

РАЗРАБОТКА ЗАЩИЩЕННОГО МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ для сервиса IPTV

Е.Ряполова, к.пед.н., доцент Оренбургского филиала ПГУТИ / ananeva_ei@mail.ru,
М.Студяникова, к.пед.н., доцент ОФ ПГУТИ / studyannikovam@mail.ru,
А.Преснов, к.пед.н., доцент ОФ ПГУТИ / presnov.aleksey@mail.ru

УДК 004.4, DOI: 10.22184/2070-8963.2021.95.3.24.31

Представлены результаты разработки защищенного мобильного приложения для сервиса IPTV с голосовым управлением. Проведены выбор разработки среды программирования и сравнительный анализ алгоритмов нечеткого поиска, в результате чего был выбран алгоритм Левенштейна. Разработаны структура мобильного приложения, удобный и понятный интерфейс и мобильное приложение с голосовым управлением. Выполнено проектирование модуля голосового распознавания с использованием алгоритма Левенштейна.

Голосовое управление широко распространено в современных технологиях и находит сегодня применение практически во всех областях. Такое управление техникой позволяет значительно упростить жизнь как обычным людям, так и людям с ограниченными возможностями. Управление смартфоном при помощи голоса дает существенное преимущество для сокращения времени на выполнение таких задач, как изменение текста напоминания, сохранение важного события в календаре, поиск актуальных новостей, предупреждение о погодных ненастьях и многие другие.

Голосовое управление не может существовать без технологии распознавания речи, которое в свою очередь использует новейшие исследования в области искусственного интеллекта. Разработаны базовые этапы в ходе распознавания речи, применимые во многих существующих алгоритмах [1].

Обработка цифрового сигнала начинается с отделения заголовка с информацией об аудиопотоке от основных данных. После этого необходимо выполнить

предварительную обработку сигнала, которая включает удаление шума и посторонних сигналов, выходящих за спектр человеческой речи. Такая обработка выполняется с помощью аналоговых или цифровых полосовых фильтров. Затем происходит дробление сигнала на фреймы (небольшие структуры), длина которых обычно составляет 10–30 мс с шагом в 10 мс [2].

Такой подход обеспечивает наложение фреймов, что в свою очередь обеспечивает наиболее точные показатели. Следующий, очень важный, этап – нормирование по амплитуде. Такое приведение показателей снижает влияние внешних факторов, таких как разный уровень громкости, фактическое расстояние до записывающего устройства и т.д.

После этого проводится сложный этап – определение границ фреймов или распознавание отдельных слов. Задача весьма непростая и может быть решена с помощью метода Рабинера – Самбура или аппарата вейвлет-преобразований, в частности быстрого вейвлет-преобразования Добеши [3], или самым простым

методом – анализом энтропии фреймов. На этом этапе базовый алгоритм заканчивается и приходит время анализа звукового сигнала, выявления численных характеристик и, в конце концов, сравнения с лексикографическим словарем. Алгоритмы анализа применяются самые разные: самообучающиеся нейронные сети, Deep Learning, скрытые марковские модели и др.

Проведенное исследование показало, насколько популярны голосовые помощники. Уже в 2015 году, согласно данным MindMeld [4], количество голосовых запросов составило 50 млрд в месяц и до сих пор растет со стремительной скоростью. В 2016 году Google объявила, что около 20% запросов в поисковой системе сделаны голосом. А на 2020 год голосовой помощник от компании Google работал более чем на 400 млн устройств по всему миру.

В 2019 году эта корпорация заказала проведение исследования, которое было направлено на изучение использования голосовых помощников. Им занималась компания Northstar Research. В исследовании приняли участие подростки 13–17 лет (400 человек) и взрослые – старше 18 лет (1000 человек). Компанию больше всего интересовало два вопроса: "Когда люди чаще всего используют голосового ассистента?" и "Для чего люди используют голосового ассистента?". Результаты исследования представлены в табл.1.

Согласно результатам исследования, среди подростков практически в равной степени преобладает использование голосового ассистента с друзьями и при просмотре телевизора. Но для взрослых можно наблюдать преобладание использования ассистента при просмотре телевизора. Такую статистику можно объяснить высокой популярностью телесмотрения, поскольку это один из самых распространенных методов отдыха в рабочие будни как среди подростков, так и среди взрослых.

