

Денисов Максим Владимирович

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗВУКОВОГО СИГНАЛА**

Адрес статьи: [www.gramota.net/materials/1/2011/11/18.html](http://www.gramota.net/materials/1/2011/11/18.html)

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

**Альманах современной науки и образования**

Тамбов: Грамота, 2011. № 11 (54). С. 58-60. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: [www.gramota.net/editions/1.html](http://www.gramota.net/editions/1.html)

Содержание данного номера журнала: [www.gramota.net/materials/1/2011/11/](http://www.gramota.net/materials/1/2011/11/)

**© Издательство "Грамота"**

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: [www.gramota.net](http://www.gramota.net)

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: [almanac@gramota.net](mailto:almanac@gramota.net)

применен генетический алгоритм обучения. В качестве операторов генетического алгоритма используются операторы мутации, скрещивания, селекции, инверсии.

Таким образом, построенный прототип системы распознает ключевые слова с точностью 67%.

#### Список литературы

1. Камаев В. А., Щербаков М. В., Панченко Д. П., Щербакова Н. Л., Бребельс А. Применение коннективистских систем для прогнозирования потребления электроэнергии в торговых центрах // Управление большими системами. М.: ИПУ РАН, 2010. Вып. 31. С. 92-109.
2. Специфика применения интеллектуальных моделей анализа данных для повышения энергетической эффективности / М. В. Щербаков, Н. Л. Щербакова, Д. П. Панченко, А. Бребельс, А. П. Тюков, М. А. Аль-Гунаид // Известия ВолгГТУ. Серия «Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах». Волгоград, 2010. Вып. 9. № 11. С. 72-76.
3. Щербаков М. В., Камаев В. А. Использование нейросетевых технологий для анализа сложных иерархических систем / М. В. Щербаков, В. А. Камаев, Д. П. Панченко // Вестник Брянского государственного технического ун-та. 2004. № 1. С. 202-207.
4. Shcherbakov M. V., Panchenko D. P. Implementation of Genetic Algorithms for Transit Points Arrangement // Information Technologies & Knowledge: suppl. of "Information Science and Computing". 2009. Vol. 3. № 9. P. 129-131.

УДК 004.522

Максим Владимирович Денисов  
Волгоградский государственный технический университет

### ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗВУКОВОГО СИГНАЛА<sup>©</sup>

#### Введение

В настоящее время все чаще используется распознавание речи. Данная технология практически незаменима для создания дополнительного канала управления в различных автоматизированных системах, таких, как человеко-машинный интерфейс взаимодействия, средства для людей с ограниченными возможностями, в сфере информационной безопасности, в сфере образования для проведения тестирования и многих других.

В настоящее время в большинстве случаев используются скрытые марковские модели. Скрытые марковские модели основаны на вероятностном соотношении порядка фонем в слове. Они хорошо работают при небольшом размере словаря, но при размере словаря больше определенного предела данный метод практически перестает работать. Таким образом, разработка метода, способного распознавать ключевые слова в потоке речи с большим размером словаря является актуальной задачей. Одним из важнейших этапов распознавания речи является предварительный анализ звукового сигнала с целью выделения признаков, которые впоследствии будут поданы на вход модели распознавания ключевых слов.

#### Методика выделения характерных признаков речевого сигнала

Для однозначной идентификации ключевого слова необходимо выделить характерные признаки данного ключевого слова. Для решения этой задачи был разработан следующий алгоритм, который разделен на 7 этапов:

1. Выделение амплитуд из исходного сигнала

На вход системы поступает звуковой файл формата "wav". Звуковые файлы данного типа - контейнерные файлы, которые содержат файл формата "pcm". В файле "pcm" хранится последовательность амплитуд.

2. Выделение потока речи из последовательности амплитуд

Весь сигнал разбивается на последовательность кадров длиной в 256 отсчетов.

В любом сигнале первые 150-200 мс являются тишиной. Вследствие этого значения отсчетов в этом временном диапазоне можно считать случайной величиной.

Случайная величина  $x$  имеет нормальное распределение, если её плотность распределения определяется зависимостью:

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2},$$

где  $\mu$  - среднее значение случайной величины;

$\sigma$  - нормальное распределение случайной величины.

