

Ю.И. Стародубцев¹, Д.Е. Шугуров²
(¹Военная Академия связи, ²Академия ФСО России;
e-mail: shdevg@mail.ru)

МЕТОДИКА УДАЛЁННОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ

Представлены результаты исследования биометрической аутентификации личности при удалённом взаимодействии пользователей на основе распознавания образов, а также методика решения задачи определения уникальности биометрического образа.

Ключевые слова: биометрическая аутентификация, распознавание образов, уникальность, сходство.

Yu.I. Starodubcev, D.E. Shugurov

METHODS OF REMOTE IDENTITY AUTHENTICATION

The results of the research of biometric identification with remote user interaction on the basis of pattern recognition, as well as methods for solving the problem of determining the uniqueness of the biometric image are presented.

Key words: biometric identification, pattern recognition, uniqueness, similarity.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 1 июня 2015 г.

В настоящее время известно значительное количество методов аутентификации личности (прежде всего биометрических), опирающихся на уникальные характеристики индивидуумов [1-3]. Известно [4-8], что вероятность правильной аутентификации зависит от объёма исходной информации. С учётом того, что в настоящее время практически все распознающие системы работают с цифровым файлом, характеризующим исходный объект, и потребности практики требуют обеспечения удалённой аутентификации, возникает ряд практических важных задач.

Во-первых, необходимо минимизировать объём исходного цифрового кода, характеризующего объект аутентификации, но сохранить на заданном уровне вероятность распознавания (аутентификации). Это позволяет снизить требования к запоминающим устройствам (объём памяти), а также производительности вычислительных средств. При этом необходимо обеспечить заданный уровень своевременности выполнения процедур аутентификации.

Во-вторых, необходимо определить степень влияния ошибок в канале связи на вероятность правильной аутентификации. Это позволяет определить условия применимости тех или иных методов аутентификации для дистанционного (удалённого) варианта реализации. При этом решаются задачи сопоставления методов повышения достоверности (методы кодирования), исходного качества каналов (трактов) связи, методов деструктивного воздействия, при которых обеспечивается заданный уровень достоверности аутентификации.

В третьих, необходимо определить на заданном множестве явлений (объектов), предел сложности, при котором сохраняется их уникальность на заданном уровне.

В четвертых, необходимо определить, не содержит ли цифровой код объекта аутентификации подмножеств, предопределяющих уникальность всего множества.

Все задачи решаются на множестве однотипных (по происхождению, существованию) объектов в виде цифрового уникального кода.

В общем случае необходимо ввести ряд допущений.

Допущение №1. Объект тождественен только сам себе ($P_{cx_{i,i}} \rightarrow 1$), а его сходство с другими элементами множества не превышает заданного уровня, например, $P_{cx_{i,i}} \leq 0,1$

Допущение №2. Цифровой код подмножества не содержит подмножества, обладающего уникальностью всего множества.

Допущение №3. Уникальность объектов заданного множества избыточна.

Следовательно, существует разбиение исходного кода, характеризующего объект, на " n " частей, каждая часть которого сохраняет уникальность.

Гипотеза – при неограниченном числе элементов множества $n \rightarrow \infty$, невозможно обеспечить заданный уровень уникальности.

Таким образом, можно сформулировать задачу следующим образом.

Задано счётное множество объектов – N (персонал), обладающих рядом – M уникальных биометрических характеристик (отпечатки пальцев, геометрия лица, сетчатка глаз и т.д.). Существует технологическая возможность получения инварианта любой i -й биометрической характеристики в виде цифрового кода.

Определить зависимость вероятности правильного распознавания, в частном случае (при ограниченном числе объектов) коэффициента сходства от степени разрешения аппаратуры для получения цифрового кода.

В качестве основного показателя используется коэффициент сходства K_{cx} , а при увеличении количества элементов исследуемого множества либо количества экспериментов вероятность сходства P_{cx} любой пары элементов исходного множества, в том числе и одного $P_{cx_{i,i}}$, то есть, самого с собой при разном уровне разрешения.

Применительно к потребностям удалённой аутентификации, может возникнуть две различные ситуации.

Во-первых, цифровой код, характеризующий любой i -й объект аутентификации, полученный с некоторым разрешением при передаче по каналам (трактам) связи, может быть искажён.

Во-вторых, цифровой код, характеризующий любой i -й объект аутентификации, может быть получен с принципиально разным разрешением. Это влияет на результат аутентификации различным образом.