Согласно данным табл.1, несложно понять, что взрослые задают более практичные вопросы, а подростки изучают все аспекты, при этом треть из них использует голосовых ассистентов для получения помощи при выполнении домашней работы.

Компания PWC в 2019 году также провела исследование в области голосового управления, результатом которого было распределение голосового поиска между устройствами [5]. Так же как и в предыдущем исследовании, участникам опроса был предоставлен список

Таблица 1. Когда люди чаще всего используют голосового ассистента

Обстоятельства использования голосового ассистента	Взрослые, %	Подростки, %
С друзьями	24	57
В ванной комнате	15	22
Когда говорят	23	8
Во время тренировок	15	17
Когда смотрят ТВ	36	59

устройств, и они выбирали, на каких пользуются голосовым управлением наиболее часто. Результаты представлены в табл.2.

По результатам исследования самое большое количество голосовых помощников принадлежит смартфонам, но не стоит упускать из внимания и другие устройства – второе место делят между собой гаджеты, отличающиеся размерами, но имеющие те же операционные системы, что и смартфоны – планшеты, ноутбуки, персональные компьютеры.

Еще одно значимое исследование провела компания Microsoft. Его целью было выявить наиболее популярные голосовые помощники [6]. Результаты исследования представлены в табл.3.

Обращаясь к табл.3, можно заметить, что сумма результатов превосходит 100%. Это объясняется тем, что люди имеют возможность пользоваться сразу несколькими голосовыми ассистентами. Первое место делят голосовые помощники Siri и Google Assistant.

Голосовое управление набирает обороты, ассистенты совершенствуются, а производители борются за первенство на рынке, стараясь добавить как можно больше уникальных функций. В декабре 2019 года специалисты компании Loup Ventures провели тестирование популярных голосовых ассистентов [7] в умных колонках. В ходе тестирования голосовым помощникам было задано 800 вопросов из пяти категорий:

Таблица 2. Распределение голосового поиска по типам устройств, %

Смартфон	Планшет	Ноутбук	ПК	Колонки	ТВ-пульт	Навигатор	Часы
57	29	29	29	27	21	20	14

Таблица 3. Результаты исследования компании Microsoft

Голосовой ассистент	Популярность, %
Microsoft Apple Siri	36
Google Assistant	36
Amazon Alexa	25
Microsoft Cortana	19
Другие	1

команды, навигация, информационные, коммерческие и локальные.

Согласно результатам тестирования, на первом месте оказался Google Assistant (Google Home). По данным тестирующих специалистов, голосовой помощник верно распознал 100% вопросов, а доля правильных ответов составила 87,9%. Показатели голосового помощника от Apple – Home Pod (Siri): 99,6% и 74,6% соответственно. Результаты Amazon Echo (Alexa): 99% и 72,5%, Cortana – 99,4% и 63,4%.

Также нельзя не заметить, что некоторые ассистенты более развиты в одних областях, нежели в других. К примеру, Alexa хорошо отвечает на вопросы из информационной области (91% правильных ответов) и намного хуже из коммерческой (52% правильных ответов). Следует отметить, что с задачами из коммерческой области хорошо справляется только Google Assistant. В целом, распознавание речи голосовыми ассистентами все еще неидеально, но уже имеет очень хороший уровень.

С каждым обновлением синтезирование речи становится все качественнее, более похожим на естественную речь, а набор функций все шире. В будущем не исключено, что голосовые ассистенты будут распознавать эмоции, подстраивая алгоритм работы под настроение пользователя.

Рассмотрим разработку алгоритма модуля голосового управления, она начинается с первого этапа – разработки пользовательского интерфейса. В табл.4 представлены случаи, в которых модуль при взаимодействии с пользователем требует реального отклика.

Простейший пользовательский интерфейс полностью охватывает все возможные взаимодействия, необходимые для управления модулем голосового распознавания аудиотекста. После того как аудиопоток, произнесенный пользователем, будет трансформирован в текст, работа над голосовой командой передается нижеописанному алгоритму, задача которого – выделить из текстового запроса команды разных уровней и выполнить запрошенное действие.

Перед началом запуска алгоритма распознавания необходимо выполнить подготовительные действия, которые заключаются в удалении ненужных для распознавания слов (с учетом предметной области), к примеру: "привет", "здравствуй", "пожалуйста", "канал", "телеканал", "информация о", "передача" и т. д., а также их модификаций.

