



УДК 004.934.8:159.9.072.52

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕЧЕВОГО ПРОФАЙЛИНГА****INFORMATION TECHNOLOGY OF SPEECH PROFILING****В.В. Савченко, Д.Ю. Акатьев****V.V. Savchenko, D.Yu. Akatyev**

Нижегородский государственный лингвистический университет им Н.А.Добролюбова  
Россия, 603155, Нижний Новгород, ул. Минина, 31А

Nizhniy Novgorod state linguistic university of N.A. Dobrolyubov, 31A Minina st, Nizhniy Novgorod,  
603155, Russia

e-mail: svv@lunn.ru

**Аннотация**

На основе теоретико-информационного подхода ставится и решается задача разработки и исследования новой технологии бесконтактного профайлинга по данным фонетического анализа речи тестируемого лица. Рассмотрено ее программное обеспечение, поставлен и проведен натурный эксперимент. Показано, что главными преимуществами речевого профайлинга по сравнению с его аналогами являются полная автоматизация, оперативность и безусловная приватность процедуры тестирования – в расчете на массового пользователя и широкое практическое применение.

**Abstract**

Based on information-theoretical approach is posed and solved the problem of development and research of new contactless profiling technologies according to the phonetic analysis of speech of the tested person. The software is considered and the full-scale experiment is set and fulfilled. It is shown that the main advantages of voice profiling compared to its counterparts are full automation, efficiency and absolute privacy of testing procedures aimed at an ordinary user and a wide practical application.

**Ключевые слова:** профайлинг, речевой профайлинг, анализ речи, речевой сигнал, речевые технологии, проблема малых выборок, теоретико-информационный подход.

**Keywords:** profiling, voice profiling, speech analysis, speech signal, speech technology, problem of small samples, information-theoretical approach.

**Введение**

Под "профайлингом" (от англ. profile – профиль, профилирование) специалисты понимают [Кузьмина, 2016; Пелюх, 2013] совокупность психологических методов и методик оценки и прогнозирования поведения человека на основе анализа информативных признаков вербального и невербального характера. На протяжении многих лет профайлинг применяется в мире в качестве мощного средства борьбы с терроризмом и преступностью. Причем, в последние годы область его практического применения стала существенным образом расширяться, в частности, по направлению создания новых систем и технологий управления [Марцева, 2014]. Известны также попытки специалистов [Потапова, 2015; Родькина, Никольская, 2016] использовать профайлинг в целях обеспечения личной безопасности граждан. Однако в данном направлении существует ряд серьезных ограничений, главным образом, этического и юридического характера. Согласно действующему в России законодательству граждане имеют право на приватность своей личной жизни. А это принципиальным образом ограничивает [Сказывалова, Васкэ, 2016] распространение на практике инструментальных методов профайлинга, основанных на детекторе лжи. Поиску путей преодоления указанной проблемы на основе речевой технологии профайлинга в расчете на его широкое применение и посвящена настоящая статья. В основу проведенного



далее исследования положена известная [Савченко, Васильев, 2014а, б; Лебедева, Каримова, 2014] взаимозависимость между психоэмоциональным состоянием личности и фонетическим качеством ее речи в его строгом, теоретико-информационном определении [Savchenko V.V., Savchenko A.V, 2016; Savchenko, 2015].

### 1. Постановка задачи

Современные методы фонетического анализа речи основываются [Савченко, Васильев, 2014] на последовательном членении речевого сигнала на короткие (10-15 мс) сегменты ( $n$ -векторы) данных  $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  длиной в одну минимальную (не членимую более) речевую единицу (МРЕ) и на их последующем сопоставлении по тонкой структуре, в частности, в спектральном представлении [Savchenko, 2015], с существующими эталонами. Главной проблемой здесь является выбор и обоснование используемого множества фонетических эталонов  $\{x_r^*\}$ . Ее принципиальным решением может служить [Савченко, Васильев, 2014] задание каждой отдельной МРЕ не одним, а одновременно несколькими допустимыми образцами (аллофонами)  $\mathbf{x}_{r,j}$ ,  $j = \overline{1, J_r}$ , где  $r = \overline{1, R}$ , а  $R$  – объем фонетической базы данных. При этом каждый конкретный диктор в процессе речеобразования выбирает для себя наиболее удобный и достижимый вариант  $\mathbf{x}_{r,j}$  эталонного произношения.