С одной стороны, чем выше разрешение, тем меньше уровень искажения уникальной исходной биометрической характеристики. Однако можно предположить, что существует предел уровня необходимого разрешения, после которого в цифровой код будут вноситься элементы, не существующие у реального объекта. Вероятно, это самостоятельная задача, требующая отдельного исследования.

С другой стороны, при снижении реализованного уровня разрешения снижается объём цифрового кода, а следовательно и время передачи по каналам (трактам) связи, понижаются требования к характеристикам запоминающих устройств и производительности вычислительных средств.

В статье рассматривается второй случай.

Суть методики заключается в следующей последовательности технологических и математических операций.

1. Формируется множество объектов, подлежащих биометрической аутентификации.

2. Формируется множество технических средств для преобразования исходных биометрических данных в цифровой код либо эта процедура реализуется программно.

3. Выбирается вариант расчёта коэффициента сходства как отношение совпавших элементов цифрового кода к общему числу элементов.

4. Формируется база цифровых эталонов объектов аутентификации.

5. Последовательно с заданными (обоснованными) градациями снижается уровень разрешения, следовательно, и объём реализации цифрового кода для каждого объекта.

6. Для каждой градации оценивается величина коэффициента сходства.

7. Процесс останавливается, если величина коэффициента сходства будет меньше некоторого заданного порога.

В качестве биометрического признака выбрана геометрия лица. В качестве объектов аутентификации рассматривались граждане практически одинакового возраста и пола европейского происхождения. Использовано однотипное средство преобразования (фотоаппарат) в помещении с фиксированной освещённостью. Созданы цифровые файлы в формате *png*, разрешением 932×1144, размером 3 Мб. В качестве средства выявления признаков использован метод SURF (Speeded up robust features), выполняющий два алгоритма – Гессе и Хаара (определение ключевых точек изображения и распознавания).

Характеристики исходного эталона цифрового образа объектов аутентификации представлены в табл. 1.

Таблица 1

Исходный эталон образа объекта аутентификации

Разрешение снимка	Размер эталона, Мб	Кол-во признаков 1 образа	Кол-во признаков 2 образа	Кол-во признаков 3 образа	Кол-во признаков 4 образа	Кол-во признаков 5 образа
932×1144	3	88	88	87	85	87

Последовательно уменьшаются разрешение и соответственно объём и размерность признакового пространства, получены промежуточные результаты, представленные в табл. 2.

Таблица 2

Результаты эксперимента и значения параметров объектов аутентификации

№ эксперимента	Разрешение	Уровень уникальности от % эталона	Размер, кБ	Кол-во признаков 1 образа	Кол-во признаков 2 образа	Кол-во признаков 3 образа	Кол-во признаков 4 образа	Кол-во признаков 5 образа
1	932×1144	100	3000	88	88	87	85	87
2	886×1086	95	1260	68	83	46	70	74
3	615×755	66	472	71	58	45	61	73
4	308×378	33	132	63	32	45	50	50
5	205×252	22	62	42	27	32	37	33
6	103×126	11	24	23	15	18	15	18
7	93×114	10	20	23	15	17	14	17
8	84×103	9	16	19	12	13	10	16
9	75×92	8	15	10	9	12	9	8
10	65×80	7	12	12	5	6	6	4
11	56×69	6	11	7	4	4	8	4

Для комбинаций промежуточных результатов получены оценки коэффициентов сходства, приведённые в табл. 3-12 (по диагонали – сам с собой).

Таблица 3

Коэффициент сходства при уровне уникальности 95 %

Объекты аутентификации	1	2	3	4	5
1	0,985294	0,0482	0,087	0,1286	0,0946
2	0,0441	0,951807	0,1739	0,1143	0,0946
3	0,0588	0,1446	0,978261	0,1857	0,1622
4	0,1029	0,0964	0,2609	0,9	0,1757
5	0,1029	0,0602	0,2391	0,1857	0,932432

Таблица 4

Коэффициент сходства при уровне уникальности 66 %

Изображение	1	2	3	4	5
1	0,71831	0,034483	0,155556	0,131148	0,082192
2	0,098592	0,706897	0,111111	0,180328	0,068493
3	0,098592	0,189655	0,888889	0,180328	0,191781
4	0,070423	0,086207	0,266667	0,770492	0,09589
5	0,126761	0,137931	0,288889	0,163934	0,753425

