



ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES

УДК 621.391

DOI 10.52575/2687-0932-2021-48-4-810-821

Учёт параметров качества речи при биометрической аутентификации пользователя в неблагоприятных акустических условиях

¹⁾ Клочков Д.А., ^{2,3)} Каднова А.М., ^{1,3)} Басов О.О.

¹⁾ ФГАУ НИИ «Восход», Россия, 119607, г. Москва, ул. Удальцова, д. 85

²⁾ ФГКОУ ВО «Воронежский институт Министерства внутренних дел Российской Федерации»,
Россия, 394065, г. Воронеж, пр. Патриотов, д. 53

³⁾ ФГАУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»,
Россия, 197101, г. Санкт-Петербург, пр. Кронверкский, д. 49, лит. А.

E-mail: kdanote@yandex.ru, aizhana_kadnova@mail.ru, oobasov@mail.ru

Аннотация. В статье обоснована важность аутентификации пользователя при доступе к автоматизированной системе. Показано, что для её осуществления широко используется биометрическая аутентификация по голосу. Наряду с явными преимуществами последних существуют и определённые ограничения в применении таких биометрических систем, связанные с изменчивостью речевого сигнала, обусловленной индивидуальным произношением диктора, различиями в условиях записи речевого сигнала при регистрации и идентификации пользователей, наличием шумов и искажений в момент его регистрации. Проведенные экспериментальные исследования позволили сделать вывод о том, что в условиях неблагоприятных акустических шумов качество речевого сигнала изменяется в достаточно широком диапазоне, что приводит к снижению эффективности аутентификации пользователя автоматизированной системы. Одним из решений данной проблемы является учет параметров качества обрабатываемого речевого сигнала в процессе доступа пользователя к автоматизированной системе.

Ключевые слова: акустический шум, автоматизированная система, биометрическая аутентификация, речевой сигнал, качество речи.

Благодарности: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 17-71-30029) при софинансировании ПАО «Банк «Санкт – Петербург».

Для цитирования: Клочков Д.А., Каднова А.М., Басов О.О. 2021. Учёт параметров качества речи при биометрической аутентификации пользователя в неблагоприятных акустических условиях. Экономика. Информатика, 48 (4): 810–821. DOI: 10.52575/2687-0932-2021-48-4-810-821.

Accounting for speech quality parameters for biometric user authentication in adverse acoustic conditions

¹⁾ Dmitry A. Klochcov, ^{2,3)} Aizhana M. Kadnova, ^{1,3)} Oleg O. Basov

¹⁾ FSAU NII «Voskhod», 85 Udaltsova St, Moscow, 119607, Russia

²⁾ Federal State Educational Institution of Higher Education «Voronezh of the Ministry
of Internal Affairs of the Russian Federation», 53 Patriot pr, Voronezh, 394065, Russia

³⁾ Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
«National Research University ITMO»,

49 Kronverksky Ave, lit. A., St. Petersburg, 197101, Russia

E-mail: kdanote@yandex.ru, aizhana_kadnova@mail.ru, oobasov@mail.ru

Abstract. The article substantiates the importance of user authentication when accessing an automated system. It is shown that biometric voice authentication is widely used for its implementation. Along with the

obvious advantages of the latter, there are certain limitations in the use of such biometric systems associated with the variability of the speech signal due to the individual pronunciation of the speaker, differences in the conditions for recording a speech signal during registration and identification of users, the presence of noise and distortions at the time of its registration. The experimental studies carried out allowed us to conclude that under conditions of unfavorable acoustic noises, the quality of the speech signal changes in a fairly wide range, which leads to a decrease in the effectiveness of authentication of the user of the automated system. One of the solutions to this problem is to take into account the quality parameters of the processed speech signal during the user's access to the automated system.

Keywords: acoustic noise, automated system, biometric authentication, speech signal, speech quality.

Acknowledgements: this research is financially supported by The Russian Science Foundation, Agreement №17-71-30029 with co-financing of Bank Saint Petersburg.

For citation: Klochkov D.A., Kadnova A.M., Basov O.O. 2021. Accounting for speech quality parameters for biometric user authentication in adverse acoustic conditions. *Economics. Information technologies*, 48 (4): 810–821 (in Russian). DOI: 10.52575/2687-0932-2021-48-4-810-821.

Введение

В настоящее время сфера применения автоматизированных систем [ГОСТ 34.003–90] уже не ограничивается только технологическими процессами промышленных предприятий и затрагивает многие области человеческой деятельности, включая технологии так называемых гражданской (интегрированные системы охраны, системы «умный дом», транспорт и др.) и военной (управление войсками/силами при ведении боевых действий, техническое обслуживание военной техники и др.) автоматизаций [Моисеев, Козар, Дятчин, 2006; Гусев, Ляпушкин, Коваленко, 2011; Свищев, Жабин, 2020; Забегалин, 2020; Поначугин, Соколов, 2021].

В любой автоматизированной системе, созданной для повышения эффективности различного рода работ, присутствуют обрабатываемая с помощью средств автоматизации информация и люди, осуществляющие доступ ней и к системе в целом. Пользователь автоматизированной системы может не только использовать результаты ее функционирования в своей деятельности, но и принимать участие в ее функционировании. Другими словами, в процессе автоматизированной обработки информации пользователю как субъекту доступа соответствуют вычислительные процессы, выполняющие операции с некоторыми данными. Все это создает риски ошибочного сопоставления вычислительных процессов с конкретным физическим лицом. Риск неверной идентификации дополнительно увеличивается при удаленном информационном взаимодействии. К тому же циркулирующая в автоматизированной системе информация зачастую имеет конфиденциальный характер, поэтому ее обладатель (физическое или юридическое лицо, Российская Федерация, субъект РФ, муниципальное образование) имеет право (если обязанность не установлена федеральными законами) ограничивать доступ к ней и обязан принимать меры по ее защите [Федеральный закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ].