Дальнейшую работу алгоритма можно представить в виде нескольких уровней распознавания команд, где на каждом из уровней представлен ассоциативный массив возможных вариаций ключевых слов и выделение общего правила. На последнем уровне расположены данные, благодаря которым в системе запускается результирующий поиск по внутренним данным.

Таблица 4. Описание интерфейса модуля голосового управления

Компонент	Тип взаимодействия	Ожидаемое поведение
Кнопка активации распознавания голосового сообщения	Краткое одиночное нажатие	Активируется алгоритм распознавания, открывается дополнительное меню для детального взаимодействия системы с пользователем
Текстовое поле для отображения результата	–	В течение распознавания выводится результат распознанных слов
Кнопка сброса распознавания	Краткое одиночное нажатие	Происходит сброс параметров объекта распознавания, после чего алгоритм распознавания активируется заново
Кнопка закрытия	Краткое одиночное нажатие	Прекращает запись голоса, выполняет сброс параметров объекта распознавания, разрушает объект, закрывает интерфейс

В текущем алгоритме существуют два уровня распознавания ключевых слов. На первом уровне происходит распознавание действия по правилам, описанным ниже. Если на первом уровне распознавание не дало результата, то по умолчанию за ключевое слово принимается действие "открыть". На втором уровне происходит распознавание навигационного пункта, к примеру: настройки, категории, поиск и т. д. После двух уровней распознавания, если текущая текстовая строка еще не пустая, то результат переходит к алгоритму повышения достоверности распознавания. В противном случае дальнейшее распознавание невозможно и команда принята как ошибочная.

Если по результату голосового запроса пользователя система выдаст несколько ответов, удовлетворяющих требованиям, корректным поведением будет открытие нового экрана, в заголовке которого указано "Результат голосового поиска", а на экране пользователю предоставлен результирующий список с возможностью выбора.

Далее ожидается действие пользователя, после чего активируется уже ранее описанная логика программы. На первом уровне происходит выделение первичного действия – глагола. Поскольку при голосовом распознавании могут быть допущены ошибки и входящее слово видоизменено, то следует определять неизменяемую часть и осуществлять поиск по включению этой части слова во входящей строке. Определение зарезервированных ключевых слов (табл.5) происходит путем изучения возможных запросов ввиду специфики области применения.

На втором уровне происходит выделение направления действия – существительного. Распознавание вхождения происходит тем же способом, что и на предыдущем уровне, с учетом возможных ошибок.

После прохождения вышеописанных преобразований остаток команды принимается в качестве названия телеканала, программы передач или названия фильма. Поскольку эти параметры чаще всего не заданы в точности как предоставляет EGP, поиск на соответствие реализуется с помощью алгоритма нечеткого поиска. Результаты проведенного сравнительного анализа алгоритмов нечеткого поиска представлены в табл.6.

Согласно полученным результатам, наиболее подходящим алгоритмом для локальной задачи поиска является "Расстояние Левенштейна". Недостаток, на который стоит обратить внимание, – отсутствие учета порядка слов, но ввиду специфики применяемой области этот недостаток не играет большой роли, поскольку большинство каналов состоит из одного слова и имеет общеизвестные названия. Для оптимизации алгоритма, решающего поставленную задачу,

Таблица 5. Зарезервированные морфологические части слов первого уровня

Неизменяемая морфологическая часть	Пример использования
"откр"	"открытие первого канала", "открыть первый канал", "открой первый канал", "открывай первый канал"
"най"	"найди первый канал", "попробуй найти первый канал"
"ищи"	"ищи первый канал", "поищи первый канал"
"закр"	"закрой приложение", "закрывай приложение", "закрывать приложение"
"зай"	"зайди на первый канал", "попробуй зайти на первый канал"
"перей"	"перейди в настройки", "перейдите в настройки", "попробуй перейти в настройки"
"ход"	"заходи в поиск", "выходи из приложения", "переходи в настройки"

можно ввести следующие правила, сокращающие варианты применения алгоритма нечеткого поиска:

- длина строки n должна отличаться от длины строки m не более чем на три символа;
- поскольку пользователю будет выведен результат только в том случае, когда значение расстояния $k \leq 3$, то можно использовать отсечение Укконена, благодаря чему временная сложность станет равна $O(k \min(m, n))$;
- согласно алгоритму на каждой итерации используются исключительно две последние строки матрицы. Это означает, что есть возможность сократить использование памяти до $O(\min(m, n))$, что имеет существенный вес при реализации в мобильном приложении;
- используемое API голосового распознавания имеет обширные возможности. Библиотека `react-native-voice` стабильно работает с мобильными операционными системами – как с Android, так и с iOS, имея полную совместимость.