Одновременно становится понятным и собственно критерий качества формируемого (на выходе речевого тракта диктора) сигнала: он должен войти в границы  $J_r$  - множества вариантов рассматриваемой МРЕ  $X_r$  как полноправный,  $(J_r + 1)$ -й его элемент. Задача переходит, в таком случае, в сугубо предметную плоскость: сначала по каждой из МРЕ требуется сформировать множество (кластер) ее допустимых образцов – на этапе обучения диктора. И после этого в процессе речеобразования тестировать текущий сигнал  $\mathbf{x}$  согласно правилу близости

$$J_r^{-1} \sum_{j=1}^{J_r} \rho(\mathbf{x} / \mathbf{x}_{r,j}) \leq \rho_0 \quad (1)$$

в некоторой метрике  $\rho(\mathbf{x} / \mathbf{x}_{r,j})$ . При достаточной степени малости порогового уровня  $\rho_0$  и выполнении требования (1) качество речи диктора на фонетическом уровне можно оценить как достаточно высокое. И, наоборот, при нарушении данного требования соответствующая (текущая) МРЕ должна быть забракована наблюдателем (условным слушателем) как ошибка речеобразования.

### 2. Информационный критерий качества

Отметим важную отличительную особенность правила (1): в каждый момент времени решение может быть принято в пользу либо одной, либо двух, а вообще говоря, и нескольких МРЕ из используемой диктором фонетической базы данных  $\{X_r\}$ ; либо вообще не принято – для сигналов  $\mathbf{x}$  нечеткой (маргинальной) структуры. И это точно соответствует теории и практике речеобразования [Информационная система, 2013]: в ней не исключаются сбои и, как их результат, брак.

В вычислительном отношении проще, однако, задаться аналогичным (1) условием [Савченко, Васильев, 2014]

$$\rho_r(\mathbf{x}) \leq \rho_0 \quad (2)$$

в отношении расстояния от сигнала  $\mathbf{x}$  до «центра массы» рассматриваемого кластера:



$$x_r^* = x_{r,v} : J_r^{-1} \sum_{j=1}^{J_r} \rho(x_{r,j} / x_{r,v}) = \min_{i \leq J_r} J_r^{-1} \sum_{j=1}^{J_r} \rho(x_{r,j} / x_{r,i}) = \rho_r^* \tag{3}$$

В режиме реального времени (в процессе восприятия речи) вместо  $J_r \gg 1$  расстояний из (1) здесь вычисляется только одно расстояние  $\rho_r(x) = \rho(x / x_r^*)$  в пределах кластера  $X_r$ : до его центра  $x_r^*$  (символом  $\overset{\Delta}{=}$  обозначено равенство по определению). Указанный центр – это обобщенный эталон данного кластера, или эталон соответствующей фонемы. А множество таких эталонов  $\{x_r^*\}$  – экономный способ задания фонетической базы данных конкретной личности. В информационной теории [Savchenko V.V., Savchenko A.V, 2016] в роли расстояний между аллофонами в (3) используются величина информационного рассогласования по Кульбаку-Лейблеру [Kullback, 1997], которая, как известно [Savchenko, 2016], наилучшим образом сочетается с нормативными аудиторскими оценками ФКР.

Нетрудно заметить, что в рамках информационной модели (2) ФКР диктора в количественном отношении может быть охарактеризовано величиной  $\rho_r^*$  из правой части выражения (3). Указанная величина - это средний радиус фонетического кластера  $X_r$ , который в нашем случае используется для оценки вариативности одноименной МРЕ. При ее увеличении в процессе речеобразования можно говорить об ухудшении ФКР за счет увеличения вариативности речи диктора. При уменьшении  $\rho_r^*$  фонетическое качество, напротив, улучшается – за счет повышения степени однородности речевых единиц в пределах одного речевого потока.

