

Метод оценки качества биометрической идентификации в операционных условиях на примере дактилоскопической идентификации¹

Ушмаев Олег Станиславович, oushmaev@ipiran.ru,
Институт проблем информатики РАН,
Россия, Москва, ул. Вавилова, д.44, к.2

Арутюнян Артем Рафаэлевич, artem@ibrae.ac.ru,
Институт проблем безопасного развития атомной
энергетики, Россия, Москва, ул. Б. Тульская, д.52

Аннотация

В докладе рассмотрена проблема априорной оценки качества биометрической идентификации в условиях реальной эксплуатации. Предложен подход к оценке, основанный на моделировании отдельных факторов, влияющих на качество распознавание. В качестве основной модели предлагается использовать нормальную аппроксимацию биометрической системы. В качестве основного примера приведено исследование автоматической дактилоскопической идентификации. В частности, показано, что качество идентификации значительно зависит от операционных условий.

Ключевые слова: Биометрическая идентификация, дактилоскопическая идентификация, искажающие факторы, операционные испытания.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время биометрические технологии получают широкое распространение в различных областях: от контроля и управления доступом в офисные помещения до электронной коммерции и гражданской идентификации [1-3].

С распространением биометрии и увеличением масштаба биометрических систем, актуальной становится проблема выбора того или иного метода биометрической идентификации. Одним из факторов, определяющим выбор, является качество идентификации, а именно соотношение ошибок 1-го и 2-го рода.

Типовым подходом к оценке качества идентификации является измерение ошибок в стандартном тестировании или на стандартном тестовом массиве [4]. Такой подход позволяет провести обоснованный сравнительный анализ технологий. В то же время он во многих случаях не дает оценку качества идентификации в реальных операционных условиях [4]. Основной причиной является влияние различных искажающих факторов.

Чтобы заведомо избежать проблем с качеством идентификации, используют мультибиометрические системы. Даже в случаях, где применение нескольких биометрических идентификаторов не обосновано операционными условиями. Однако, открытым остается вопрос об обоснованности выбора мультибиометрии. А именно, насколько она лучше одного биометрического идентификатора.

В качестве примера рассмотрим следующую ситуацию: систему идентификации по отпечатку пальца предлагается усилить за счет идентификации по голосу. На рис. 1 приведена оценка ошибок мультибиометрической идентификации [5]. Известным способом улучшения качества дактилоскопической идентификации является использование нескольких приложений (предъявлений) пальца на этапе регистрации. Как видно из рис.1, таким образом можно достичь качества идентификации, схожего с вариантом мультибиометрического усиления за счет голосовой биометрии. Но такой подход не требует ни дополнительного времени на сканирование при идентификации личности, ни модернизации аппаратной части.

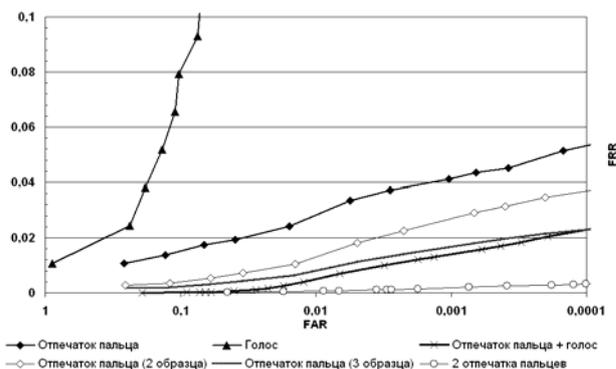


Рисунок 1: Качество идентификации

Вторым примером неправильного оценивания возможностей биометрии является лицевая биометрия. Как показывают результаты тестирований FRVT [6] с 2002 по 2006 года, качество распознавания формально улучшилось в 20 раз. При этом неучтенным остаются различные условия тестирования. В FRVT2006 их можно охарактеризовать, как «лабораторные», а в FRVT2002 как довольно плохие «полевые». В реальной эксплуатации условия будут средними.

Проблемой является отсутствие методики априорной оценки операционных возможностей той или иной биометрии.

В настоящем докладе предложен подход к оценке качества идентификации на основе моделирования искажающих факторов. Основными этапами оценки потенциального качества являются: идентификация искажающих факторов,

¹ Работа поддержана РФФИ (проект 07-07-00031) и Программой ОНИТ РАН «Информационные технологии и методы анализа сложных систем». Работа выполнена в рамках НОЦ ИПИ РАН – ВМК МГУ «Биометрическая информатика».