Все методы, используемые в библиотеке, являются асинхронными, позволяя приложению работать в основном потоке в момент использования методов распознавания. В табл.7 описаны методы статического доступа к API.

Таблица 6. Сравнительный анализ алгоритмов нечеткого поиска

Название алгоритма	Определенные операции	Ограничения/недостатки
Расстояние Хемминга	Замена	Работает только на строках одинаковой длины
Расстояние Левенштейна	Вставка; удаление; замена	При перестановке слов значение расстояния слишком велико; в коротких словах расстояние незначительно
Расстояние Дамерау – Левенштейна	Вставка; удаление; замена; транспозиция	Наиболее часто используется при наборе текста, поскольку, по мнению Дамерау, 80% ошибок – транспозиция
Алгоритм расширения выборки	Генерация множества ошибочных слов	Время работы сильно зависит от ошибок и размера алфавита; занимает большие объемы памяти
Метод N-грамм	Разбиение слов на N-граммы	Имеет плохую точность; при большой входной строке занимает большие объемы памяти
Хеширование по сигнатуре	Вставка; удаление; транспозиция; замена	Чем длиннее хеш, тем менее точный результат

Исходя из описанных методов реализуется интуитивно понятный пользователю интерфейс управления библиотекой. Кроме того, методы библиотеки тесно связаны с событиями, происходящими при вызове методов. Они позволяют переопределить действие при вызове метода библиотеки, в связи с чем появляется возможность программирования библиотеки под конкретную задачу.

При помощи обратных вызовов – событий, легко обрабатывать некорректное поведение, к примеру, возникшие в ходе распознавания ошибки, или корректировать поведение методов. Например, останавливать распознавание речи не по нажатию на кнопку, а при помощи отслеживания вызова события `onSpeechRecognized`. Таким образом, как только в течение определенного времени прекратятся обратные вызовы, можно считать, что пользователь закончил произносить команду и необходимо остановить распознавание и начать обрабатывать результат.

Для разработки модуля голосового управления были использованы следующие IDE:

- Visual Studio Code – необходима для написания кода на языке программирования JavaScript;
- Xcode – необходима для компиляции проекта для мобильных устройств с операционной системой iOS;

- Android Studio – необходима для компиляции проекта для мобильных устройств с операционной системой Android;
- React-native примечателен тем, что после сборки приложения в режиме `release` код проекта, написанный на JavaScript, компилируется в нативный код для операционной системы устройства.

В режиме `debug` приложение представляет собой веб-оболочку, кроме того, на разных версиях операционных систем возможно разное поведение. Именно поэтому использовались следующие устройства для отладки программного кода:

- Genymotion – эмулятор устройств с операционной системой Android (имеет совместимость с IDE Android Studio);
- реальные устройства с операционной системой Android: Huawei P 20 Lite, Xiaomi Redmi 7A;
- Apple iOS Simulator – эмулятор устройств с операционной системой iOS (является встроенным в Xcode);
- реальные устройства с операционной системой iOS: iPhone 7, iPhone XR.

Модуль голосового управления спроектирован таким образом, что его можно легко подключать в произвольную часть приложения. Это дает дополнительную гибкость всей системе. Рассмотрим основные возможности модуля голосового управления:

Таблица 7. Методы статического доступа к библиотеке API

Название метода		Платформа
Voice.isAvailable()	Осуществляет проверку: доступна ли в системе служба распознавания речи (дал ли пользователь согласие на запись)	Android, iOS
Voice.start(locale)	Начинает прослушивание речи	Android, iOS
Voice.stop()	Останавливает прослушивание речи	Android, iOS
Voice.cancel()	Отменяет распознавание речи	Android, iOS
Voice.destroy()	Уничтожает экземпляр объекта	Android, iOS
Voice.removeAllListeners()	Обнуляет объявленные статистические методы библиотек	Android, iOS
Voice.is	Осуществляет распознавание речи	Android, iOS
Voice.getSpeechRecognitionServices()	Возвращает список механизмов распознавания речи, доступных на устройстве	Android

