

УДК 004.2

В.Ю. Будков, А.И. Савельев, Д.А. Вольф

## Методика исследования параметров речевого сигнала, отражающих истинность передаваемой информации

Выполнен обзор существующих методов диагностики истинности передаваемой информации. Сделан вывод о целесообразности реализации подобных методов в полимодальных инфокоммуникационных системах. Исследованы параметры речевого сигнала, отражающие истинность передаваемой информации, и определены правила принятия решения в автоматической системе диагностики. Приведены результаты тестирования испытуемого с использованием разработанной методики.

**Ключевые слова:** речевой сигнал; оценка истинности передаваемых сообщений; детектор лжи; полимодальные инфокоммуникационные системы

**doi:** 10.21293/1818-0442-2016-19-2-56-60

Постоянно растущие психологические нагрузки на деятельность абонентов инфокоммуникационных систем делают процессы их коммуникации все более разнообразными и эмоционально напряженными. Несмотря на актуальность решения проблемы оценивания истинности передаваемого сообщения, в настоящее время надежных и эргономически эффективных методов автоматической оценки верности аудиоданных в соответствующих системах связи не реализовано [1–5].

Для определения ложности сообщаемой информации в настоящее время, как правило, используется полиграф (детектор лжи). В нем реализуется метод оценивания ложности сообщений на основе характера изменений психофизиологических реакций человека. При коммуникативном взаимодействии людей посредством полимодальных инфокоммуникационных систем (ПИКС) использование полиграфа практически невозможно ввиду того, что он является контактным методом и требует соблюдения определенных санитарных условий среды, в которой проводится исследование, наличия согласия у абонента, а также отсутствия у него отклонений в состоянии здоровья [6, 7].

В [8] предложен метод контроля психофизической реакции человека, фиксирующий психофизическую реакцию человека при изменении электромагнитного поля в процессе коммуникации. Необходимость использования специализированного аппаратного комплекса и применения стимулирующего воздействия не позволяет использовать данный метод в инфокоммуникационных системах.

Степень искренности ответов пользователей может быть установлена на основе неинвазивной видеорегистрации параметров движений зрачков глаз в процессе вербальной коммуникации [9, 10]. Вывод об психофизическом возбуждении при сокрытии либо искажении информации делают на основе сравнения количества моргания, диаметра зрачка и площади фигуры с контрольными значениями. Применение указанного подхода в ПИКС является весьма затруднительным, так как требует использования видеоокулографа.

Оценка искренности (неискренности) говорящего может быть произведена группой экспертов (в количестве не менее 10 человек) на основе анализа фрагмента видеозаписи длительностью не менее 40–60 с [9]. Важным условием является знание экспертами основ выразительных движений человека [10, 11]. Вывод об искренности сообщенной информации делается путем установления соответствия комплекса выразительных движений (мимика, позы, жесты) интонации голоса испытуемого на основе коэффициента ранговой корреляции по Спирмену. Рассмотренный подход требует участия группы экспертов и не адаптирован к особенности невербального поведения отдельно взятого абонента, что значительно снижает точность результатов оценивания искренности.

Основной путь повышения точности бесконтактного определения истинности передаваемой информации лежит через создание метода, позволяющего индивидуализировать подход, выявлять наиболее информативные показатели поведения и адаптироваться к конкретному абоненту. Перспективность этого направления показана во многих научных исследованиях [12–16], а реализация подразумевает наличие специального программного обеспечения для определения наиболее информативных параметров невербального поведения абонента при полимодальном представлении передаваемой информации.

Учитывая тот факт, что основную долю трафика в ПИКС составляют речевые сообщения, оценивание истинности передаваемой информации должно осуществляться в первую очередь именно по ним. Так, например, в работе [17] рассматривается применение фрактальных мел-кепстральных коэффициентов (FrCC) для определения «обманчивой» речи на основе использования линейного дискриминантного анализа и скрытых марковских моделей для обучения классификатора. В работе [18] описан метод на основе анализа скорости речи, времени начала ответа, частоты и длительности пауз гезитации. В работе [19] приводится метод выявления «правдивой» и «обманчивой» речи на основе анализа нели-

нейных спектральных признаков, выделенных с использованием метода энергии Барка [20] по психоакустическим свойствам. Также в работе [21] предложен метод определения обмана за счет обработки речевого сигнала с использованием нелинейных динамических (LND) признаков и релевантной векторной машины (RVM) на основе разряженного байесовского обучения (SBL) для их классификации.

