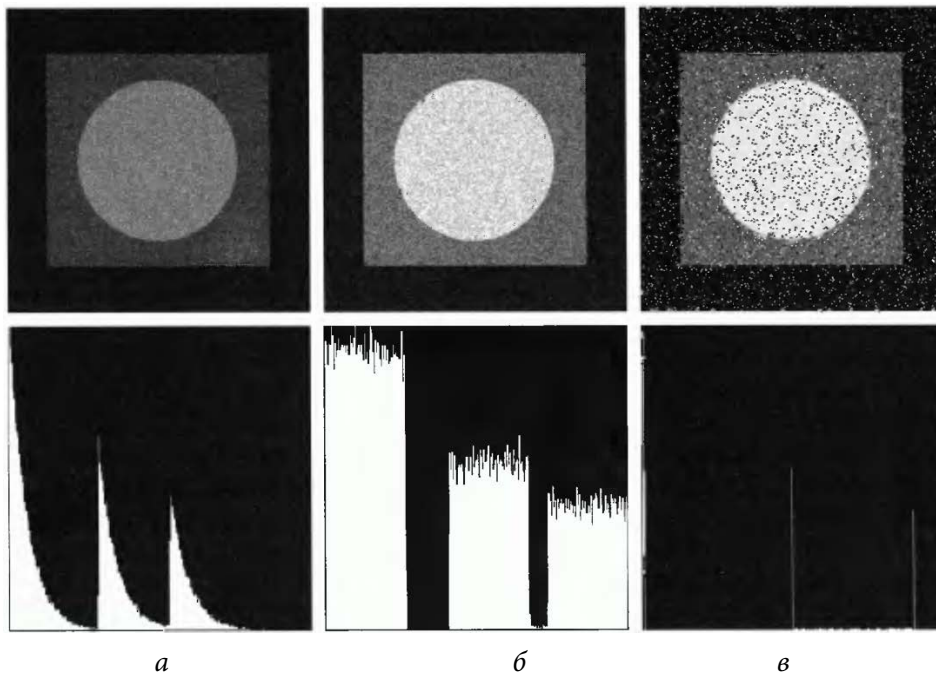


Рис. 3. Изображения и гистограммы, полученные в результате добавления шума к изображению на рис. 1 [4]:

а — экспоненциальный шум; *б* — равномерный шум; *в* — импульсный шум

Шумы на биометрических образах. Для того чтобы предать биометрическому образу правдоподобный вид, на него накладывают шумы, это создает впечатление, что биометрический образ прошел через оптико-электронный тракт. Но в отличие от программного зашумления образов, при прохождении биометрическим образом оптико-электронного тракта появляющиеся шумы случайны [6, 7]. При использовании программного зашумления для наложения искажений используют математические распределения, описанные выше. И поскольку с помощью ЭВМ нельзя создать истинно случайные последовательности (для их создания необходимо использовать физические величины, например, изменение температуры), в самом плохом случае придется рассматривать псевдослучайные последовательности.

Ниже приведены примеры синтезированных и естественных образов. На синтезированных образах шум добавлялся с использованием программы, а на естественных образах шум «настоящий».



Рис. 4. Естественные биометрические образы



Рис. 5. Синтезированные биометрические образы

Естественные биометрические образы были получены из открытых баз данных [9] и с помощью сканера отпечатков пальцев [10]. Синтезированные биометрические образы были получены с помощью программы SFinGe и из открытых баз данных.

Заключение. Как видно, создание правдоподобного синтезированного биометрического образа вполне возможно, в том числе благодаря наложенным

шумам. На синтезированных образах шум наложен таким образом, чтобы казалось, будто образ прошел оптико-электронный тракт и на него воздействовали aberrации оптической системы, шумы приемника оптического излучения и шумы электронного тракта.