Меры по обеспечению защиты информации и ограничения доступа к ней в автоматизированной системе реализуются посредством создания системы защиты информации от несанкционированного доступа (СЗИ НСД), устанавливаемой на различных компонентах автоматизированной системы [РД. Защита от несанкционированного доступа к информации, 2014; РД. Автоматизированные системы, 2014].

Независимо от уровня и места реализации программно-аппаратных средств защиты информации, СЗИ НСД должна содержать ряд подсистем, основополагающей из которых является подсистема управления доступом. Механизмам управления доступом уделяют особое внимание, так как их реализация непосредственно препятствует несанкционированному доступу к информации, а механизмы остальных подсистем

разрабатываются с учетом предположения о том, что защита подсистемой управления доступом может быть преодолена нарушителем.

Подсистема управления доступом должна осуществлять:

- идентификацию и аутентификацию (проверку подлинности) пользователей;
- контроль доступа пользователей к объектам доступа (в систему, к терминалам, каналам связи, ЭВМ, программам, каталогам и пр.);
- управление потоками данных [РД. Автоматизированные системы, 2014].

В автоматизированных системах в качестве нарушителя рассматривается субъект, у которого имеется доступ к работе со штатными средствами системы и средствами вычислительной техники как ее части. Следовательно, кроме рисков утечки защищаемой информации посредством технических средств, утечка возможна и в случае непреднамеренного ознакомления (умышленного или нет) с ней лиц, находящихся в пределах контролируемой зоны, но не имеющих соответствующих прав доступа. Поэтому подсистема управления доступом должна предоставлять доступ только авторизованным пользователям с учетом их прав. Разнообразие категорий лиц, имеющих возможный доступ к автоматизированной системе, определяет особую важность функции аутентификации [Никитин, 2018; ГОСТ Р 58833-2020].

Анализ существующих способов и средств биометрической аутентификации по голосу

Аутентификация реализуется с целью определения подлинности субъекта доступа, который использует определенный идентификатор доступа. В случае биометрической аутентификации подсистема управления доступом анализирует перечень параметров (рис. 1), которые неотделимы от пользователей и должны обладать следующими характеристиками: постоянством, всеобщностью, уникальностью, измеряемостью и приемлемостью [Болл Руд и др., 2007; Матвеев, 2012; Никитин, 2018].

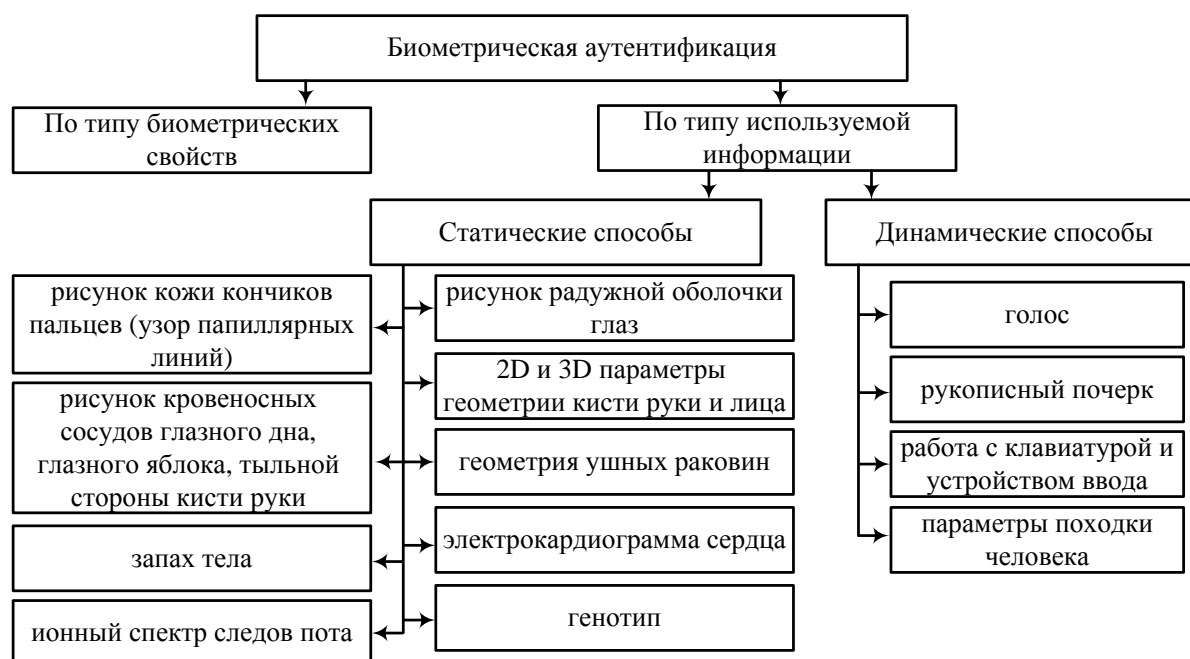


Рис. 1. Классификация способов биометрической аутентификации пользователей
 Fig. 1. Classification of biometric user authentication methods

Результаты исследований российского рынка биометрических технологий показывают уверенный их рост. В 2022 г. планируется, что доля России в общемировом объеме рынка биометрических систем увеличится практически вдвое по сравнению с 2014 г. [Пчеловодова, 2019; Бойко, Бойко, 2020]. При этом результаты теоретических и практических исследований

последних лет [Матвеев, 2012; Антонова и др., 2020] позволяют сделать вывод о том, что системы голосовой идентификации не только не уступают другим биометрическим технологиям, но и по отдельным характеристикам превосходят их.