измерение воздействия фактора, оценка качества с поправкой на искажающий фактор.

Далее доклад организован следующим образом. В настоящем разделе дана постановка задачи. В разделе 2 дан подход к решению поставленной задачи. В разделе 3 приведены результаты применения выработанного подхода к дактилоскопической идентификации. Заключение содержит основные выводы и направления дальнейших исследований.

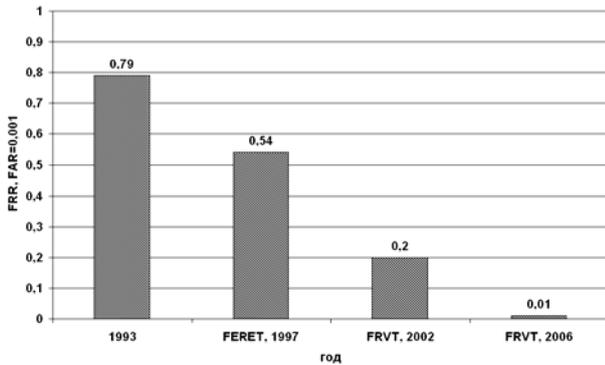


Рисунок 2: Прогресс распознавания по изображению лица.

2. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИСКАЖАЮЩИХ ФАКТОРОВ

Большинство биометрических систем являются системами распознавания образов [1-3]. Поэтому процесс идентификации состоит из двух процедур: извлечение признаков (создание биометрического шаблона, рис. 3) и сравнение шаблонов.

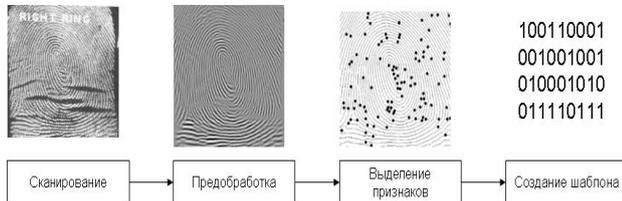


Рисунок 3: Процесс создания биометрического шаблона.

При сравнении шаблонов используются различные, преимущественно пороговые методы принятия решений. Качество идентификации определяется соотношением двух ошибок: ошибка первого рода FRR (результат сравнения двух образцов одного человека, «свои» сравнения, меньше порога) и ошибка второго рода FAR (результат сравнения образцов, принадлежащих разным людям, больше порога).

Под воздействием искажающих факторов происходят смещения в распределениях результатов в «своих» и «чужих» сравнения (рис. 4), что приводит к изменению качества распознавания (рис. 5).

Для количественной оценки влияния искажающего фактора изучим статистические свойства распределений. В качестве примера взята технология BioLink Solutions. Рассмотрим моменты распределений результатов сравнения: математическое ожидание, дисперсию, моменты старших порядков. Чтобы изолировать влияние математического ожидания и дисперсии, заменим моменты старших порядков на производные статистики

$$\gamma_k = \mathbf{E} \left[\left(\frac{s - \mu}{\sigma} \right)^k \right], \quad (1)$$

где μ – математическое ожидание, σ – среднее квадратическое отклонение.

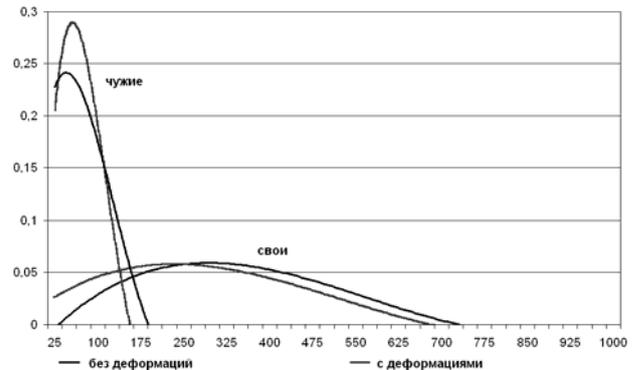


Рисунок 4: Сдвиги в распределениях под воздействием искажающего фактора (деформации отпечатков пальцев).

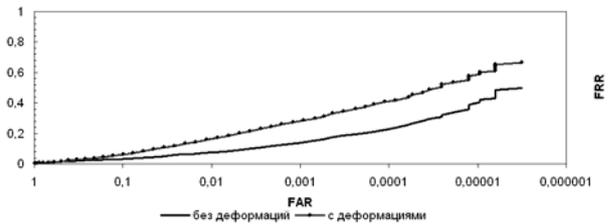


Рисунок 5: Изменение качества идентификации под воздействием деформаций.