Таблица 5

Коэффициент сходства при уровне уникальности 33 %

Изображение	1	2	3	4	5
1	0,6349	0,0625	0,0889	0,1200	0,1200
2	0,1429	0,6250	0,1556	0,1000	0,1400
3	0,1587	0,2500	0,8000	0,1600	0,1800
4	0,0952	0,2500	0,1556	0,7800	0,1600
5	0,1111	0,1250	0,1556	0,1400	0,6600

Таблица 6

Коэффициент сходства при уровне уникальности 22 %

Изображение	1	2	3	4	5
1	0,5952	0,0741	0,0938	0,0811	0,0909
2	0,0714	0,6667	0,1250	0,1081	0,0909
3	0,1667	0,2222	0,7188	0,0000	0,2424
4	0,1667	0,1481	0,1875	0,6486	0,1818
5	0,1429	0,1111	0,2188	0,1351	0,6970

Таблица 7

Коэффициент сходства при уровне уникальности 11 %

Изображение	1	2	3	4	5
1	0,5652	0,0000	0,0000	0,0000	0,1111
2	0,2174	0,8000	0,1111	0,1333	0,1111
3	0,2174	0,1333	0,6667	0,0000	0,1667
4	0,1739	0,0667	0,1667	0,7333	0,1667
5	0,2174	0,1333	0,3333	0,1333	0,6111

Таблица 8

Коэффициент сходства при уровне уникальности 10 %

Изображение	1	2	3	4	5
1	0,4783	0,0667	0,0000	0,1429	0,1176
2	0,0435	0,5333	0,1176	0,1429	0,0588
3	0,1739	0,0667	0,6471	0,0000	0,0000
4	0,1304	0,0000	0,1176	0,3571	0,0000
5	0,1304	0,1333	0,1765	0,0000	0,5294

Таблица 9

Коэффициент сходства при уровне уникальности 9 %

Изображение	1	2	3	4	5
1	0,3158	0,0833	0,0769	0,0000	0,1333
2	0,0526	0,5000	0,2308	0,1000	0,0000
3	0,2105	0,0833	0,5385	0,0000	0,0625
4	0,0526	0,0000	0,0769	0,3000	0,0625
5	0,2105	0,1667	0,2308	0,0000	0,5000

Таблица 10

Коэффициент сходства при уровне уникальности 8 %

Изображение	1	2	3	4	5
1	0,4000	0,0000	0,1667	0,1111	0,0000
2	0,1000	0,4444	0,0833	0,0000	0,0000
3	0,2000	0,1111	0,3333	0,0000	0,0000
4	0,0000	0,0000	0,0000	0,3333	0,1250
5	0,1000	0,0000	0,0000	0,1111	0,3750

Таблица 11

Коэффициент сходства при уровне уникальности 7 %

Изображение	1	2	3	4	5
1	0,0833	0,0000	0,0000	0,1667	0,0000
2	0,0833	0,2000	0,0000	0,0000	0,0000
3	0,2500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	0,0000	0,0000	0,0000	0,1667	0,0000
5	0,0833	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Коэффициент сходства при уровне уникальности 6 %

Изображение	1	2	3	4	5
1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,0000	0,0000	0,1250	0,0000
3	0,1429	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Расчётные значения коэффициента сходства при различных уровнях уникальности объединены и представлены на рис. 1 (сходство самого с собой), на рис. 2 – сходство между собой.