Наряду со сравнительно высокими показателями надежности функционирования биометрическая аутентификация по голосу обладает следующими достоинствами:

- сохранность идентификатора;
- простота, эргономичность и дешевизна устройств регистрации речевого сигнала;
- вербальный ввод информации возможен на некотором удалении от устройства регистрации речевого сигнала;
- способность функционирования в неблагоприятной акустической обстановке (при акустических шумах и различных помехах) в момент регистрации контрольной фразы;
- способность функционирования при удаленном доступе к автоматизированной системе;
- сравнительно низкие требования к вычислительной сложности алгоритма аутентификации.

В процессе голосовой аутентификации подсистема управления доступом должна однозначно подтвердить или опровергнуть идентифицированную личность. Реализуется данная процедура путем сравнения двух речевых образцов: фрагмента речи человека, чью личность необходимо подтвердить (верифицировать), с фрагментом речи, запись которого в электронном виде уже хранится в базе данных СЗИ НСД и чья личность уже достоверно определена. Результатом верификации выступает степень совпадения одного голосового фрагмента с другим в процентном отношении.

Подтверждение личности пользователя автоматизированной системы в процессе его аутентификации может осуществляться по спонтанной речи (текстнезависимая верификация), по известной парольной фразе (текстозависимая верификация по статической контрольной фразе) и по изменяющейся парольной фразе (текстозависимая верификация по динамической контрольной фразе).

Различные решения задачи голосовой аутентификации базируются на теории распознавания и синтеза речи, в которой важным моментом является выбор обрабатываемой единицы звукового строя. Анализ результатов функционирования различных систем голосовой идентификации с целью поиска оптимальных речевых конструкций для использования в системе биометрической аутентификации по голосу позволил сделать вывод о достаточности применения словаря лексем. Такая система, как правило, включает следующие подсистемы ввода речевой информации, обработки речевого сигнала, хранения речевых шаблонов, сравнения и принятия решения, передачи данных в интерфейс приложения [Щемелинин, 2015; ГОСТ Р 58833–2020].

Для построения подсистем обработки речевых данных распространение получил инструментальный анализ речевого сигнала, в рамках которого проводится исследование статистических, временных и спектральных характеристик диктора. Результатом работы данной подсистемы является вектор признаков, всесторонне характеризующий индивидуальные параметры голоса диктора и используемый для дальнейшего сравнения с вектором признаков эталонной (контрольной) фразы.

Наряду с явными преимуществами систем биометрической аутентификации по голосу существуют и определённые ограничения в применении данных систем, связанные с изменчивостью речевого сигнала, обусловленной индивидуальным произношением диктора, различиями в условиях записи речевого сигнала при регистрации и идентификации пользователей, наличием шумов и искажений в момент его регистрации. Все это объективно увеличивает вероятность ошибочного отказа. Поэтому в рамках функционирования подсистемы обработки речевого сигнала перед формированием вектора признаков целесообразно производить оценку и контроль качества записанной речи с принятием решения – извлечение признаков или повтор записи.

Результаты экспериментов

Указанный контроль качества осуществляется как правило на основе анализа величины отношения сигнал/шум (ОСШ, *Signal-to-noise Ratio, SNR*), равной отношению мощности полезного сигнала к мощности шума и выраженной в логарифмических единицах с использованием децибел. ОСШ отражает лишь степень зашумленности записанной речи и не учитывает другие характерные системам звукозаписи искажения [Вологдин, 2012]. К тому же современные системы звукозаписи для последующего экономного представления речевой информации используют различные алгоритмы сжатия (в том числе с потерями) исходного речевого сигнала, что приводит к появлению дополнительных искажений и объективному снижению качества записанной речи. В этих условиях анализ речевого сигнала только во временной области на основе расчета величины ОСШ оказывается недостаточным.

В теории и практике функционирования телекоммуникационных систем известно большое количество разнообразных методов оценивания качества речевого сигнала [Илюшин, Басов, 2015; Илюшин, Волков, Абдуразаков, 2019; Илюшин, Качин, Махмудов, 2020; Илюшин, Дворядкин, Жданов, 2020; Илюшин, Батенков, Кравченко, 2020]. Последние тенденции в указанной области определяют целесообразность оценивания качества восприятия (QoE – *Quality of Experience*), под которым понимается приемлемость услуги или приложения в целом, субъективно воспринимаемая конечным пользователем [Илюшин, 2021].

В задаче оценивания качества речевого сигнала в процессе аутентификации пользователя автоматизированной системы интерес представляет классификация объективных методов по способу получения входной информации на интрузивные (активные), неинтрузивные (пассивные) и планирования (прогнозные). Наиболее распространенные меры искажений сведены в классификацию, представленную на рисунке 2, а их описание достаточно подробно изложено в [Илюшин, Басов, 2015].

