

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ СИСТЕМЫ АУТЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПО ГОЛОСУ

Е. П. БЕЛОВА¹, И. В. МАШКИНА²

¹ super.yelenar@yandex.ru, ² mashkina.vtzi@gmail.com

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Аннотация. Рассматривается возможность использования искусственной нейронной сети для системы аутентификации пользователя по голосу. Проводится сравнительный анализ результатов экспериментов с искусственной нейронной сетью на 2-х группах пользователей.

Ключевые слова: биометрический признак пользователя; нейросетевая база биометрических признаков пользователей; биометрический параметр; частота четвертой форманты гласного звука; аутентификация по голосу; ошибка 1-го рода; ошибка 2-го рода.

В условиях растущей информатизации возникает необходимость в обеспечении защиты информации ограниченного доступа, один из механизмов защиты реализуют системы идентификации и аутентификации. При этом наиболее надежными признаются биометрические методы идентификации и аутентификации. Ведь они основываются на принадлежащих человеку биометрических параметрах, которые невозможно забыть или потерять. По данным международной консалтинговой компании J'son&Partners, объем мирового рынка биометрических систем в конце 2016 года оценивался в 14 млрд долларов [1]. Одними из наиболее распространенных и удобных для пользователей считаются системы идентификации и аутентификации по голосу. Они просты в применении, не требуют специализированного оборудования, а их эффективность не уступает эффективности других методов.

В свою очередь в биометрии широкое распространение получили искусственные нейронные сети. Они быстро обучаются и самообучаются, характеризуются универсальностью применения, высоким уровнем отказоустойчивости и помехоустойчивости, имеют высокую скорость решения задач [2].

В своей работе [3] авторы данной статьи рассмотрели преимущества использования частоты четвертой форманты гласного звука в качестве биометрического параметра для системы аутентификации по голосу, разра-

ботали и настроили искусственную нейронную сеть, архитектура которой представлена на рис. 1. Количество входов равно семи, а выходов – шести. Скрытый слой содержал 80 нейронов. На рис. 1 используются следующие обозначения: P_i – номер пользователя; Z – номер, присвоенный звуку; ПД1, ПД2, ПД3, ПД4 и ПД5 – номера поддиапазонов; 1,...,80 – номера нейронов в скрытом слое; P_i – идентификатор пользователя.

Если пользователь P_i проходит аутентификацию, то на i -й выход поступает 1, а на остальные выходы – нули. В случае если пользователь P_i не проходит аутентификацию, все выходы обнуляются.

Выбор количества нейронов во входном слое определяется размерностью входного векторного пространства признаков X . Число выходов обусловлено размерностью выходного векторного пространства признаков Y . Пространства X и Y определяются множеством данных обучающей выборки [2].

В ходе исследований проведено два эксперимента. В эксперименте приняли участие четыре женщины и двое мужчин, которые произносили по десять раз гласный звук русского алфавита для шести выбранных фонем. Производилось выделение спектральной характеристики произнесенного гласного звука и выделение из нее частоты четвертой форманты.

Весь диапазон частот четвертой форманты каждой фонемы гласного звука пользо-

вателя был разделен на 5 поддиапазонов. Из каждого поддиапазона было взято 6 значений, находящихся на равном по частоте «расстоянии» друг от друга. В результате было создано по 6 наборов для каждого пользователя.

Эффективность работы любого инструмента биометрической аутентификации можно оценить, проанализировав величины ошибок 1-го и 2-го рода. Ошибка 1-го рода (FRR – False Rejection Rate) заключается в том, что система принимает за «чужого» легального пользователя, а ошибка 2-го рода (False Acceptance Rate) – система пропускает чужого пользователя как своего [2].

Данные первого эксперимента использовались для обучения искусственной нейронной сети, а второго – для измерения ошибок 1-го и 2-го рода. Для вычисления ошибки 1-го рода через полученную искусственную нейронную сеть были пропущены значения частот четвертых формант фонем гласных звуков всех пользователей. Ошибка 1-го рода составила: $100\% - 86,81\% = 13,19\%$. Наилучшие результаты получены при произнесении звуков «И» и «Э» разными пользователями. Для вычисления ошибки 2-го рода данные биометрического образа каждого пользователя вводились как данные биометрических образов других пользователей. Ошибка второго рода в среднем составила 13,47%. Полученные значения оказались ниже, чем средние ошибки 1-го и 2-го рода для других речевых параметров, заявленных в [4].

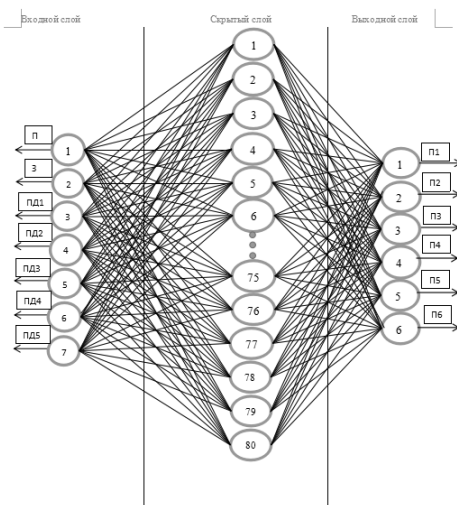


Рис. 1. Архитектура искусственной нейронной сети, используемой для аутентификации пользователей по частотам четвертых формант гласных звуков

Для проверки эффективности работы искусственной нейронной сети с данной архитектурой была приглашена новая группа участников. Их количество, отношение к возрастным группам и половая принадлежность выбрана в соответствии с данными участников предыдущих экспериментов.