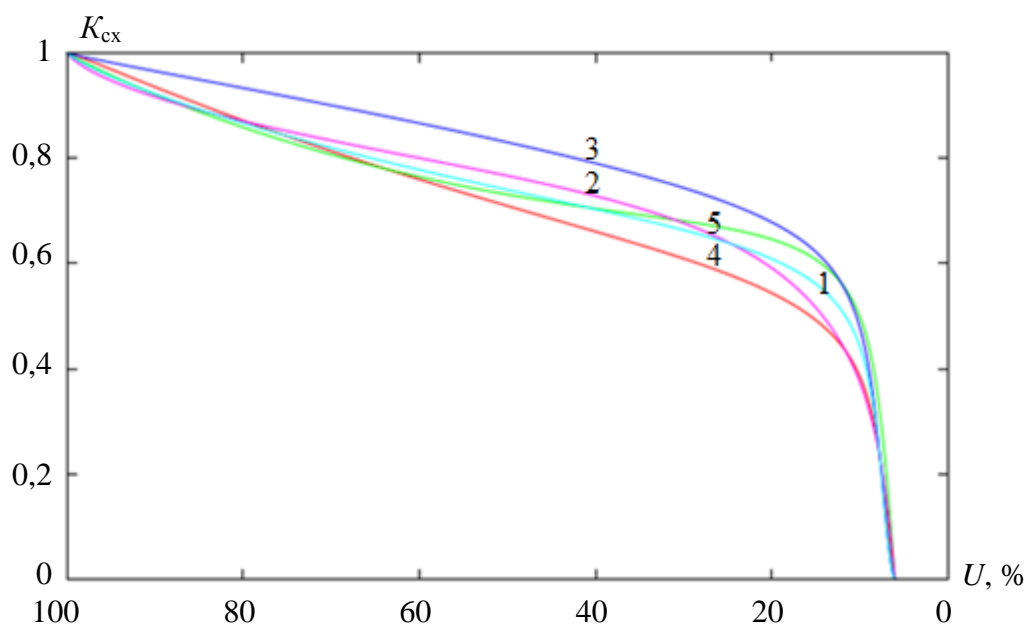


Рис. 1. Зависимость коэффициента сходства от уникальности аутентификационной последовательности образа геометрии лица (сходство самого с собой)

Анализ результатов (рис. 1) показал:

1. Коэффициент сходства максимален при 100 % уникальности. При уменьшении уникальности (то есть уменьшая разрешение) коэффициент сходства также уменьшается.

2. Коэффициент сходства снижается до 0,8 при уникальности 70 %, далее зависимость снижения коэффициента сходства до 0,6 происходит более мягче до 20 %.

3. Коэффициент сходства ниже 0,5 и уникальности от 20 % снижается резко и стремится к 0.

На рис. 2 представлена зависимость коэффициента сходства от уникальности аутентификационной последовательности образа геометрии лица (сходство между собой).

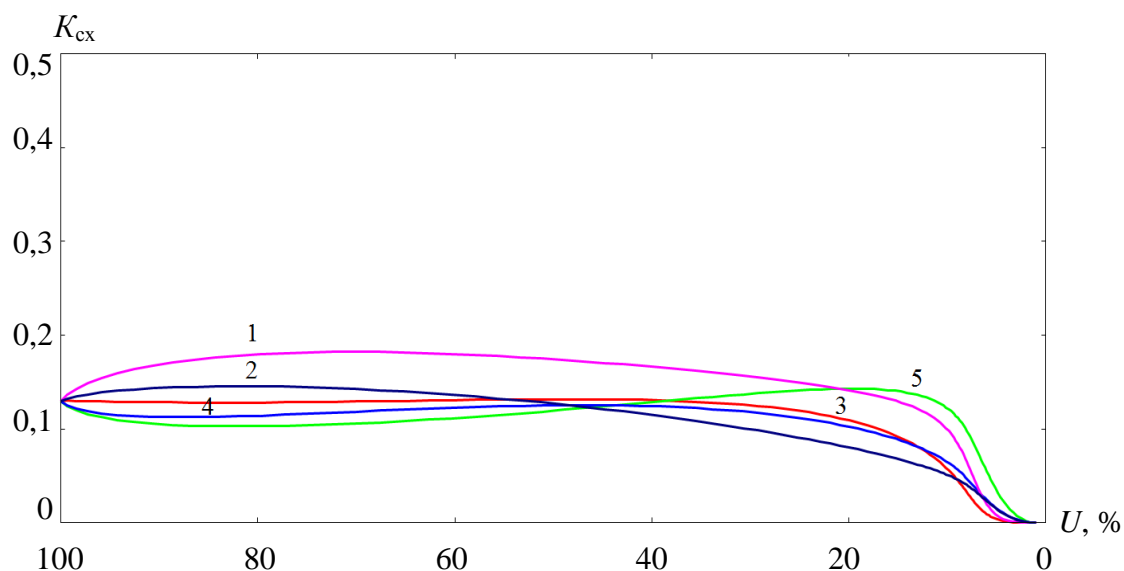


Рис. 2. Зависимость коэффициента сходства от уникальности аутентификационной последовательности образа геометрии лица (сходство между собой)

Анализ результатов (рис. 2) показал:

1. Коэффициент сходства максимален при 80 % уникальности. При уменьшении уникальности (то есть уменьшая разрешение) коэффициент сходства также уменьшается.

2. Коэффициент сходства от 80 % уникальности начинает плавно снижаться до 20 %.

3. Коэффициент сходства ниже 0,8 и уникальности от 20 % снижается резко и стремится к 0.

На рис. 3 представлена зависимость коэффициента сходимости (усреднённая) от уникальности аутентификационной последовательности образа геометрии лица.