Таким образом, в форме выражения (3) определяется информационный критерий ФКР по конечному набору образцов г-й МРЕ. Его практическая реализация в принципиальном отношении не вызывает никаких проблем, о чем подробно сказано в работах по фонетическому декодированию речи [Savchenko V.V., Savchenko A.V, 2016; Savchenko, 2016]. Отталкиваясь от их рекомендаций, далее на основе критерия (3) предлагается технология профайлинга принципиально нового типа – по конечному фрагменту устной речи диктора. Его программная реализация в своем пилотном варианте базируется на авторском программном решении "Voice Self-Analysis" [Савченко В.В., 2017].

### 3. Программная реализация

Главное окно программы показано на рис. 1.

Показатель текущего ФКР из выражения (3) формируется (оценивается) в программе в режиме скользящего окна – в пределах отрезка речевого сигнала  $x$  ограниченной (20 сек.) длительности (см. нижнюю временную диаграмму в ее главном окне). На экран компьютера этот показатель выводится в своем относительном (процентном) выражении

$$\delta_r = 100 / (1 + \rho_r^*), \% \tag{4}$$

График в верхней части окна отображает динамику ФКР от одного отрезка речевого сигнала к другому в процессе чтения диктором контрольного текста. Для анализа ФКР в программе используются шесть гласных звуков русской речи (случай R=6), а именно: "А", "О", "У", "И", "Ы" и "Э" – как наиболее информативные среди всех других МРЕ в акустико-артикуляционном смысле [Родькина, Никольская, 2016; Савченко, Васильев, 2014].

Индикатор в правой части окна (рис. 1) предназначен для автоматической фиксации успеха в процессе непрерывного чтения диктором контрольного текста (см. соответствующее сообщение в средней части рисунка). В программе данное событие определяется на интервале в три последних отрезка речевого сигнала, суммарной длительностью 1 мин. – по допустимой (в рассматриваемом случае на уровне 10%)

амплитуде колебаний показателя ФКР в динамике. Отметим, что 1 мин. – это минимально возможное время работы пользователя с программой, если психокоррекция ему не требуется. Во всех других случаях процедура была ограничена по времени интервалом в 100 сек. (5 последовательных отрезков речевого сигнала). При этом минимум ФКР фиксировался, как правило, в самом начале периода чтения текста диктором, когда последний был недостаточно хорошо настроен. Что же касается максимума ФКР, то его положение во времени сильно варьировалось у разных студентов в зависимости от их психоэмоционального состояния. Отметим, что зафиксированные на рис. 1 абсолютные значения показателя характеризуют индивидуальные особенности конкретной личности.