Автоматизированные системы часто функционируют в условиях воздействия постоянных акустических шумов, природа которых разнообразна. В физиологии под акустическим шумом понимается всякий неблагоприятно воспринимаемый звук, оказывающий значительное воздействие на состояние эмоционального комфорта человека и снижающий разборчивость речи в процессе речевой коммуникации с использованием персональных систем связи. Это могут быть шумы от работы вентилятора ПЭВМ или систем кондиционирования в рабочих офисах, а также звуки работы станков, например, цеха с оборудованием тяжелого машиностроения. С целью сохранения слуха и речевого общения без раздражения характеристики шума окружающей человека среды нормируются. Нормирование допустимого уровня акустического шума в помещении осуществляется по предельным значениям уровня звукового давления постоянного фонового шума на среднегеометрических частотах в девяти октавных полосах. Считается, что ограничение постоянного фонового шума в конкретном типе помещения так называемой *NR*-кривой (табл. 1) в пределах области звукового восприятия человека обеспечивает удовлетворительную речевую связь и приемлемое его психоэмоциональное состояние без ущерба здоровью (рис. 3) [МСЭ-R BS.1116-2; ГОСТ 12.1.003-2014; СН 2.2.4/2.1.8.562-96].

Анализ зависимости различных типов разборчивости речи от значений оценки шума *NR* (рис. 4) позволяет сделать вывод о том, что рост уровня акустического шума помещений различного назначения в диапазоне от *NR0* (акустически изолированные помещения) до *NR70* (рабочие помещения тяжелого машиностроения) оказывает значительное влияние на формантную, менее значительное – на слоговую, оставляя практически без изменений словесную и фразовую разборчивости речи. Это объясняется избыточностью речи, чувствительностью слуха и комбинационной способностью мозга.

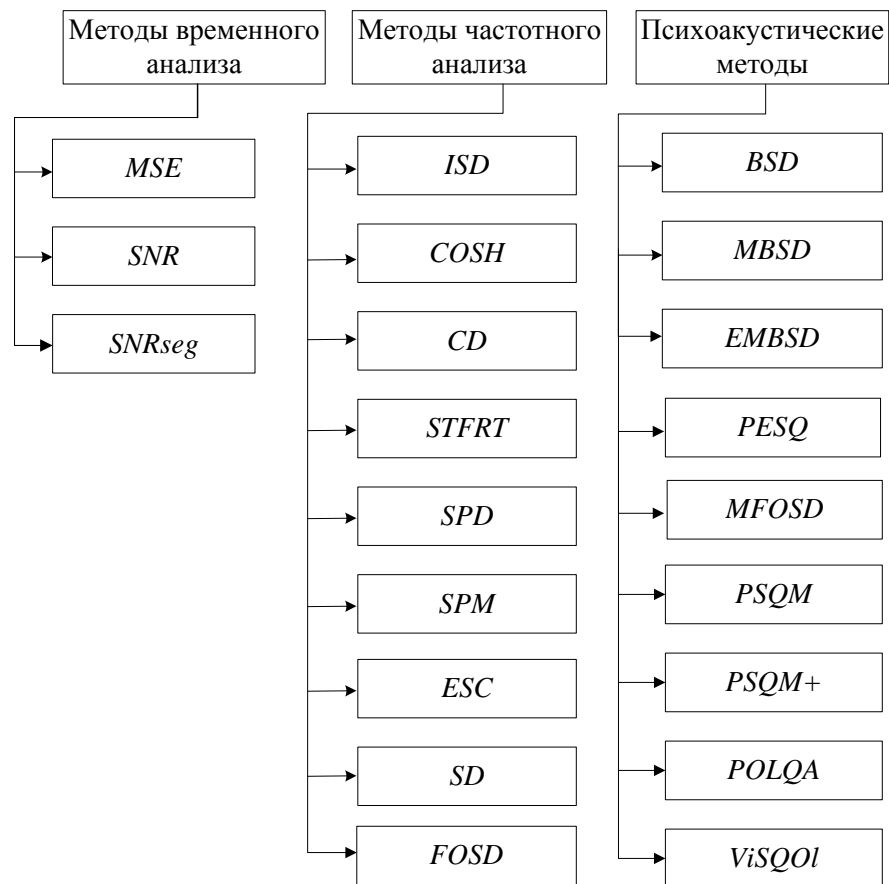


Рис. 2. Классификация объективных интрузивных методов оценивания качества речевого сигнала
 Fig. 2. Classification of objective intrusive methods for assessing the quality of a speech signal

Таблица 1
 Table 1

Характеристика типа помещений, соответствующих NR-кривым
 Characteristics of the type of premises corresponding to NR-curves

Кривая шума	Назначение помещений
NR 0	Акустически изолированные помещения
NR 10	Жилые комнаты квартир в ночное время
NR 20	Концертные залы, залы радиовещания и студий
NR 30	Помещения частных домов, больниц, театров, кинотеатров, конференц-залов
NR 40	Холлы, коридоры, раздевалки, ресторанов, ночных клубов, офисов, магазинов
NR 50	Бассейны, офисы с бизнес-оборудованием
NR 60	Рабочие помещения легкой промышленности
NR 70	Рабочие помещения тяжелого машиностроения

Акустические шумы и различные помехи снижают не только разборчивость речи, но и отрицательно влияют в целом на качество записанного в процессе аутентификации речевого сигнала. При этом шум импульсного вида может оказать свое мешающее воздействие в момент произношения контрольной фразы.