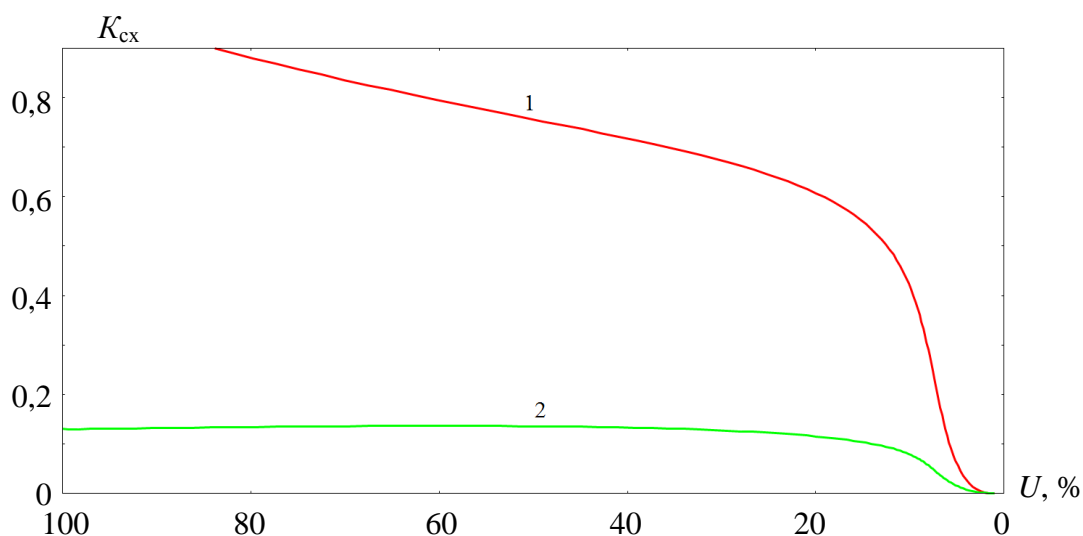


Рис. 3. Зависимость коэффициента сходства (усреднённая) от уникальности аутентификационной последовательности образа геометрии лица:
1 – сходство самого с собой; 2 – сходство между собой

Анализ результатов (рис. 3) показал: размер образа в самой нижней точке сходимости находится в пределах 12 кБ и обладает 4-мя признаками. Таким образом, для процедуры аутентификации на основе геометрии лица минимальным уровнем уникальности является 7 % и минимальное количество признаков для сравнения равно 4.

Анализ зависимостей позволяет сделать выводы:

1. Коэффициент сходства плавно снижается до 0,6; при снижении объема цифрового файла – практически на 80 %.
2. Коэффициент сходства резко падает от уровня 0,6 практически до нуля при дальнейшем снижении объема цифрового файла.
3. При заданном коэффициенте сходства можно определить оптимальный (достаточный) объем цифрового файла.

Литература

1. *Шугуров, Д.Е. и др.* Методы и протоколы аутентификации. Орел: Академия ФСО России, 2013. 219 с.
2. *Урмаев О.С., Босов А.В.* Реализация концепции многофакторной биометрической идентификации в интегрированных аналитических системах // Бизнес и безопасность в России. 2008. № 49. С. 104-105.
3. *Стародубцев Ю.И., Коцыняк М.А., Дементьев В.Е.* Комплексная защита информации в локальных вычислительных сетях. СПб.: ВАС, 2010. 476 с.
4. *Bay H., Tuytelaars T., Van Gool L.* SURF: Speeded up robust features. In ECCV, 2006.
5. *ГОСТ Р ИСО/МЭК 19794-2-2005.* Автоматическая идентификация. Идентификация биометрическая. Форматы обмена биометрическими данными. Часть 2. Данные изображения отпечатка пальца.
6. *ГОСТ Р ИСО/МЭК 19794-4-2006.* Автоматическая идентификация. Идентификация биометрическая. Форматы обмена биометрическими данными. Часть 4. Данные изображения отпечатка пальцев.
7. *ГОСТ Р ИСО/МЭК 19794-5-2006.* Автоматическая идентификация. Идентификация биометрическая. Форматы обмена биометрическими данными. Часть 5. Данные изображения лица.
8. *ГОСТ Р ИСО/МЭК 19794-6-2006.* Автоматическая идентификация. Идентификация биометрическая. Форматы обмена биометрическими данными. Часть 6. Данные изображения радужной оболочки глаза.