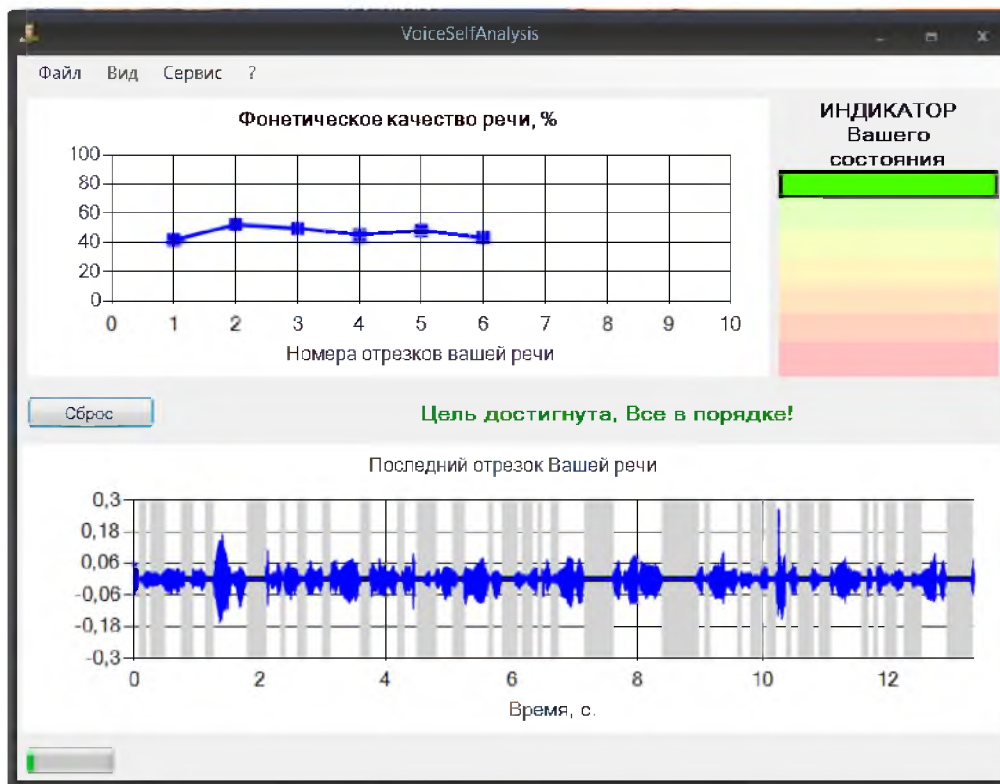


Рис. 1. Главное окно программы  
Fig. 1. Main window of the program

При проведении эксперимента длительность всех отрезков (рис. 1) была установлена равной 20 сек. При частоте дискретизации сигнала 8 кГц это дало 160 тысяч отсчетов на один отрезок, или не менее  $L=80$  тысяч отсчетов (50 %) в расчете на гласные звуки. В пересчете к каждой из гласных на интервале квазистационарности речевого сигнала (10-15) мс в среднем получаем порядка 100 ее аллофонов ( $J \geq 100$ ) на каждый отрезок. В таком случае точность оценки информационного показателя (4) может быть охарактеризована [Савченко, 2015] погрешностью измерений порядка 10 % на уровне значимости 0,1 и ниже, что очень неплохо при заданной длительности одного отрезка речевого сигнала. По существу, это означает успешное преодоление острейшей в задачах автоматической обработки речи [Savchenko, 2015] проблемы малых выборок. Эффективность рассмотренной технологии исследуется далее экспериментальным путем.

#### 4. Программа и методика экспериментального исследования

Для экспериментальных исследований была сформирована контрольная группа дикторов из 52 студентов с первого по четвертый курсы бакалавриата Нижегородского государственного лингвистического университета (НГЛУ). Каждым из них трижды подряд (в три сеанса или три попытки с минимальными интервалами между ними) был прочитан один и тот же художественный текст – из первой главы романа А.С. Пушкина "Евгений Онегин" –



в объеме, достаточном для достижения успеха, но не превышающем 1000-1200 печатных знаков. В итоге объем экспериментальной выборки в сумме составил 156 наблюдений. Известно [Савченко, 2015а, б], что для большинства задач статистической обработки информации этого вполне достаточно для получения точных и надежных оценок с доверительной вероятностью 0,9 и выше.

Результаты экспериментального исследования фиксировались наблюдателями в виде времени, затраченного каждым студентом на достижение успеха при работе с программой, его финального в каждом сеансе значения показателя ФКР, а также пульса студента – до и после эксперимента – в качестве характеристики степени напряженности его психологического состояния.

Все вычисления в дальнейшем проводились на современном ноутбуке Asus N61D, 4 Гбайт ОЗУ, Windows 10. Кроме того, использовался комплекс специальных аппаратных и программных средств, в том числе внешний микрофон Sony и пульсометр марки Xiaomi Mi Band 2. Частота дискретизации встроенного АЦП была установлена равной 8 кГц – это ее стандартное значение при обработке речевого сигнала в расчете на стандартный телефонный канал связи. Полученные результаты отражены и обсуждаются в следующем разделе.

### 5. Основные результаты

На рис. 2 показаны три гистограммы распределения студентов по категориям – в зависимости от длительности их сеансов работы с программой. Здесь номера категорий расставлены пропорционально времени достижения студентом успеха в его относительном выражении: 1-я категория – минимум времени (3 последовательных отрезка речевого сигнала, или 1 мин.), 2-я категория – 4 отрезка, или 1 мин. 20 сек. и, наконец, 3-я категория – 1 мин. 40 сек. – максимальная длительность одного сеанса. Отметим, что гистограммы для разных сеансов довольно сильно разнятся между собой.

Из рисунка видно, что по мере увеличения числа попыток (сеансов) работы с программой доля студентов первой категории неуклонно уменьшается. А доли второй и, особенно, третьей категории, напротив, увеличиваются. Это явный признак накопления студентами усталости и снижения концентрации их внимания в процессе непрерывного чтения. Из этого факта можно заключить, что степень утомляемости студентов, точнее, скорость, с которой она повышается, существенным образом зависит от их текущих психоэмоциональных состояний: в напряженном состоянии утомляемость студентов нарастает быстрее.