Таким образом, основной путь повышения точности оценивания истинности передаваемых речевых сообщений лежит через создание методик и программных средств их реализации, позволяющих индивидуализировать подход, осуществлять подстройку, выявлять наиболее информативные параметры речи человека в каждом отдельном случае, отражающие истинность передаваемой информации [22].

**Методика исследования параметров речевого сигнала**

Для выявления параметров речевого сигнала, отражающих истинность передаваемой информации, разработана специализированная методика, представленная на рис. 1, включающая следующие этапы:

1. Создание файлов обработки речевого сигнала:
  - 1) весовые функции  $h_c(t, k)$  и  $h_s(t, k)$  для систем фильтров;

- 2) весовая функция для одновременной маскировки  $W_0(k, k_i)$ , применяемая для выделения частотных областей сильной корреляции;

- 3) маски  $P_M(k, k_0)$  на основе функции  $W_0(k, k_i)$ .

2. Предварительная обработка речевого сигнала, включающая параллельную свертку речевого сигнала  $S(t)$  с весовыми функциями  $h_c(t, k)$  и  $h_s(t, k)$  системы фильтров.

3. Выделение параметров речевого сигнала, основанное на вычислении массивов значений интенсивностей  $I(t, k)$  и мгновенных частот  $F(t, k)$  фильтрованного речевого сигнала.

4. Выделение вокализованных участков речевого сигнала на основе:
  - 1) одновременной маскировки речевого сигнала;
  - 2) определения периодичности речевого сигнала на основе его свертки с набором масок;
  - 3) сегментации речевого сигнала на основе алгоритма выделения частоты основного тона (ЧОТ).

5. В проведенном исследовании в качестве критериев, отражающих истинность передаваемой речевой информации, использовались следующие параметры: наличие вокализации звуков, ЧОТ, интенсивность основного тона, динамика изменения ЧОТ, девиация ЧОТ, динамика изменения интенсивности основного тона, отношение интенсивности гармоник к интенсивности основного тона [22–25].

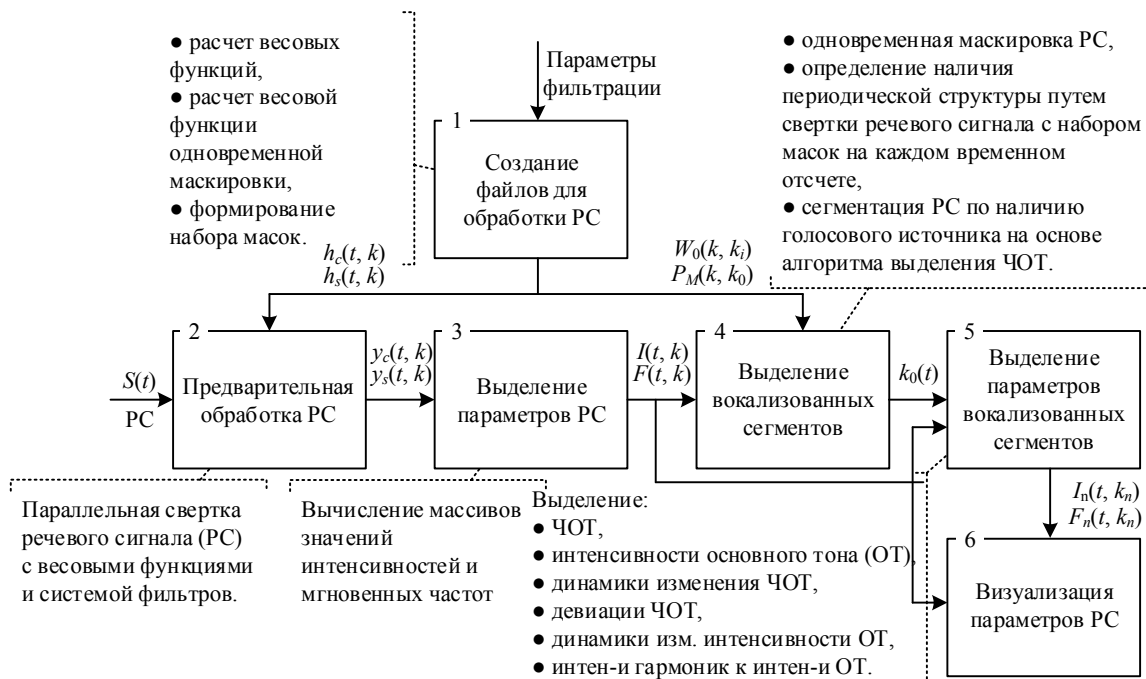


Рис. 1. Методика исследования параметров речи, отражающих истинность передаваемой информации

**Результаты исследования**

Исследование речевого сигнала производилось с использованием разработанного теста, в состав которого вошла следующая последовательность нейтральных (N)/ контрольных (C)/ значимых (I) вопросов, направленная на выявление причастности испытуемого к краже ноутбука.