Для проведения соответствующего эксперимента использовались программный продукт Adobe Audition, звуковые файлы в формате *wav исходной речи, содержащей одну фразу трех дикторов длительностью около 7 с (два мужчины и одна женщина), зашумленные тремя типами шумов с разными коэффициентами мощности таким образом, что действие каждого шума рассматривалось в виде импульсной помехи с длительностью, равной 1 с. Полученные звуковые файлы сравнивались алгоритмом PESQ (рек. Р.862.1) с файлами

исходной речи. Зависимости усредненных оценок MOS-LQO от мощности для трех типов шумов представлены на рисунке 5.

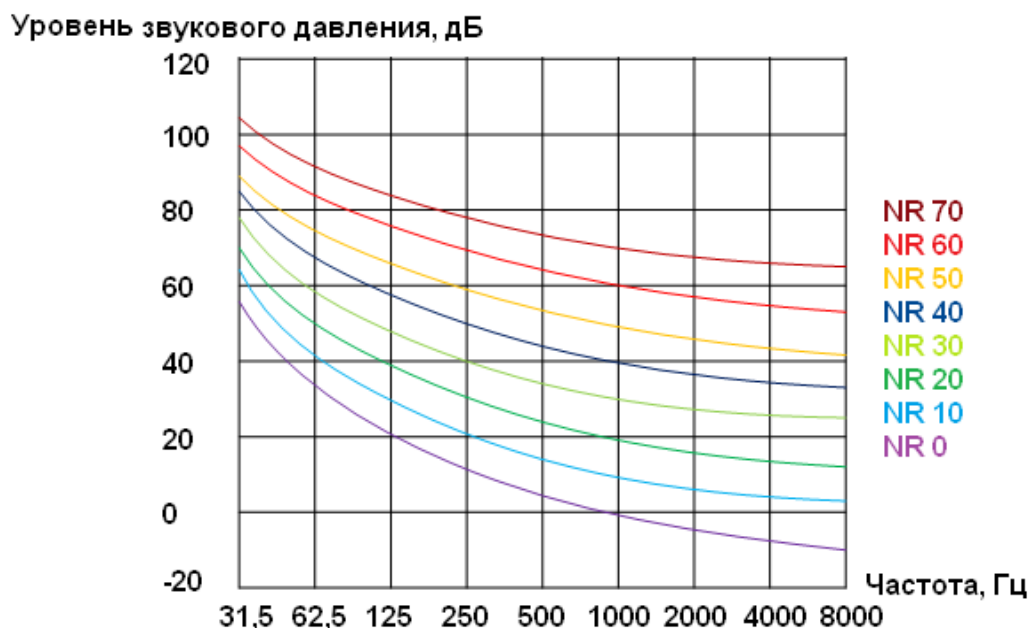


Рис. 3. Вид *NR*-кривых, соответствующих помещениям разного типа
 Fig. 3. View of *NR*-curves corresponding to rooms of different types

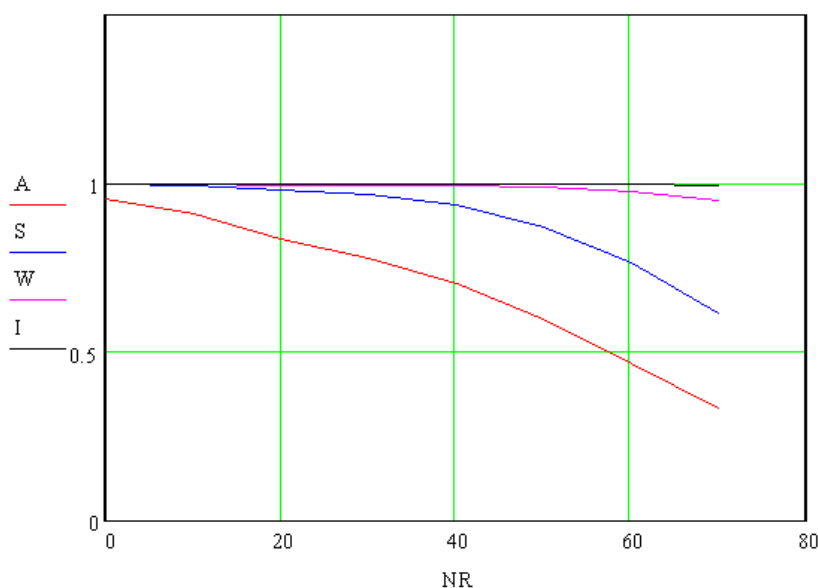


Рис. 4. Зависимости разборчивости речи от значений оценки шума
 Fig. 4. Dependences of speech intelligibility on noise estimation values

Результаты исследований (рис. 5) показали, что на выбранном наборе данных даже однократное появление сравнительно непродолжительной импульсной помехи в виде шума определенной окраски приводит к снижению оценок MOS-LQO. Последние уменьшаются при увеличении мощности действующего шума. Воздействие «коричневого» шума в диапазоне мощностей от 4 до 30 практически не снижает значение оценок MOS-LQO, что возможно объяснимо схожестью спектральных составов данного шума с шумами различных видов помещений.