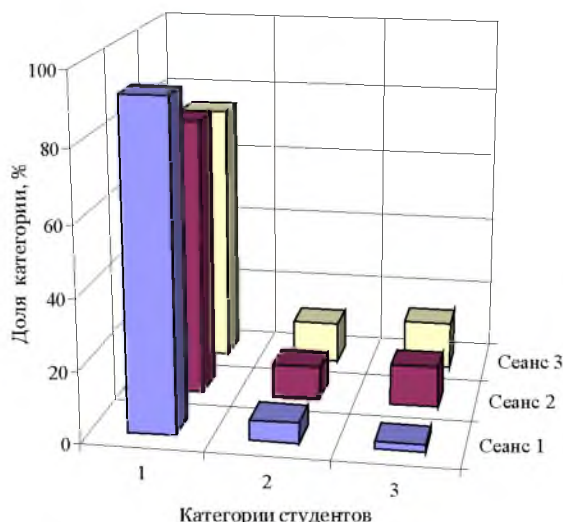


Рис. 2. Гистограммы распределения студентов по времени достижения успеха в трех разных сеансах  
 Fig. 2. Histograms of student distribution according to time of success in three different sessions

Данный эффект имеет прямое отношение к идее речевого профайлинга [Савченко, 2017]. Поэтому он и был выбран в качестве предмета экспериментального исследования на втором этапе. И полученные результаты в полной мере подтвердили выдвинутую выше гипотезу. Это следует, в частности, из представленных на рис. 3 а) и б) двух скриншотов экрана ноутбука: с временными диаграммами ФКР двух типичных студентов с относительно высокой и с низкой степенью волнений соответственно. Из их сопоставления хорошо видно, что признак отрицательного тренда в динамике ФКР явно коррелирует с высокой степенью волнений студента в процессе его тестирования. Тестируя речевой сигнал по знаку тренда ФКР в динамике, исследователь может с определенной уверенностью судить о текущем психоэмоциональном состоянии диктора.

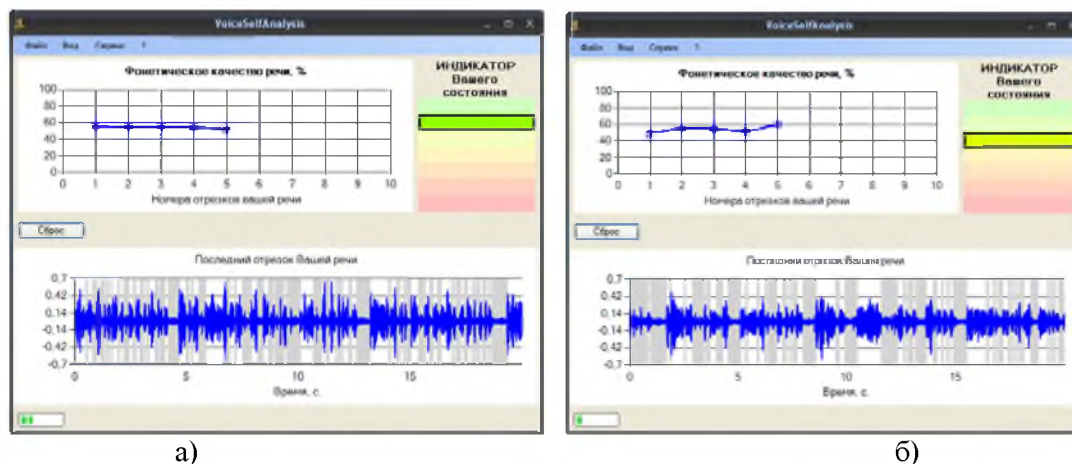


Рис. 3. Динамика ФКР для двух студентов: с пульсом 86 (а) и 65 (б) ударов в минуту  
Fig. 3. Dynamics of FKR for two students: with a pulse of 86 (a) and 65 (b) beats per minute

Таким образом, признаком возбужденного психологического состояния тестируемого лица может служить отрицательный тренд его ФКР в динамике. Согласимся, это ценный довод в обоснование речевого профайлинга.