- голосовое управление мобильным приложением доступно только в том случае, если пользователь дал согласие на использование микрофона приложением. В противном случае данная возможность недоступна. Если согласие пользователя получено, на некоторых страницах приложения внизу экрана доступен значок микрофона;
- при нажатии на иконку с изображением микрофона запустится распознавание голоса, при этом необходимо произнести команду. Если команда не будет распознана в течение 7 с (пользователь не произнесет команду), голосовое распознавание

будет завершено и интерфейс автоматически вернется в исходное состояние. Если команда распознана и результат поиска имеет несколько вариантов, то пользователю будет раскрыт список, предоставляющий возможность сделать выбор. Если команда распознана и результат поиска однозначен – приложение точно выполнит команду. Если поиск по команде не дал результатов, то приложение выведет соответствующее сообщение. Если команда произнесена неверно, то есть алгоритм не выделил ключевых фраз, то приложение выведет соответствующее сообщение;

12-16 МАЯ

КВЦ «Патриот» (г. Кубинка, Московская область), павильон В, зал 2С2



МЕЖДУНАРОДНЫЙ САЛОН

КОМПЛЕКСНАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ 2021www.isse-russia.ruwww.iskrauraltel.ru

ИСКРАУРАЛТЕЛ

Инновационная компания АО «ИскраУралТЕЛ» ежегодно участвует в Международном салоне средств обеспечения безопасности «Комплексная безопасность». Приглашаем посетить наш стенд!

Мы представляем экспозицию **«Цифровизация регионального управления»**, ключевым элементом которой является **цифровая платформа для автоматизации органов РСЧС и процессов обеспечения безопасности жизнедеятельности**.

В рамках нашей экспозиции будут представлены результаты работ по проектированию и созданию **инфраструктуры АПК «Безопасный город»** в различных субъектах Российской Федерации и за рубежом. Также будут продемонстрированы решения для реализации проектов в рамках стандарта **«Умный город»**.

Отдельная секция стенда будет посвящена **решениям для оперативно-технологической и диспетчерской связи для экстренных служб и спасательных формирований**. Наши специалисты ответят на все интересующие вас вопросы.

Будем рады видеть вас на нашем стенде!

Таблица 8. Топ-5 по данным OWASP Mobile

№	Уязвимость	Описание уязвимости
M1	Improper Platform Usage (обход ограничений архитектуры)	Уязвимость подразумевает игнорирование или обход контроля систем безопасности в мобильных операционных системах
M2	Insecure Data Storage (небезопасное хранение данных)	Незащищенные данные, хранящиеся в базе данных SQLite, в лог-файлах, plist-файлах, в файлах Manifest, в cookie, SD-картах и т.д.
M3	Insecure Communication (небезопасная передача данных)	Использование незащищенных протоколов, передача чувствительных данных в открытом виде и т.д.
M4	Insecure Authentication (небезопасная аутентификация)	Уязвимость подразумевает некорректное управление сессиями, в результате чего злоумышленник может украсть сессию или чувствительные данные
M5	Insufficient Cryptography (слабая криптостойкость)	Использование недостаточно криптостойких или устаревших алгоритмов для хранения чувствительных данных

- для удобства пользователя разработана дополнительная возможность управления встроенным голосовым помощником: если иконка для запуска распознавания речи мешает пользователю, или пользователь не использует внутреннее распознавание речи – существует возможность скрыть распознавание при помощи локальных настроек в пункте "настройки" приложения. Если же модуль подключен в настройках, то пользователь на определенных экранах увидит иконку с микрофоном – что является исходной точкой для запуска алгоритма.

Одним из самых эффективных методов оценки безопасности проектов является pentest (тестирование на проникновение). Эффективность базируется на осуществлении искусственных испытаний на проникновение, то есть моделируются атаки злоумышленников. Открытый проект обеспечения безопасности OWASP Mobile Security Project формирует топ-10 уязвимостей для мобильных платформ [8]. Пять первых по значимости из них представлены в табл. 8.

Таким образом, для разработанного мобильного приложения был проведен pentest с целью выявления критических уязвимостей и последующей защиты приложения. Для его осуществления был использован ряд утилит. Анализ современных голосовых помощников позволил определить четкие границы в тенденции развития технологии распознавания речи, в том числе определить перспективные направления, оценить функциональность алгоритмов распознавания, выявить наиболее уязвимые направления и векторы атак злоумышленников. Согласно научно-информационным источникам в области кибербезопасности

на текущий момент защита от атак с использованием уязвимостей в голосовых помощниках не реализована в полной мере и находится в стадии активной разработки.