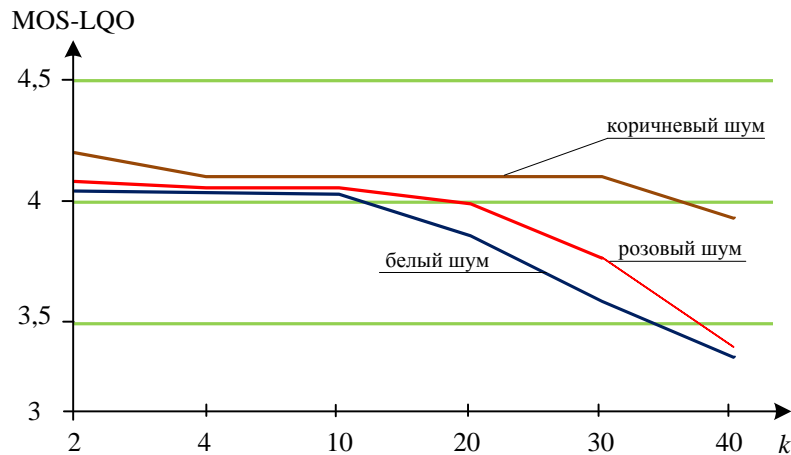


Рис. 5. Зависимости оценок MOS-LQO от мощности шума для некоторых типов шумов
Fig. 5. Dependences of MOS-LQO estimates on noise power for some types of noise

Приведенные данные применительно к автоматизированным системам позволяют сделать вывод о том, что в реальных условиях функционирования системы биометрической аутентификации качество речевого сигнала изменяется в достаточно широком диапазоне, что может привести к снижению эффективности работы системы голосовой идентификации.

Для проверки данного предположения были проведены эксперименты с наложением «белого» аддитивного шума на речевой сигнал, а также внесению различных искажений. Величина отношения «полезный» сигнал/шум задавалась в пределах от 20 дБ до 10 дБ (примерно треть от среднеквадратичного значения амплитуды сигнала). Эксперимент проводился с 30 тестовыми высказываниями для каждого из 8 дикторов на открытом множестве.

На рисунке 6 представлена зависимость доли ошибочных решений, выданных алгоритмом распознавания при различных уровнях ОСШ. На основании нее можно сделать вывод о том, что аддитивный фоновый акустический шум, а также частотные и фазовые искажения оказывают существенное влияние на достоверность идентификации диктора: количество ошибок идентификации стремительно увеличивается с ростом амплитуды акустического шума и интенсивностью амплитудных и частотных искажений.

В проведенных экспериментах исследовалось влияние шумов и искажений на функционирование подсистемы сравнения и принятия решения. Однако в большинстве случаев в системе биометрической аутентификации улучшение качества речи пользователя (многоточечная запись, фильтрация шумов и т. п.) реализуется на этапах ввода и обработки речевой информации.

При реализации алгоритмов улучшения качества речевого сигнала важным моментом является необходимость удаления из анализируемого фрагмента речи участков, соответствующих шипящим звукам и паузам. Данная процедура позволяет повысить правильность распознавания пользователя, так как спектр указанных участков практически одинаков для различных дикторов и по своему составу близок к белому шуму. Однако теоретические исследования указывают на ухудшение естественности и узнаваемости речи даже при ограничении ее спектра, не говоря уже об удалении отдельных речевых участков [Илюшин, Волков, Абдуразаков, 2019; Илюшин, Качин, Махмудов, 2020; Илюшин, Дворянkin, Жданов, 2020; Илюшин, Батенков, Кравченко, 2020; Илюшин, 2021].

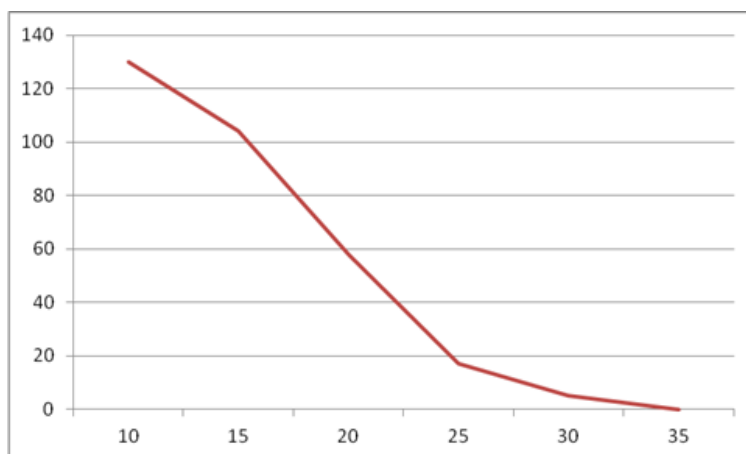


Рис. 6. Зависимость доли ошибочных решений алгоритма идентификации от значений ОСШ
Fig. 6. Dependence of the share of erroneous decisions of the identification algorithm on the SNR values

Заключение

Анализ условий функционирования автоматизированных систем и СЗИ от НСД, а также способов и средств биометрической аутентификации по голосу позволили выявить противоречие между повышением точности оценивания вероятности ошибочного отказа системы аутентификации и невозможностью существующими методами аутентификации пользователя обеспечить такое повышение. Одним из решений указанного противоречия является учет параметров качества обрабатываемого речевого сигнала в процессе доступа пользователя к автоматизированной системе, функционирующей в неблагоприятных акустических условиях.

Для разрешения выявленного противоречия представляется возможным использовать научно-методический аппарат оценивания качества речевого сигнала интрузивными (активными) методами. Поскольку неблагоприятные акустические условия, в которых может функционировать система биометрической аутентификации по голосу, по-разному ухудшают качество речевого сигнала, целесообразно для получения интегральной оценки качества речи использовать комплексный алгоритм, реализующий оценивание показателей качества речи в разных областях анализа.