Отметим при этом устойчивость данного признака в ее строгом, статистическом смысле [Савченко, 2015]. Она была далее подтверждена экспериментально – с использованием двух связанных бинарных выборок объема 156 каждая (по числу проведенных тестирований). Они были сформированы из исходного статистического ряда данных согласно двум признакам: 1) пульс студента  $A=0 \setminus 1$  (меньше или больше 72 ударов в минуту) и 2) динамика его ФКР  $B=0 \setminus 1$  (неотрицательная или отрицательная). Здесь символом ( $\setminus$ ) обозначена функция выбора "ИЛИ".

Полученные выборки отражены в таблице сопряженности рассматриваемых признаков ниже. По ней был вычислен в дальнейшем коэффициент фи-сопряженности Пирсона  $\varphi_{AB} = (26 \times 19 - 2 \times 3) / \sqrt{29 \times 21 \times 28 \times 22} \approx 0,76$  в роли выборочного коэффициента корреляции [Muller et al, 1976] двух бинарных последовательностей. Полученный результат 0,76 – это свидетельство высокой степени взаимной коррелированности двух признаков и одновременно строгое теоретическое обоснование валидности речевого профайлинга. А его надежность может быть охарактеризована вероятностью совпадения признаков у разных студентов  $P_{AB} = P(A=0|B=0) + P(A=1|B=1) = (99 + 38) / 152 \approx 0,90$  в пределах представительной контрольной группы дикторов. Как видим, указанное совпадение – это практически достоверное [Савченко, 2015а, б] событие.

Таблица  
Table

Таблица сопряженности признаков  
Contingency table of characteristics

Признак B	Признак A		Итого
	0	1	
0	99	7	106
1	8	38	46
Итого	107	45	152



Еще один важный вывод по данным рис. 3 имеет непосредственное отношение к практике речевого профайлинга: для автоматической регистрации отрицательного тренда в динамике ФКР (рис. 3) требуется время порядка 1 мин. Это не выглядит обременительным не только в задачах личного профилирования, но и в приложении к системам антитеррора с большими группами тестируемых лиц [Пелюх. 2013].

### Заключение

Специалистам хорошо известно [Ушакова, 2012] о существовании жесткой взаимозависимости между акустическим (фонетическим) качеством устной речи диктора и его текущим психоэмоциональным состоянием. В нормальном состоянии человек говорит внятно, разборчиво и в узнаваемом для окружающих ключе. Фонетическое качество его речи в таком случае находится на достаточно высоком уровне. Однако в результате волнений, стрессов или снижения концентрации внимания его состояние ухудшается, а речь мгновенно утрачивает свои акустические свойства. Поэтому, измеряя в текущем времени фонетическое качество речи некоторой личности, мы опосредованно получаем часто скрытую информацию в отношении ее текущего психоэмоционального состояния с целью, например, выявления подозрительных людей в задачах борьбы с терроризмом. В указанном эффекте и реализуется идея речевого профайлинга [Савченко, 2017]. Ее актуальность для самых разных сфер человеческой деятельности, включая область обеспечения общественной безопасности, представляется очевидной. Оператор в данном случае даже не предусмотрен, диктор читает контрольный текст в режиме монолога. Вся процедура полностью автоматизирована и осуществляется бесконтактным способом, ее результаты носят принципиально закрытый характер. Сказанное в корне отличает речевой профайлинг от его известного прототипа: голосового профайлинга, в частности, по технологии GK-1 [Разъяснения пресс-службы, 2017]. Последняя осуществляется в диалоге "вопрос – ответ" между человеком-оператором и тестируемым лицом. Как следствие, процедура растягивается до десяти минут и более, а ее правовое обеспечение, как известно [Сказывалова, Васкэ, 2016], до сих пор отсутствует.

Таким образом, основное преимущество речевого профайлинга по сравнению с его аналогами состоит в высокой степени оперативности процедуры принятия решений (порядка 1 мин.) при соблюдении приватности для подавляющего большинства лиц, которые не вызвали подозрений по результатам проведенного тестирования. Поэтому разработанную технологию можно рекомендовать для самого широкого применения в области обеспечения не только общественной, но и личной безопасности граждан. К числу перспективных направлений можно отнести и область детской педагогики и психологии, где ранняя наркомания, нервные срывы и стрессы в последние годы стали источником множества проблем психологического характера среди учащихся.