С учетом проведенных исследований осуществлен выбор наиболее защищенных технологий в изученной области и выполнено проектирование модуля голосового распознавания с использованием предложенных мер защиты. Опираясь на требования к модулю голосового управления, выдвинутые компанией Microimpuls, мобильное приложение разработывалось на платформе React Native от компании Facebook сразу для двух операционных систем – iOS и Android – с использованием встроенных мер защиты на уровне ОС.

В ходе исследований технических алгоритмов обработки голосовых команд проведен сравнительный анализ алгоритмов нечеткого поиска, в результате чего был выбран алгоритм Левенштейна, главным достоинством которого является небольшая вычислительная сложность, что играет колоссальную роль при реализации функционала на мобильных устройствах. Кроме того, для уменьшения нагрузки на устройства были применены оптимизационные методы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клюев Л. Открытые проблемы в области распознавания речи. Лекция в Яндекске // Блог компании Яндекс: Алгоритмы, Машинное обучение [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/company/yandex/blog/337572/> (дата обращения: 14.09.2020).
2. Фролов Г.О. Применение вейвлет-преобразования в задачах идентификации по голосу // Современные научные исследования и инновации.

2013. № 5 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2013/05/24295> (дата обращения: 27.09.2020).
3. **Ермоленко Т.В., Жук А.В.** Классификация фреймов речевого сигнала в задачах дикторонезависимого распознавания речи // Искусственный интеллект. 2011. № 4. С. 87–95.
 4. **Young W.** LSA16: Impact of Virtual Assistants & A.I. on Search // The official voice of the Local Search Association. [Электронный ресурс]. URL: https://www.lsainside.com/lsa16-impact-of-virtual-assistants-a-i-onsearch/archives#sthash.NZRP_0LQ0.dpbs (дата обращения: 27.10.2020).
 5. **McCaffrey M.** et al. Prepare for the voice revolution. An in-depth look at consumer adoption and usage of voice assistants, and how companies can earn their trust—and their business // 2017 – Thu Nov 28 10:44:21 UTC 2019 PwC. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pwc.com/us/en/services/consulting/library/consumer-intelligenceseries/voice-assistants.html> (дата обращения: 01.11.2020).
 6. **Остапенко А.** Названы самые популярные голосовые помощники // www.dgl.ru [Электронный ресурс]. URL: https://www.dgl.ru/news/nazvany-samye-populyarnye-golosovyepomoshhniki_15386.html (дата обращения: 06.11.2020).
 7. **Munster G., Thompson W.** Annual Smart Speaker IQ Test // 2019. Loup Ventures, LLC. [Электронный ресурс]. URL: https://loupventures.com/annual-smart-speaker-iq-test/?utm_source=ixbtcom (дата обращения: 15.11.2020).
 8. **McCamon M.** et al. OWASP Mobile Security Project // [Электронный ресурс]. URL: https://www.owasp.org/index.php/OWASP_Mobile_Security_Project#tab=Top_10_Mobile_Risks (дата обращения: 16.11.2020).

НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 920 руб.

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ: Учебное пособие

Умняшкин С.В.

Издание шестое, исправленное

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2021. – 504 с.,
ISBN 978-5-94836-617-3

Учебное пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров и магистров «Прикладная математика», «Информатика и вычислительная техника», и направлено на изучение теоретических основ цифровой обработки сигналов (ЦОС). Помимо базовых разделов ЦОС, связанных с цифровым представлением сигналов, анализом и синтезом цифровых фильтров, в пособии рассматриваются вопросы многоскоростной обработки сигналов, адаптивной фильтрации, дискретного спектрального анализа. Значительное внимание уделено таким специальным разделам ЦОС, как эффективное представление сигналов (сжатие данных), теория и приложения дискретных вейвлет-преобразований.

Пособие также может быть рекомендовано в качестве дополнительного учебного материала для других инженерных направлений подготовки, связанных с ЦОС (радиотехника, электроника, телекоммуникации и связь, автоматическое управление и др.). При этом базовая часть материала первых глав представляет собой основу для вводного курса (уровень бакалавриата), а в полном объеме учебное пособие ориентировано на более углубленное изучение теории ЦОС в магистратуре.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; ☎ +7 495 956-3346; knigi@technosphaera.ru, sales@technosphaera.ru