Литература

- [1] Biometric System Laboratory. URL: <http://biolab.csr.unibo.it/home.asp> (дата обращения 20.07.2018)
- [2] ГОСТ Р 52633.2-2010. Защита информации. Техника защиты информации. Требования к формированию синтетических биометрических образов, предназначенных для тестирования средств высоконадежной биометрической аутентификации. М., Стандартинформ, 2011.
- [3] Cappelli R. Fingerprint sample synthesis. In: Encyclopedia of biometrics. Springer, 2015.
- [4] Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М., Техносфера, 2012.
- [5] Литвинов В.С., Рохлин Г.Н. Тепловые источники оптического излучения. М., Энергия, 1975.
- [6] Турыгин И.А. Прикладная оптика. М., Машиностроение, 1966.
- [7] Мирошников М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов. СПб., Лань, 2010.
- [8] Ишанин Г.Г., Челибанов В.П. Приемники оптического излучения. СПб., Лань, 2014.
- [9] Maio D., Maltoni D., Cappelli R., et al. FVC2000: fingerprint verification competition. Cesena, University of Bologna, 2000, 43 p.
- [10] SLK20R. ZKTeco: веб-сайт. URL: https://www.zkteco.com/en/product_detail/243.html (дата обращения 20.07.2018)

Рычков Алексей Сергеевич — магистрант кафедры «Информационная безопасность», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Басараб Михаил Алексеевич, доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой «Информационная безопасность», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

NOISE MODELS IN ARTIFICIAL BIOMETRIC IMAGES

A.S. Rychkov

rychkov.alexey.s@gmail.com

SPIN-code: 4640-8028

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

Nowadays it is actively used biometric data for confirming identity. In connection with this fact, it has become necessary to test a variety of recognition algorithms. This required a large database created by special programs (for example, SFinGe for the synthesis of fingerprints). It is researched noise models which are arisen in a digital image (Gaussian noise, Rayleigh noise, Erlang noise, exponential, uniform, impulse noise). It is given the examples of physical phenomena that can be described using the presented noise model. Natural and synthesized biometric images with various noises on them are shown for comparison.

Keywords

Digital image, noise model, digital image noise, biometric data, recognition, biometric image, fingerprint, synthesis of biometric images

Received 06.11.2018

© Bauman Moscow State Technical University, 2019

References

- [1] Biometric System Laboratory. URL: <http://biolab.csr.unibo.it/home.asp> (accessed 20.07.2018)
- [2] GOST R 52633.2-2010. Zashchita informatsii. Tekhnika zashchity informatsii. Trebovaniya k formirovaniyu sinteticheskikh biometricheskikh obrazov, prednaznachennykh dlya testirovaniya sredstv vysokonadezhnoy biometricheskoy autentifikatsii [State standard R 52633.2-2010. Information protection. Information protection technology. Requirements for creation procedures for bases of synthetic biometric images, intended for high-reliability biometric authentication means testing]. Moscow, Standartinform Publ., 2011 (in Russ.).
- [3] Cappelli R. Fingerprint sample synthesis. In: Encyclopedia of biometrics. Springer Publ., 2015.
- [4] Gonzales R.C., Woods R.E. Digital image processing. Boston, MA Addison-Wesley, 2001. (Russ. ed.: Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy. Moscow, Tekhnosfera Publ., 2012.)
- [5] Litvinov V.S., Rokhlin G.N. Teplovye istochniki opticheskogo izlucheniya [Thermal sources of optical radiation]. Moscow, Energiya Publ., 1975 (in Russ.).
- [6] Turygin I.A. Prikladnaya optika [Applied optics]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1966 (in Russ.).
- [7] Miroshnikov M.M. Teoreticheskie osnovy optiko-elektronnykh priborov [Theoretical basis of optoelectronic devices]. Sankt-Petersburg, Lan' Publ., 2010. (in Russ.)
- [8] Ishanin G.G., Chelibanov V.P. Priemniki opticheskogo izlucheniya [Optical detectors]. Sankt-Petersburg, Lan' Publ., 2014 (in Russ.).
- [9] Maio D., Maltoni D., Cappelli R., et al. FVC2000: fingerprint verification competition. Cesena, University of Bologna, 2000, 43 p.
- [10] SLK20R. ZKTeco: website. URL: https://www.zkteco.com/en/product_detail/243.html (accessed 20.07.2018)

Rychkov A.S. — Master's Student, Department of Information Security, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — M.A. Basarab, Dr. Sc., Head of Department of Information Security, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.