- N1: «Вы родились в 1985?»
- C1: «Вы когда-нибудь брали без разрешения чужую вещь?»
- I1: «Вы украли ноутбук?»
- N2: «Вас зовут Максим?»
- C2: «Вы когда-либо нарушали закон?»
- I2: «Вы были у него дома?»

N3: «Вам 22?»

C3: «Вы когда-нибудь воровали?»

I3: «Вы украли ноутбук?»

N4: «Вы сегодня обедали?»

C4: «Вы когда-нибудь лгали с целью избежать проблем?»

I4: «Имеете ли вы какое-либо отношение к краже этого ноутбука?»

Из полученных результатов, частично представленных в таблице и на рис. 2 и 3, видно, что при ответе на нейтральные вопросы у испытуемого не возникает сильного эмоционального возбуждения, что позволяет представить паттерн реакции испытуемого абонента при сообщении истинной и ложной информации, и впоследствии сравнивать с ним реакции на контрольные и значимые вопросы (I1 сравнивается с C1, I2 сравнивается с C2, а I3 – с C3) по следующим правилам:

- 1) если различий в реакции нет, присваивается значение 0;
- 2) если различия в реакции заметные, ставится 1 балл;
- 3) если наблюдаются сильные различия в реакции, ставится 2 балла;
- 4) при очень выраженных различиях ставится 3 балла [6].

В случае если реакция на значимый вопрос сильнее, чем на контрольный, поставленный балл принимает отрицательное значение. И наоборот, если реакция на значимый вопрос слабее, чем на контрольный, ставится положительная оценка.

**Закономерности в характеристиках речевого сигнала при оценивании истинности передаваемых сообщений**

Ситуация	ЧОТ, Гц	Среднее значение ЧОТ, Гц	Девияция от среднего значения, Гц
Мужчина отвечает на нейтральные вопросы	120–140	130	10
Мужчина отвечает на значимые вопросы	120–150	135	15
Мужчина отвечает на контрольные вопросы	110–140	125	15
Женщина отвечает на нейтральные вопросы	200–240	220	20
Женщина отвечает на значимые вопросы	160–250	205	45
Женщина отвечает на контрольные вопросы	180–280	230	50

Общая оценка за тест выводится путем суммирования показателей, полученных по всем вопросам теста, и интерпретируется следующим образом:

- 1) от –6 и ниже – информация, сообщенная испытуемым, ложна;
- 2) от +6 и выше – информация, сообщенная испытуемым, истинна;
- 3) от –5 до +5 указывают на неопределенный результат в определении истинности сообщенной информации.