Ошибка 1-го рода составила 12% (табл. 1), а ошибка 2-го рода – 23% (табл. 2).

Таблица 1

Процентное соотношение числа верных верификаций к общему числу попыток входа 6 пользователей по частотам четвертой форманты гласного звука

Пользователь/ Звук	1	2	3	4	5	6	Итого:
А	100%	50%	100%	100%	67%	100%	86%
И	100%	100%	50%	50%	100%	100%	83%
О	67%	100%	100%	100%	50%	100%	86%
У	100%	100%	100%	50%	67%	100%	86%
Ы	100%	100%	67%	100%	50%	100%	86%
Э	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Итого:	95%	92%	86%	83%	72%	100%	88%

Таблица 2

Процентное соотношение числа ложных верификаций 6 пользователей под чужими логинами к общему числу попыток входа по частотам четвертой форманты каждого гласного звука

Пользователь/ Звук	1	2	3	4	5	6	Итого:
А	23%	30%	20%	30%	17%	30%	25%
И	33%	20%	17%	30%	20%	33%	26%
О	30%	7%	27%	10%	13%	13%	17%
У	40%	0%	0%	20%	40%	10%	18%
Ы	33%	37%	13%	23%	10%	20%	23%
Э	33%	33%	33%	7%	30%	17%	26%
Итого:	32%	21%	18%	24%	22%	21%	23%

Достаточно высокая величина ошибки 2-го рода обусловлена более широкими диапазонами частот четвертых формант гласных звуков пользователей в этой группе, чем у тех, кто принял участие в предыдущих экспериментах (табл. 3).

Таблица 3

Ширина диапазонов частот четвертых формант гласных звуков

	А	И	О	У	Ы	Э
1	731-1050	1032-1104	971-1060	994-1175	930-1085	767-1048
2	464-691	737-832	364-753	591-874	560-788	315-710
3	456-1141	578-919	451-1010	385-1082	398-1218	360-1980
4	254-749	329-1149	767-882	432-1148	363-953	486-925
5	624-1084	582-632	552-1109	562-1118	544-621	556-607
6	905-1180	566-920	797-1082	712-993	599-915	619-910

В качестве инструмента аутентификации по голосу была создана искусственная нейронная сеть. Были проведены исследования по функционированию данной сети.

Исследование показало, что для снижения ошибок 1-го и 2-го рода в будущих экспериментах необходимо:

- автоматизировать процесс выделения частоты четвертой форманты гласного звука;
- нормализовать полученные данные;
- добавить еще один биометрический параметр, отражающий ширину диапазона частот четвертой форманты гласного звука.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Мировой** рынок биометрических систем 2015-2022 гг. Обзор рынка, январь 2017 г. Режим доступа: http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/mirovoy-rynok-biometricheskikh-sistem-2015-2022-gg-20170119025618, свободный. [«World market of biometric systems 2015-2022. Market review», January 2017].

2. **Васильев В. И., Ильясов Б. Г.** Интеллектуальные системы управления. Теория и практика: учебное пособие. – М.: Радиотехника, 2009 г. – 388 с. [V. I. Vasiliev, B. G. Ilyasov, «Intellectual control systems. Theory and practice» p. 388, 2009].

3. **Belova Ye. P., Mashkina I. V.** Research Results of Artificial Neural Network for User Authentication According to Frequency of Fourth Formant of Vowel Sound Phoneme // Сборник научных трудов «2018 International Russian Automatisation Conference (RusAutoCon)», издательство: институт IEEE, номер DOI: 10.1109/RUSAUTOCON.2018.8501680, 2018 г. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8501680> (дата обращения: 20.11.2018). [Ye. P. Belova., I. V. Mashkina, «Research Results of Artificial Neural Network for User Authentication According to Frequency of Fourth Formant of Vowel Sound Phoneme»]

4. **Кулибаба О. В., Привалов М. В.** Выбор признаков для аутентификации по голосу в компьютеризированной

системе контроля доступа [Текст] // Інформаційні управляючі системи та комп'ютерний моніторинг (ІУС та КМ-2010)/ Матеріали І всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених — 19-21 травня 2010 р., Донецьк, ДонНТУ — 2010, с. 33-37. [O. V. Kulibaba, M. V. Privalov, «Selection of features for voice authentication in a computerized access control system» pp. 33-37, 2010]

ОБ АВТОРАХ

БЕЛОВА Елена Петровна, аспирант 3-го курса каф. ВТиЗИ.

МАШКИНА Ирина Владимировна, доктор техн. наук, профессор каф. ВТиЗИ.

METADATA

Title: Comparative analysis of research results of the artificial neural network for the user's voice authentication system

Authors: Ye. P. Belova¹, I. V. Mashkina²

Affiliation:

Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: ¹super.yelenar@yandex.ru, ² mashkina.vtzi@gmail.com

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 1 (20), pp. 11-13, 2019. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: The possibility of using an artificial neural network for the user authentication system by voice is being considered. A comparative analysis of the results of experiments with an artificial neural network on 2 user groups is carried out.

Key words: biometric user feature, neural network base of user biometric features, biometric parameter, the frequency of fourth formant of the vowel sound, voice authentication, the 1-st type of error, the 2-nd type of error.

About authors:

BELOVA, Yelena Petrovna, graduate student of the 3-rd year, Ufa State Aviation Technical University

MASHKINA, Irina Vladimirovna, Doctor of Technical Sciences, Professor in the Department of Computer Engineering and Information Security, Ufa State Aviation Technical University