Представленная работа выполнена согласно открытому плану лаборатории междисциплинарных исследований при НГЛУ. Авторы выражают благодарность своим коллегам доцентам О.Я. Родькиной и В.А. Никольской за помощь в подготовке и сборе экспериментального материала.

### Список литературы References

1. Информационная система тестирования эмоционального состояния личности по голосу: Программа для ЭВМ. А.В. Савченко, В.В. Савченко, Д.Ю. Акат'ев, И.В. Губочкин. Роспатент: по заявке № 2013611003 от 09.01.2013.

Informatsionnaya sistema testirovaniya emotsional'nogo sostoyaniya lichnosti po golosu: Programma dlya EVM. A.V. Savchenko, V.V. Savchenko, D.Yu. Akat'ev, I.V. Gubochkin. Rospatent: po zayavke № 2013611003 ot 09.01.2013. (in Russian)

2. Кузьмина А.Н. 2016. Профайлинг в деятельности органов внутренних дел. Прикладная психология и педагогика. 3(1): 4.



Kuz'mina A.N. 2016. Profayling v deyatelnosti organov vnutrennikh del. Prikladnaya psikhologiya i pedagogika. 3(1): 4. (in Russian)

3. Лебедева Н.Н., Каримова Е.Д., 2014. Акустические характеристики речевого сигнала как показатель функционального состояния человека. Успехи физиологических наук. 1(45): 57-95.

Lebedeva N.N., Karimova E.D., 2014. Akusticheskie kharakteristiki rechevogo signala kak pokazatel' funktsional'nogo sostoyaniya cheloveka. Uspekhi fiziologicheskikh nauk. 1(45): 57-95. (in Russian)

4. Марцева Т.Г. 2014. Коммерческий профайлинг как технология управления. Общество и право. 2(48): 292-294.

Martseva T.G. 2014. Kommercheskiy profayling kak tekhnologiya upravleniya. Obshchestvo i pravo. 2(48): 292-294. (in Russian)

5. Пелюх Е.И., 2013. Профайлинг как современное направление обеспечения транспортной безопасности. Вестник Белгородского юридического института МВД России. 2: 81-84

Pelyukh E.I., 2013. Profayling kak sovremennoe napravlenie obespecheniya transportnoy bezopasnosti. Vestnik Belgorodskogo yuridicheskogo instituta MVD Rossii. 2: 81-84. (in Russian)

6. Потапова А.П., 2015. Профайлинг в обеспечении безопасности личности. в сб. "Риск и безопасность: социально психологические аспекты". Екатеринбург: изд-во Гуманитарного университета, 116-119.

Potapova A.P., 2015. Profayling v obespechenii bezopasnosti lichnosti. v sb. "Risk i bezopasnost': sotsial'no psikhologicheskie aspekty". Ekaterinburg: izd-vo Gumanitarnogo universiteta, 116-119. (in Russian)

7. Разъяснения пресс-службы группы Ист Лайн по поводу использования технологии голосового профайлинга GK-1. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://transport.ru/1/1/i77\\_18884p0.htm](http://transport.ru/1/1/i77_18884p0.htm). (дата обращения 12.04.2017 г.).

Raz'yasneniya press-sluzhby gruppy Ist Layn po povodu ispol'zovaniya tekhnologii golosovogo profaylinga GK-1. [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: [http://transport.ru/1/1/i77\\_18884p0.htm](http://transport.ru/1/1/i77_18884p0.htm). (data obrashcheniya 12.04.2017 g.). (in Russian)

8. Родькина О.Я., Никольская В.А., 2016. К проблеме распознавания психоэмоционального состояния человека по речи с использованием автоматизированных систем. Информационные технологии. 10(22): 728-733.

Rod'kina O.Ya., Nikol'skaya V.A., 2016. K probleme raspoznavaniya psikhoemotsional'nogo sostoyaniya cheloveka po rechi s ispol'zovaniem avtomatizirovannykh sistem. Informatsionnye tekhnologii. 10(22): 728-733. (in Russian)

9. Савченко В.В., 2017. Речевой профайлинг. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sites.google.com/site/frompldcreators/technologies> (дата обращения 12.04.2017 г.).