Список источников

1. ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ Шум. Общие требования безопасности. Дата введения 01.11.2015.
2. ГОСТ 34.003-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения. Дата введения 01.01.1992.
3. ГОСТ Р 58833-2020. Защита информации. Идентификация и аутентификация. Общие положения. Дата введения 01.05.2020.
4. РД. Автоматизированные системы. Защита от несанкционированного доступа к информации. Термины и определения, 1992.
5. РД. Концепция защиты СВТ и АС от несанкционированного доступа к информации, 1992.
6. Рекомендация МСЭ-R BS.1116-2. Методы субъективной оценки небольшого ухудшения качества в звуковых системах, включая многоканальные звуковые системы, 2014.
7. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Дата введения 31.10.1996.
8. Об информации, информационных технологиях и о защите информации: федер. закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ.

Список литературы

1. Антонова В.М., Балакин К.А., Гречишкина Н.А., Кузнецов Н.А. 2020. Разработка системы аутентификации с использованием верификации диктора по голосу. Информационные процессы, 20 (1): 10–21.
2. Бойко Т.А., Бойко А.А. 2020. Анализ основных тенденций мирового и российского рынков биометрических технологий. Инновации и инвестиции, 5: 72–76.
3. Вологдин Э.И. 2012. Цифровая звукозапись. СПб, 136 с.
4. Гусев С.В., Ляпушкин С.В., Коваленко М.В. 2011. Автоматизация технологических комплексов и систем в промышленности. Томск, Томский политехнический университет, 198 с.
5. Забегалин Е.В. 2020. Концептуальная схема организации процессной автоматизации больших военных организаций. Системы управления, связи и безопасности. 4: 1–43. DOI: 10.24411/2410-9916-2020-10401.
6. Илюшин М.В., Басов О.О., Дмитриев В.Т., Тарусов В.А. 2015. Качество передачи речи и его оценка. Орел, Академия ФСО России, 103 с.
7. Илюшин М.В., Волков А.Н., Абдуразаков М.Ю. 2019. Эволюция интрузивных психоакустических методов объективного оценивания качества передачи речевого сигнала в VoIP системах. В кн.: Радиотехника и компьютерные технологии. Труды 62-й Всероссийской научной конференции МФТИ, М., МФТИ, 128–130.
8. Илюшин М.В., Качин И.О., Махмудов А.И. 2020. Аналитическое моделирование процесса передачи речевой информации в сетях связи на основе прикладной программы Matlab. В кн.: Мавлютовские чтения. Материалы XIV Всероссийской молодежной научной конференции, Уфа, РИК УГАТУ, 3 (1): 192–195.
9. Илюшин М.В., Дворядкин В.В., Жданов Г.В. 2020. Измерение качества восприятия речи, передаваемой в VoIP системах, на основе неинтрузивного подхода. В кн.: Радиотехника и компьютерные технологии. Труды 63-й Всероссийской научной конференции МФТИ, М., МФТИ, 68–70.
10. Илюшин М.В., Батенков К.А., Кравченко В.Р. 2020. Применение интрузивных методов для оценивания качества восприятия речевой информации, передаваемой по технологическим сетям связи. Информационные системы и технологии, 4(120): 107–116.
11. Илюшин М.В. 2021. Формализация показателей качества видеотелефонной связи в инфокоммуникационных системах специального назначения. Телекоммуникации, 11: 7–22.
12. Моисеев В.С., Козар А.Н., Дятчин В.В., 2006. Информационная безопасность автоматизированных систем управления специального назначения. Казань, Отечество, 382 с.
13. Никитин В.В. 2018. Модель и методика многомодальной аутентификации пользователя автоматизированной системы. Дисс. ... канд. техн. наук. Орел, 140 с.
14. Поначугин А.В., Соколов В.А. 2021. Актуальные проблемы разработки и внедрения автоматизированной системы управления на городском пассажирском транспорте. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика, 2 (53): 1–10.
15. Пчеловодова Н. 2019. Российский биометрический рынок в 2019–2022 гг. Результаты масштабного исследования J'son&Partners Consulting. Системы безопасности, 2: 88–91.
16. Свищев А.В., Жабин Я.О. 2020. Беспроводная и проводная система автоматизации технологии «Умный дом». Colloquium-journal, 3 (55): 18–20.

References

1. Antonova V.M., Balakin K.A., Grechishkina N.A., Kuznecov N.A. 2020. Razrabotka sistemy autentifikacii s ispol'zovaniem verifikacii diktora po golosu [Development of an authentication system using speaker verification by voice]. Informacionnye process, 20 (1): 10–21.
2. Bojko T.A., Bojko A.A. 2020. Analiz osnovnyh tendencij mirovogo i rossijskogo rynkov biometricheskikh tekhnologij [Analysis of the main trends in the global and Russian markets for biometric technologies]. Innovacii i investicii, 5: 72–76.
3. Vologdin E.I. 2012. Cifrovaya zvukozapis' [Digital Sound Recording]. Saint Petersburg, 136 p.
4. Gusev S.V., Lyapushkin S.V., Kovalenko M.V. 2011. Avtomatizaciya tekhnologicheskikh kompleksov i sistem v promyshlennosti [Automation of technological complexes and systems in industry]. Tomsk, Publ. Tomskii politekhnicheskii universitet, 198 p.