Как видно из (1), статистики γ_k инварианты относительно линейной замены аргументов. Данные по изменению статистик под воздействием искажающего фактора приведены в табл. 1.

Таблица 1: Влияния деформаций отпечатков пальцев

	μ	σ	γ_3	γ_4	γ_5	γ_6	γ_7	γ_8
Свои (с компенсацией деформации)	280	143	0,4	2,7	3,3	14,4	35,7	147,5
Свои (без компенсации деформации)	265	156	0,8	3,1	4,9	18,4	49,4	208,3
Чужие (с компенсацией деформации)	48	24	1,1	4,7	15,8	77,2	430,6	2869,3
Чужие (Без компенсации деформации)	46	24	1,1	4,9	16,3	83,0	470,9	3027,3

Анализ данных таблицы 1 показывает, что при грубой оценке данного искажающего фактора можно ограничиться моментами первых двух порядков. Слабая вариация статистик (1) высших порядков указывает на то, что характер распределения не претерпевает принципиальных изменений. Обозначим первые моменты распределений в своих и чужих сравнениях через (μ_s, σ_s^2) и (μ_i, σ_i^2) . Смещения моментов,

сопряженные с воздействием искажающего фактора обозначим через $(\Delta m_g, \Delta s_g^2)$ и $(\Delta m_i, \Delta s_i^2)$ соответственно.

Такая оценка искажений на уровне смещений моментов [7,8] первых двух порядков имеет явное практическое преимущество. Пусть имеется эталонная таблица соответствий ошибок 1-го рода $FRR(x)$ и 2-го рода $FAR(x)$ в зависимости от порога x принятия решения. Тогда скорректированные с учетом искажающего фактора ошибки распознавания определяются следующим образом:

$$FRR^c(x) = FRR(\alpha_{FRR}x + \beta_{FRR});$$

$$FAR^c(x) = FAR(\alpha_{FAR}x + \beta_{FAR});$$

где коэффициенты α и β являются коэффициентами линейного преобразования

$$\frac{x - \Delta m - \mu}{\sqrt{\sigma^2 + \Delta s^2}} \rightarrow \frac{x - \mu}{\sigma},$$

которые прямо вычисляются через моменты по следующим формулам:

$$\alpha_{FAR} = \frac{\sigma_i}{\sqrt{\sigma_i^2 + \Delta s_i^2}}; \beta_{FAR} = \mu_i - \frac{\sigma_i}{\sqrt{\sigma_i^2 + \Delta s_i^2}}(\mu_i + \Delta m_i); \quad (2)$$

$$\alpha_{FRR} = \frac{\sigma_g}{\sqrt{\sigma_g^2 + \Delta s_g^2}}; \beta_{FRR} = \mu_g - \frac{\sigma_g}{\sqrt{\sigma_g^2 + \Delta s_g^2}}(\mu_g + \Delta m_g); \quad (3)$$

В условиях воздействия нескольких некоррелированных факторов с параметрами $(\Delta m_{jg}, \Delta s_{jg}^2)$, $(\Delta m_{ji}, \Delta s_{ji}^2)$ итоговое воздействие $(\Delta m_g, \Delta s_g^2)$ и $(\Delta m_i, \Delta s_i^2)$ получается суммой отдельных факторов:

$$\Delta m_g = \sum_j \Delta m_{jg}; \Delta s_g^2 = \sum_j \Delta s_{jg}^2; \quad (4)$$

$$\Delta m_i = \sum_j \Delta m_{ji}; \Delta s_i^2 = \sum_j \Delta s_{ji}^2. \quad (5)$$

Сдвиги ошибок $FRR(x)$ и $FAR(x)$ вычисляются по всей совокупности факторов. Формально можно ожидать, что некоторые факторы уменьшат дисперсию, и в таком случае величина Δs^2 окажется отрицательной. Примером подобного фактора является, например, уменьшение окна сканирования. Уменьшение дисперсии в таком случае обусловлено общим снижением информативности получаемых биометрических образцов.