Savchenko V.V., 2017. Rechevoy profayling. [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <https://sites.google.com/site/frompldcreators/technologies> (data obrashcheniya 12.04.2017 g.). (in Russian)

10. Савченко В.В., Васильев Р.А., 2014. Анализ эмоционального состояния диктора по голосу на основе фонетического детектора лжи. Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. 21(192): 186-195.

Savchenko V.V., Vasil'ev R.A., 2014. The analysis of the emotional condition of the announcer on the voice on the basis of the phonetic lie detector. Nauchnye vedomosti BelGU. Istoriya. Politologiya. Ekonomika. Informatika. [Belgorod State University Scientific Bulletin. History Political science Economics Information technologies]. 21(192): 186-195. (in Russian)

11. Савченко В.В., Васильев Р.А., 2014. Результаты экспериментального исследования фонетического детектора лжи: В сб. «Материалы 4-й Всероссийской НТК «Информационно-измерительные и управляющие системы военной техники». г. Владимир, 13-14 ноября 2014 г. М., Изд-во РАН: 139-141.

Savchenko V.V., Vasil'ev R.A., 2014. Rezul'taty eksperimental'nogo issledovaniya foneticheskogo detektora lzhi: V sb. «Materialy 4-y Vserossiyskoy NTK «Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy voennoy tekhniki». g. Vladimir, 13-14 noyabrya 2014 g. M., Izd-vo RARAN: 139-141. (in Russian)

12. Савченко В.В., 2015. Определение объема контрольной выборки в условиях априорной неопределенности по принципу гарантированного результата. Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. 1(198): 74-78.

Savchenko V.V., 2015. The determination of sample size in conditions of a priori uncertainty on the principle of guaranteed result. Nauchnye vedomosti BelGU. Istoriya. Politologiya. Ekonomika. Informatika.





[Belgorod State University Scientific Bulletin. History Political science Economics Information technologies]. 1(198): 74-78. (in Russian)

13. Савченко В.В., 2015. Новая концепция программного обеспечения статистической обработки информации на основе прогностической функции теории вероятностей Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. 7(204): 84-88.

Savchenko V.V., 2015. The new concept of the software of statistical information processing on the basis of predictive function of probability theory. Nauchnye vedomosti BelGU. Ekonomika. Informatika. [Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics Information technologies]. 7(204): 84-88. (in Russian)

14. Сказывалова Н.Р., Васкэ Е.В., 2016. Проблема достоверности результатов, полученных в ходе исследования личности на детекторах лжи. В сб.: "Современные проблемы права". Нижний Новгород, изд-во НИУ им. Н.И. Лобачевского. 218-222.

Skazyvalova N.R., Vaske E.V. 2016. Problema dostovernosti rezul'tatov, poluchennykh v khode issledovaniya lichnosti na detektorakh lzhi. V sb.: "Sovremennye problemy prava". Nizhniy Novgorod, izd-vo NIU im. N.I. Lobachevskogo. 218-222. (in Russian)

15. Ушакова Т.Н., 2012. Взаимодействие психологического и физиологического в речи человека. Психологический журнал. 3(33): 5-16.

Ushakova T.N., 2012. Vzaimodeystvie psikhologicheskogo i fiziologicheskogo v rechi cheloveka. Psikhologicheskii zhurnal. 3(33): 5-16. (in Russian)

16. Kullback S., 1997. Information theory and statistics: Dover Publications. New York, 399.

17. Muller P.H., Neumann P., Storm R., 1973. Tafeln der mathematischen Statistik. Leipzig, VEB Fachbuchverlag, 279.

18. Savchenko V.V., Savchenko A.V., 2016. Information Theoretic Analysis of Efficiency of the Phonetic Encoding–Decoding Method in Automatic Speech Recognition. Journal of Communications Technology and Electronics. 4(61): 430-435.

19. Savchenko V.V., 2015. The Principle of the Information-Divergence Minimum in the Problem of Spectral Analysis of the Random Time Series Under the Condition of Small Observation Samples. Radiophysics and Quantum Electronics. 5(58): 373-379.

20. Savchenko V.V., 2016. Enhancement of the Noise Immunity of a Voice-Activated Robotics Control System Based on Phonetic Word Decoding Method. Journal of Communications Technology and Electronics. 12(61): 1374-1379.