5. Zabegalin E.V. 2020 Konceptual'naya skhema organizacii processnoj avtomatizacii bol'shikh voennykh organizacij [Conceptual diagram of the organization of process automation of large military organizations]. *Sistemy upravleniya, svyazi i bezopasnosti*. 4: 1–43. DOI: 10.24411/2410-9916-2020-10401.
6. Ilyushin M.V., Basov O.O, Dmitriev V.T., Tarusov V.A. 2015. Kachestvo peredachi rechi i ego ocenka [The quality of speech transmission and its assessment]. Orel: Academy of the Federal Security Service of Russia, 103 p.
7. Ilyushin M.V., Volkov A.N., Abdurazakov M.YU. 2019. Evolyuciya intruzivnykh psihoakusticheskikh metodov objektivnogo ocenivaniya kachestva peredachi rechevogo signala v VoIP sistemah [Evolution of intrusive psychoacoustic methods for objectively assessing the quality of voice transmission in VoIP systems]. In: *Radiotekhnika i komp'yuternye tekhnologii* [Radio engineering and computer technology]. Proceedings of the 62nd All-Russian Scientific Conference of the MFTI, Moscow, MFTI, 128–130.
8. Ilyushin M.V., Kachin I.O., Mahmudov A.I. 2020. Analiticheskoe modelirovanie processa peredachi rechevoj informacii v setyah svyazi na osnove prikladnoj programmy Matlab [Analytical modeling of the process of transmission of speech information in communication networks based on the Matlab application]. In: *Mavlyutovskie readings. Materials of the XIV All-Russian youth scientific conference*. Ufa: RIK UGATU, 3 (1): 192–195.
9. Ilyushin M.V., Dvoryadkin V.V., Zhdanov G.V. 2020. Izmerenie kachestva vospriyatiya rechi, peredavaemoj v VoIP sistemah, na osnove neintruzivnogo podhoda. In: *Radio engineering and computer technology. Proceedings of the 63rd All-Russian Scientific Conference of MIPT, Moscow, MFTI*, 68–70.
10. Ilyushin M.V., Batenkov K.A., Kravchenko V.R. 2020. Primenenie intruzivnykh metodov dlya ocenivaniya kachestva vospriyatiya rechevoj informacii, peredavaemoj po tekhnologicheskim setyam svyazi [Application of intrusive methods for assessing the quality of perception of speech information transmitted over technological communication networks]. *Informacionnye sistemy i tekhnologii*. 4 (120): 107–116.
11. Ilyushin M.V. 2021. Formalizaciya pokazatelej kachestva videotelefonnoj svyazi v infokommunikacionnykh sistemah special'nogo naznacheniya [Formalization of quality indicators of videotelephone communication in infocommunication systems for special purposes]. *Telekommunikacii*, 11: 7–22.
12. Moiseev V.S., Kozar A.N., Dyatchin V.V., 2006. Informacionnaya bezopasnost' avtomatizirovannykh sistem upravleniya special'nogo naznacheniya [Information security of automated control systems for special purposes]. Kazan, Publ. Fatherland, 382 p.
13. Nikitin V.V. 2018. Model' i metodika mnogomodal'noj autentifikacii pol'zovatelya avtomatizirovannoj sistemy [Model and methodology for multimodal authentication of an automated system user]. Dis. ... cand. techn. sciences. Orel, 140 p.
14. Ponachugin A.V., Sokolov V.A. 2021. Aktual'nye problemy razrabotki i vnedreniya avtomatizirovannoj sistemy upravleniya na gorodskom passazhirskom transporte [Actual problems of development and implementation of an automated control system for urban passenger transport]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika. Informatika*, 2 (53): 1–10.
15. Pchelovodova N. 2019. Rossijskij biometricheskij rynek v 2019–2022 gg. Rezul'taty masshtabnogo issledovaniya J'son&Partners Cosulting [Russian biometric market in 2019–2022 Results of a large-scale study by J'son & Partners Cosulting.]. *Sistemy bezopasnosti*. 2: 88–91.
16. Svishchev A.V., ZHabin YA.O. 2020. Besprovodnaya i provodnaya sistema avtomatizacii tekhnologii «Umnyj dom» [Wireless and wired automation system of Smart Home technology]. *Colloquium-journal*, 3 (55): 18–20.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Клочков Дмитрий Александрович, первый заместитель директора ФГАУ НИИ «Восход», г. Москва, Россия

Dmitry A. Klochev, First Deputy Director of FGAU Research Institute «Voskhod», Moscow, Russia



Каднова Айжана Михайловна, кандидат технических наук, преподаватель кафедры информационной безопасности Воронежского института МВД России, г. Воронеж, Россия; научный сотрудник Национального центра когнитивных разработок Университета ИТМО, г. Санкт-Петербург, Россия

Aizhana M. Kadnova, Candidate of Technical Sciences, Lecturer, Department of Information Security, Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Voronezh, Russia; Researcher, National Center for Cognitive Development, ITMO University, St. Petersburg, Russia

Басов Олег Олегович, доктор технических наук, доцент, заместитель руководителя научно-исследовательского департамента архитектуры ФГАУ НИИ «Восход», г. Москва, Россия; профессор факультета цифровых трансформаций Университета ИТМО, г. Санкт-Петербург, Россия

Oleg O. Basov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Head of the Research Department of Architecture, FGAU Research Institute «Voskhod», Moscow, Russia; Professor at the Faculty of Digital Transformations, ITMO University, St. Petersburg, Russia