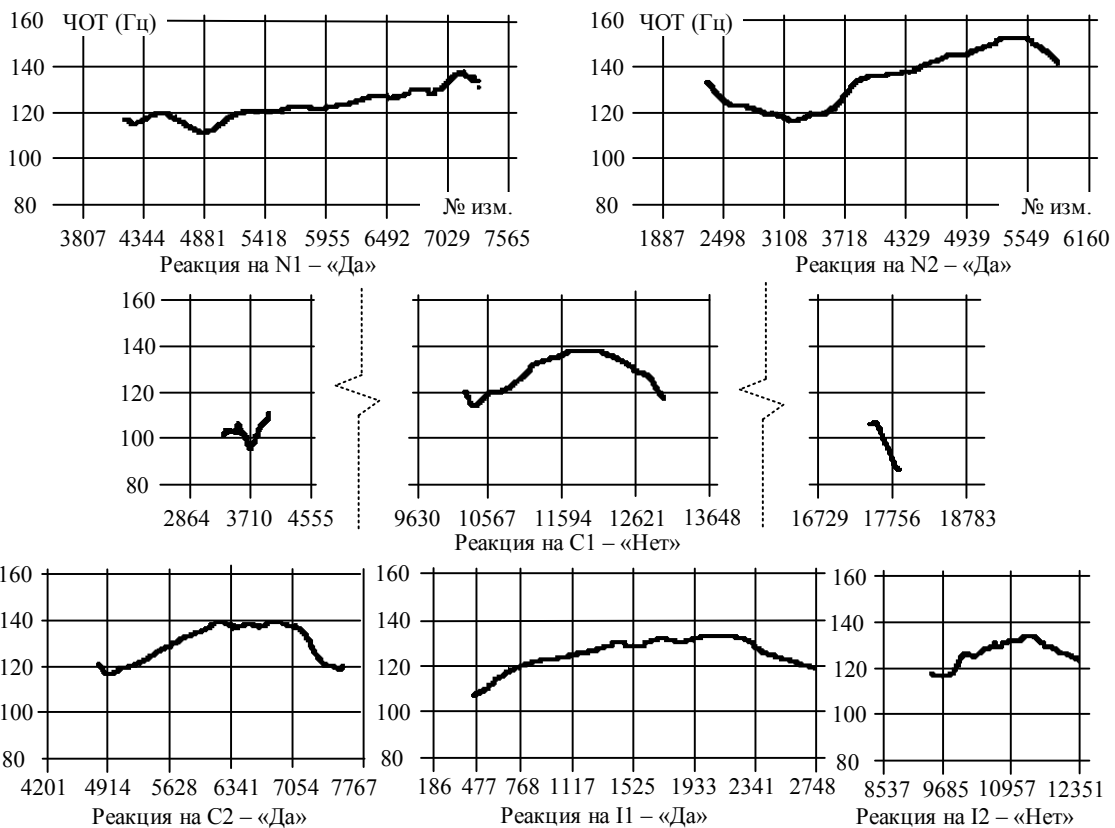


Рис. 2. Паттерны реакции испытуемого на первые 6 вопросов теста

В случае опроса испытуемого (рис. 3) видно, что реакция на С1 сильнее, чем на П1, следовательно, присваивается «+3». Реакция на С2 сильнее, чем на П2, присваивается «+3». Реакция на С3 такая же, как

и на П3, присваивается «0». В итоге получается «+6», что позволяет считать тест пройденным. Следовательно, испытуемый сообщал истинную информацию.