Среднее значение случайной величины определяется следующей формулой:

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i,$$

где  $N$  - количество случайной величины;

$x_i$  - случайная величина.

Нормальное распределение случайной величины определяется следующей формулой:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}$$

Сравнивая данное нормальное распределение с нормальным распределением в каждом кадре - можно узнать является ли данный кадр тишиной или сигналом.

Далее происходит формирование массива признаков для каждого кадра.

Вычисляется отношение:

$$\text{dimensional} = (\text{input}[i] - \mu) / \sigma,$$

где  $\text{input}[i]$  - значение амплитуды текущего кадра;

$\text{sampleValues}[i]$  - массив признаков текущего кадра.

Если  $\text{dimensional} > 3$ , то  $\text{sampleValues}[i] = 1$ .

Иначе  $0$   $\text{sampleValues}[i] = 0$ .

Если в массиве  $\text{sampleValues}$  количество единиц больше количества нулей, то данный кадр является речью, иначе нет.

### 3. Фильтрация сигнала

На данном этапе происходит изменение массива последовательности амплитуд в соответствии с тем, что человека слышит звуки в диапазоне частот от 300 Гц до 4000 Гц.

### 4. Нарезка сигнала перекрывающимися кадрами

На данном этапе используется перекрытие кадров для предотвращения потерь на границе кадров. Величина перекрытия равна 128.

### 5. Обработка сигнала в окне Хэмминга

На данном этапе используется обработка в окне Хэмминга. Данная обработка используется для снижения граничных аномалий после нарезка сигнала перекрывающимися кадрами.

### 6. Применение БПФ

На данном этапе используется теорема, открытая Фурье - «каждый непрерывный периодический сигнал может быть представлен в виде суммы базисных функций».

На основе этого выполняется преобразование Фурье, т.е. перевод исходного массива из временного домена в частотный.

Из 256 отсчетов получается 128 пар (амплитуда и фаза). Фазу мы отбрасываем - поскольку смещение нас не интересует. Набор амплитуд называется спектром. В результате получатся спектральная характеристика исходного сигнала.

### 7. Выделение кепстральных коэффициентов для каждого кадра

В каждом кадре происходит разбиение последовательности частот на интервалы. Интервалы выбираются на основе восприятия человеком частот. К примеры более низкие частот человек слышит лучше, чем высокие.

Затем выполняем вычисление распределения энергии по частотным интервалам:

$$S_i = \frac{\sum_{k=b_i}^{n_i} \text{Mag}X_k * \text{Mag}X_k}{K},$$

$$i = 0, \dots, M - 1$$

где  $b_i$  - номер первой частоты в  $i$ -м частотном интервале;

$n_i$  - номер последней частоты в  $i$ -м частотном интервале;

$M$  - количество кадров речевого сигнала;

$K$  - общее количество частотных интервалов.

После выполняется расчет кепстральных коэффициентов:

$$c_i = \sum_{j=1}^M (\log_{10} S_j) \cos\left(\frac{i\pi}{M}(j-0.5)\right),$$

$$i = 1, \dots, N$$

где  $S_i$  есть усредненный спектр сигнала усиленной интенсивности, характерный для  $k$ -ого частотного интервала (бенда) в мел-скейл фильтре;

$M$  - количество интервалов, на которые разбивается спектр;

$N$  - количество первых кепстральных коэффициентов.

Причем количество кепстральных коэффициентов может варьироваться.

### Выводы

Было рассмотрено выделение первичных характерных признаков речевых сигналов для систем распознавания речи. Входной сигнал после взвешивающей низкочастотной фильтрации разбивается на перекрывающиеся кадры, к которым применяется функция окна Хемминга и фразового выделения. Далее изучают спектрограмму сигнала, результаты которого применяется для формирования первичных характерных признаков. Распределение энергии сигнала по частотным интервалам определяет как соотношениями друг с другом

амплитуд спектра по частотным интервалам, которое реагирует человеческий слух. В качестве характерных признаков используются интенсивности сигнала на каждом диапазоне для распознавания речи. Таким образом, совокупность этих методов может служить инструментом для предварительной обработки звуковой информации для дальнейшего анализа.