3. ПРИМЕНЕНИЕ

В качестве примера использования рассмотрим дактилоскопическую идентификацию. Рассмотрим факторы, влияющие на качество распознавания отпечатков пальцев. Выделим следующие [9]:

- шумы;
- внешние условия (температура, влажность);
- временной лаг между регистрацией и идентификацией;
- деформации отпечатков пальцев;
- характеристики типичного пользователя системы;
- различия в способе получения отпечатков пальцев (например, след отпечатка, «живое» сканирование и оцифровка бумажных носителей).

Можно предположить, что перечисленные факторы по своему воздействию независимы. Поэтому можно проводить их оценку по отдельности. В рамках настоящего доклада ограничимся рассмотрением трех факторов: тип сканера (I), деформации (II) и способ сканирования (III). Такой выбор обусловлен возможностью экспериментальной верификации

на публично доступных базах отпечатков пальцев. На рис.6 приведены гистограммы распределений.

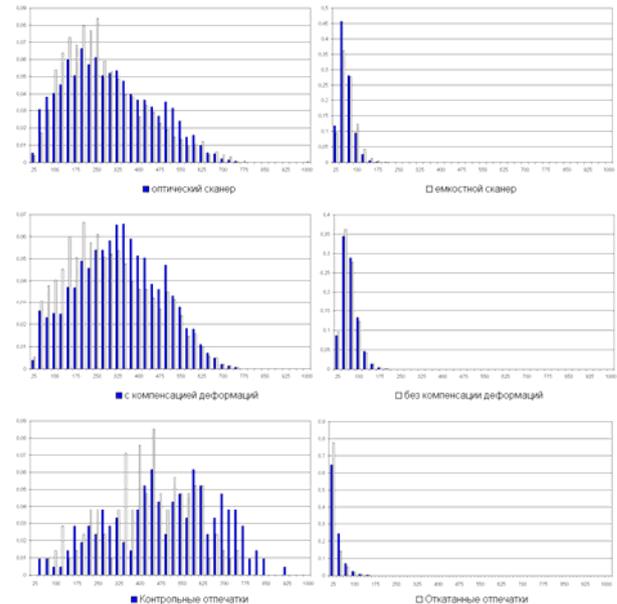


Рисунок 6: Изменение распределений

Численные результаты оценки моментов искажающих факторов и поправочных коэффициентов приведены в таблицах 2 и 3. На рис. 7 приведены графики нормальной аппроксимации искажающих факторов [7,8].

Таблица 2: Оценки моментов

	μ_g	σ_g^2	μ_i	σ_i^2	$\Delta \mu_g$	Δs_g^2	$\Delta \mu_i$	Δs_i^2
I	26 5	24366	4 6	580	-16	4039	-2	309
II	26 5	24366	4 6	580	15	-3887	2	21
III	26 5	24366	4 6	580	-15	-4684	-5	-27

Таблица 3: Поправочные коэффициенты

Эксперименты	α_{FRR}	β_{FRR}	α_{FAR}	β_{FAR}
I	0,926	34,402	0,807	10,460
II	1,091	-40,454	0,982	-1,154
III	1,117	-81,033	1,024	14,252

На рис. 8 приведены оценки качества распознавания в наилучших и наихудших относительно приведенных факторов операционных условиях соответственно. Как видно из рисунка, зависимость качества распознавания от операционных условий является значительной.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В докладе предложен подход к априорному определению качества идентификации в реальных условиях на основе моделирования искажающих факторов. Для случая дактилоскопической идентификации проведено количественное оценивание факторов. Показано, что качество идентификации значительно зависит от операционных условий.

Направлением дальнейших исследований является применение разработанного метода к другим биометрическим технологиям: изображение лица, радужная оболочка глаза и т.д.

5. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] I.N. Sinitsyn, O.S. Ushmaev, *Development of metrological and biometric technologies and systems* // Proceedings of 9th International Conference in Pattern Recognition and Image Analysis: new information technologies, PRIA-9-2008, September, 14-20, 2008. – Нижний Новгород, 2008, v.2, p.169-172.
- [2] Dessimoz D., Champod C., Richiadi J., Drygajlo A. *Multimodal Biometrics for Identity Documents* // Research Report, PFS 314-08.05. UNIL, June 2006.
- [3] Bolle R. M., Connell J. H., Pankanti S., Ratha N. K., Senior A. W. *Guide to Biometrics*. – New-York: Springer-Verlag, 2003.
- [4] Wayman J., et al. *Biometric Systems: Technology, Design and Performance Evaluation*. – London: Springer Verlag, 2005.
- [5] О.С. Ушмаев, А.В. Босов, *Реализация концепции многофакторной биометрической идентификации в интегрированных аналитических системах* // Системы высокой доступности, 4, 2007, т.3, с.13-23.
- [6] *Face Recognition Vendor Test*. <http://www.frvt.org>.
- [7] Ushmaev O. S., Novikov S. O. *Integral criteria for large-scale multiple fingerprint solutions* // In *Biometric Technology for Human Identification*, edited by Anil K. Jain, Nalini K. Ratha, Proceedings of SPIE. Vol. 5404 – SPIE, Bellingham, WA, 2004. P. 534–543.
- [8] О.С. Ушмаев, *Стохастические технологии мультибиометрической идентификации* // Обозрение прикладной и промышленной математики, т. 16, вып.2, с. 393.
- [9] *Fingerprint Vendor Technology Evaluation*. <http://fpvte.nist.gov>.