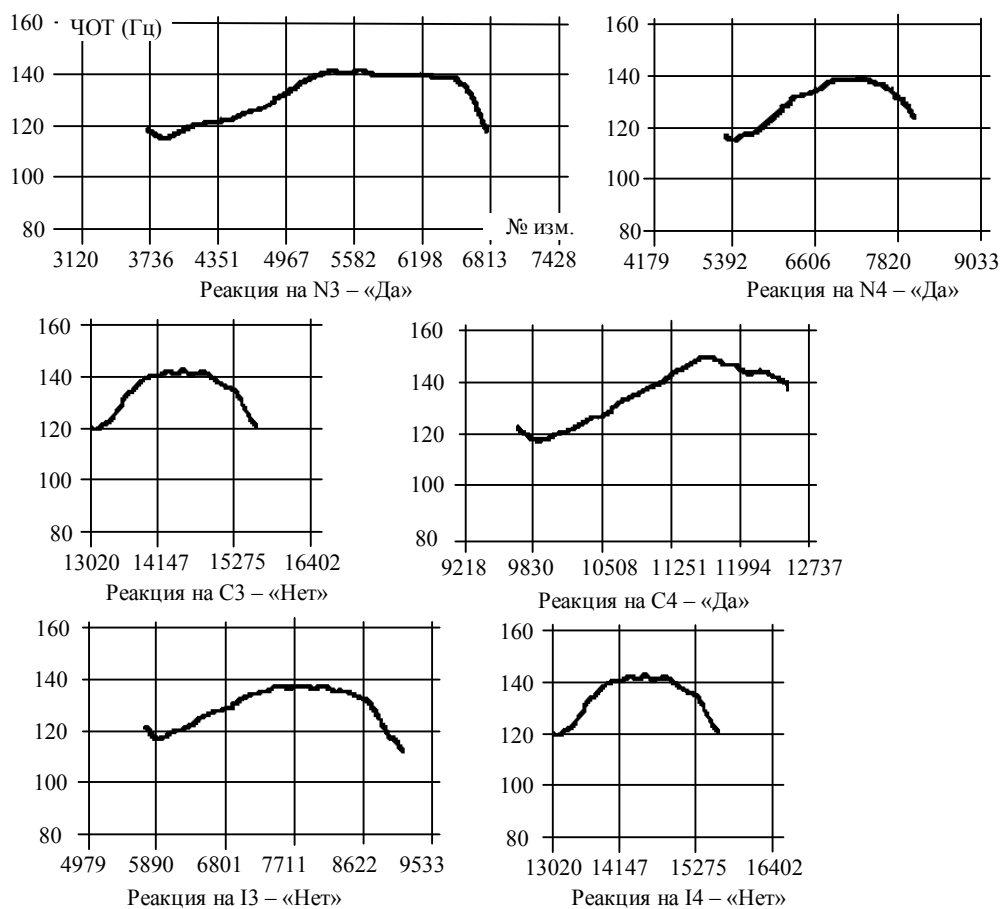


Рис. 3. Паттерны реакции испытуемого на вторые 6 вопросов теста

### Заключение

Полученные результаты свидетельствуют о возможности определения истинности переданной информации в режиме реального времени и в процессе межличностного общения между абонентами полимодальных инфокоммуникационных систем. В дальнейшем запланированы разработка алгоритмов и программного обеспечения определения истинности передаваемого речевого сообщения и анализ других невербальных модальностей человеческого поведения, а также новых численных методов оценивания параметров речевого сигнала [27].

Исследование выполнено при поддержке гранта Президента Российской Федерации (проект № МК-7925.2016.9).

### Литература

1. Basov O.O. Reasoning of the Transition to Polymodal Infocommunicational Systems // Распределенные компьютерные и телекоммуникационные сети: управление, вычисление, связь (DCCN-2015): матер. XVIII Междунар. науч. конф. – М.: ИПУ РАН, 2015. – С. 418–425.
2. Ронжин Ал.Л. Формирование профиля пользователя на основе аудиовизуального анализа ситуации в ин-

теллектуальном зале совещаний / Ал.Л. Ронжин, В.Ю. Будков, Ал.Л. Ронжин // Труды СПИИРАН. – 2012. – Вып. 23. – С. 482–494.

3. Ли И.В. Проектирование систем речевого диалога / И.В. Ли, Ал.Л. Ронжин // Труды СПИИРАН. – 2006. – Вып. 3. – С. 320–338.

4. Мещеряков Р.В. Структура систем синтеза и распознавания речи // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 315, № 5. – С. 127–132.

5. Мещеряков Р.В. Диалог как основа построения речевых систем / Р.В. Мещеряков, В.П. Бондаренко // Кибернетика и системный анализ. – 2008. – № 2. – С. 30.

6. Vrij A. Detecting Lies and Deceit: The Psychology of Lying and the Implications for Professional Practice. – Wiley: Chichester, 2000. – 276 p.

7. Грузьева И.В. Формально-динамические и стиливые особенности индивидуальности как факторы вероятности инструментального выявления скрываемой информации: автореф. дис. ... канд. психол. наук. – М., 2006 – 22 с.

8. Пат. 2 216 269 РФ, МПК А61В5/04, А61В5/16. Способ контроля психофизической реакции человека и устройство для его осуществления / В.И. Губайдуллин, Э.В. Зимин (РФ). – № 2 000 122 210 / 14; заявл. 21.08.2000; опубл. 20.11.2003. – 7 с.

9. Пат. 2 221 475 РФ, МПК А61В3/113. Способ исследования движения глаз по бинокулярному изображе-

нию и устройство для его реализации / Д.А. Усанов, Ал.В. Скрипаль, Ан.В. Скрипаль, А.В. Абрамов, Т.Б. Усанова, В.Б. Феклистов (РФ). – Оpubл. 20.01.2004. Бюл. № 2.

10. Романова Н.М. Особенности глазодвигательных реакций человека при произнесении истинной и ложной информации / Н.М. Романова, А.П. Рытик, М.А. Самохина, А.В. Скрипаль, Д.А. Усанов. – М.: СГУ, 2008. – С. 65–73.

11. Method of Defining Multimodel Information Falsity for Smart Telecommunication Systems / O.O. Basov, A.L. Ronzhin, V.Yu. Budkov, I.A. Saitov // LNCS. – 2015. – P. 163–176.

12. Пат. 2 293 518 РФ, МПК А61В5/16. Способ оценки искренности–неискренности говорящего / Патентообладатель: Институт психологии Российской академии наук, В.П. Морозов, П.В. Морозов (РФ). – № 2 005 124 844/14; заявл. 04.08.2005; опубл. 20.02.2007. Бюл. № 5. – 19 с.