#### Список литературы

1. **Быстрое преобразование Фурье** [Электронный ресурс]. URL: [http://ru.wikipedia.org/Быстрое\\_преобразование\\_Фурье](http://ru.wikipedia.org/Быстрое_преобразование_Фурье)
2. **Запругаев С. А.** Распознавание речевых сигналов / С. А. Запругаев, А. Ю. Коновалов // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. Воронеж, 2009. С. 34-37.
3. **Оконное преобразование Фурье** [Электронный ресурс]. URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Оконное\\_преобразование\\_Фурье](http://ru.wikipedia.org/wiki/Оконное_преобразование_Фурье)

УДК 574

Людмила Михайловна Журавлева

Самарский государственный технический университет

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФИТОТЕХНОЛОГИИ ДООЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОАО «КНПЗ» Г. САМАРЫ<sup>©</sup>

Вода - ценный природный ресурс. На современном этапе одним из направлений рационального использования водных ресурсов является разработка новых технологических процессов очистки сточных вод предприятий, позволяющих предотвратить загрязнение водоемов и свести к минимуму потребление свежей воды.

Последние 10-15 лет ведутся интенсивные исследования по очищению промышленных стоков высшими водными растениями (ВВР). Комплекс методов очистки вод, грунтов и атмосферного воздуха с использованием зеленых растений получил название *фиторемедиации*. Фиторемедиация является одним из направлений более общего метода *биоремедиации*. Первые простейшие методы очистки сточных вод - поля орошения и поля фильтрации - были основаны на использовании растений. Первые научные исследования были проведены в 50-х годах в Израиле, однако активное развитие методики произошло только в 80-х годах XX века. Достоинством этого способа является очищение сточных вод от ионов тяжелых металлов (ИТМ), органических соединений, моющих веществ, различных ядов и радионуклидов. При этом в фитомассе и воде уничтожаются вредные бактерии, вода обогащается кислородом, полученным в результате биосинтеза, а большая часть токсичных веществ расщепляется на составные химические элементы. Избыточного накопления опасных количеств вредных веществ в ВВР не происходит [1]. Очистку сточных вод с помощью ВВР можно считать самым эффективным и дешевым способом, так как, по оценкам специалистов, затраты на фиторемедиацию обычно не превышает 20% затрат на альтернативные технологии.

Для ликвидации избытка в промышленных сточных водах биогенных веществ предлагается использовать различные ВВР: ряску, уруть, нителлу, элодею, валлиснерию спиральную, рдест курчавый и другие. Экспериментально показано, что эти водные растения успешно поглощают соли аммония и фосфора.

В теплое время года в сточных водах ОАО «КНПЗ» г. Самары, подвергшихся биологической и фитоочистке, наблюдаются превышения нормативов биогенных элементов, поэтому возникает необходимость дополнительной очистки сточных вод от соединений азота и фосфора. В работе [2] для фитоочистки ВВР сточных вод предлагается специальное устройство, которое может устанавливаться на вторичные или третичные отстойники.

Устройство представляет собой П-образный желоб, стенки которого выполнены из водопроницаемого материала. В устройстве высажены высшие водные растения в мелкую гравийную смесь фракции 3-5 мм, толщина слоя 2 см. Высоту устройства выбирают из условия полного погружения ВВР в толщу воды, что необходимо для предотвращения их вымерзания в холодное время года. С целью предотвращения выноса ВВР из желоба стенка, прикрепляемая к водосборному лотку, должна быть выше уровня воды в желобе. В качестве материала для изготовления П-образного желоба может быть использована тканая синтетическая сетка. Крепление П-образного желоба осуществляют анкерными болтами к стенкам отстойника и водосборного лотка.

Оптимальные размеры конструкции зависят от степени биологической очистки от соединений азота и фосфора и качества очищенных сточных вод. Для изготовления устройства не требуется специальной оснастки и новой технологии. Однажды созданная установка может работать много лет, не требуя специального обслуживания и материалов.

Автором выполнен анализ экономической эффективности использования описанного устройства для доочистки сточных вод ОАО «КНПЗ» г. Самары. В качестве ВВР предполагается применение валлиснерии спиральной (*Vallisneria spiralis*) и рдеста курчавого (*Potamogeton crispus*). Выбор данных видов ВВР обусловлен их