Сведения об авторах



Ушмаев Олег Станиславович, (1981 г.р.), канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник Института проблем информатики РАН.

Область научных интересов: информационно-аналитические комплексы и системы, обработка изображений, распознавание образов, биометрические технологии.



Арутюнян Артем Рафаэлевич, научный сотрудник отделения экологической безопасности и радиационного риска Института проблем безопасного развития атомной энергетики (ИБРАЭ РАН).

Область научных интересов: биометрические технологии, анализ и автоматизация бизнес-процессов, создание web-приложений.

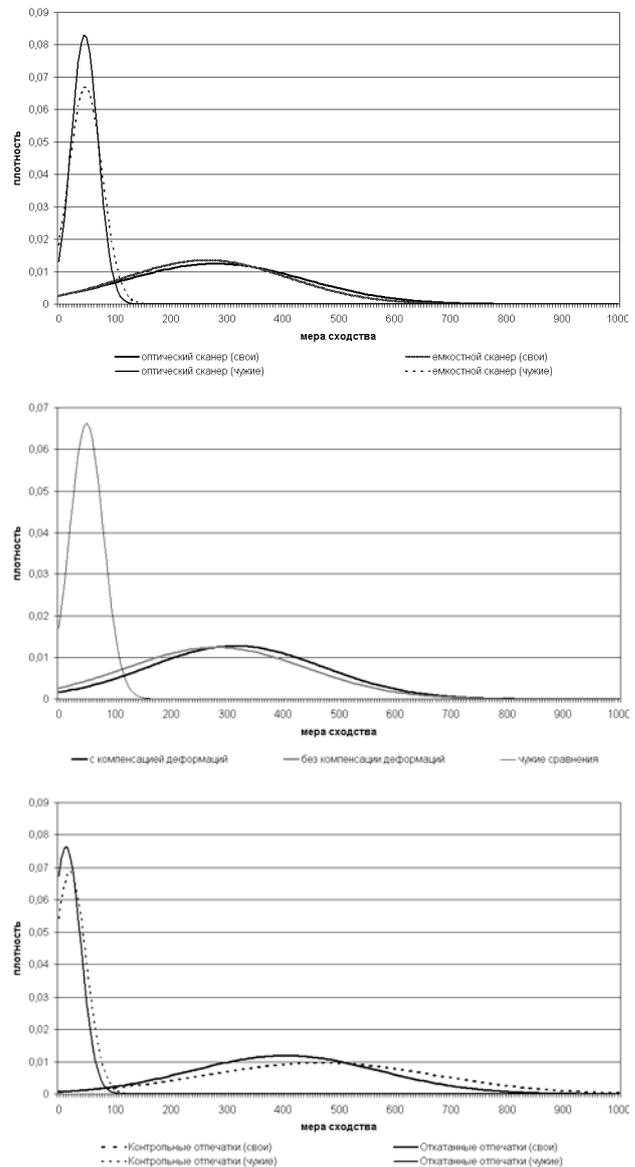


Рисунок 7: Нормальная аппроксимация искажающих факторов

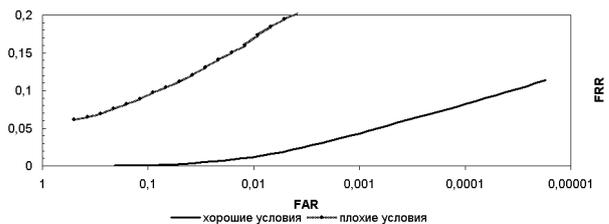


Рисунок 8: Неопределенность в качестве распознавания