13. Nierenberg, G.I. How to Read a Person Like a Book / G.I. Nierenberg, H.H. Calero. – New York: Pocket Books, 1990. – 192 p.

14. Пиз А. Язык телодвижений / А. Пиз, Б. Пиз. – М.: Эксмо, 2012. – 400 с.

15. Басов О.О. Основные каналы межличностной коммуникации и их проекция на инфокоммуникационные системы / О.О. Басов, И.А. Сaitов // Труды СПИИРАН. – 2013. – Вып. 7(30). – С. 122–140.

16. Костюченко Е.Ю. Идентификация по биометрическим параметрам при использовании аппарата нейронных сетей / Е.Ю. Костюченко, Р.В. Мещеряков // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2007. – № 7. – С. 39–50.

17. Pan X. The application of fractional Mel cepstral coefficient in deceptive speech detection / X. Pan, H. Zhao, Y. Zhou // Peer J. – 2015. – Vol. 3. – P. 1194.

18. Kirchhübel C. Analyzing deceptive speech / C. Kirchhübel, A.W. Stedmon, D.M. Howard // Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics: understanding human cognition. – 2013. – Vol. 1. – P. 134–141.

19. Sanaullah M. Deception detection in speech using bark band and perceptually significant energy features / M. Sanaullah, K. Gopalan // IEEE. – 2013. – P. 1212–1215.

20. Gopalan K. An utterance recognition technique for keyword spotting by fusion of Bark energy and MFCC features / K. Gopalan, T. Chu, X. Miao // Proceedings of the 9<sup>th</sup> WSEAS International Conference on Signal, Speech and Image Processing. – 2009. – P. 156–161.

21. Deception detecting from speech signal using relevance vector machine and non-linear dynamics features / Zhou Y. et al. // Neurocomputing. – 2015. – Vol. 151. – P. 1042–1052.

22. Бондаренко В.П. Сегментация и параметрическое описание речевого сигнала / В.П. Бондаренко, А.А. Конев, Р.В. Мещеряков // Изв. высш. учеб. завед. Приборостроение. – 2007. – Т. 50, № 10. – С. 3–7.

23. Мещеряков Р.В. Некоторые подходы к выбору параметров голоса для оценки истинности высказывания / Р.В. Мещеряков, А.А. Конев, А.И. Юдин // Доклады Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. – 2008. – Т. 2, № 1. – С. 47–50.

24. Ронжин А.Л. Определение степени алкогольной интоксикации человека на основе автоматического анализа речи / А.Л. Ронжин, О.О. Басов // Вестник Московского университета МВД России. – 2015. – № 5. – С. 216–220.

25. Basov O.O. Optimization of Pitch Tracking and Quantization / O.O. Basov, An.L. Ronzhin, V.Yu. Budkov // LNAI. – 2015. – P. 317–324.

26. Басов О.О. Оценка ложности передаваемой информации по динамике параметров невербального поведения абонента // Вестник РГРТУ (Рязань). – 2015. – № 1 (вып. 51). – С. 24–29.

27. Вольф Д.А. Модель процесса сингулярного оценивания частоты основного тона речевого сигнала / Д.А. Вольф, Р.В. Мещеряков // Акустический журнал. – 2016. – Т. 62, № 2. – С. 216.

#### **Будков Виктор Юрьевич**

Канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник лаборатории автономных робототехнических систем (ЛАРС) Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН)  
Тел.: 8 (812-3) 28-70-81  
Эл. почта: budkov@iias.spb.su

#### **Савельев Антон Игоревич**

Науч. сотрудник ЛАРС  
Тел.: 8 (812-3) 28-70-81  
Эл. почта: saveliev@iias.spb.su

#### **Вольф Данияр Александрович**

Канд. техн. наук, инж. учеб.-вычисл. лаб.  
«Микропроцессорные системы управления»  
каф. комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем ТУСУРА  
Тел.: 8 (382-2) 41-34-26  
Эл. почта: runsolar@mail.ru

Budkov V.Yu., Saveliev A.I., Volf D.A.

#### **Technique of studying speech signal parameters reflecting on the truth of the transmitted information**

A review of the existing diagnostic methods for validity of the transmitted information is performed. The feasibility of such techniques in polymodal infocommunication systems was proved. The parameters of speech signal, which reflect the truth of the transmitted information, are investigated. The decision rules for automatic diagnostic system are defined. The results of the experiments with the developed technique are considered.

**Keywords:** speech signal, polymodal infocommunication, truth of the information.