электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

УДК 004.934

КОМПЛЕКС ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНО-ФОНОСКОПИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

11, ноябрь 2012

Евтеева С.Ю.
Студент,
кафедра «Судебная компьютерно-техническая экспертиза»

Научный руководитель: Бонч-Бруевич А.М.,
к.т.н., доцент кафедры «Защита информации»

МГТУ им. Н.Э. Баумана
Evteeva.Sofya92@gmail.com

В настоящее время возрастает число фоноскопических экспертных исследований, что обусловлено увеличением количества средств звукозаписи, доступных как для сотрудников правоохранительных органов, так и используемых самими злоумышленниками. Широкое использование различных технических средств звукозаписи, с другой стороны облегчает расследование преступлений и их раскрытие, а с другой стороны приводит к росту объема фоноскопических данных, который требуется анализировать в сжатые сроки. При анализе записей в настоящее время широко применяется программное обеспечение с функциями цифрового анализа сигналов.

Можно выделить следующие задачи, стоящие перед экспертами – фоноскопистами: шумоочистка речи; идентификация диктора по голосу; диагностика подлинности звукозаписи; повышение разборчивости речи; фрагментация (разбиение записи на участки речи соответствующие отдельным дикторам); восстановление голоса после искажения; исследование фонограмм телефонных переговоров, с учетом характерных искажений при использовании вокодеров в стандарте GSM; задача сравнения эталона записи с образцами.

Для решения этих задач используются программные средства отечественного и зарубежного производства: SoundCleaner, VoiceGrid, EDSW, Adobe Audution, reNOVAtor, WebSphere Voice Server и ряд других, которые решают поставленные задачи методами адаптивной фильтрации, спектрального анализа, анализа графических спектрограмм, информационного анализа следов фонообъектов и вейвлет-преобразования. В тоже время, применение большинства известных методов обработки речевой информации предполагает, что эксперт в ручную выделяет фрагменты сигнала, к которым применяются соответствующие алгоритмы обработки. При этом важно отметить, что например анализ графических спектрограмм применим к фрагментам записи длительностью не более 15 с. [1], так как спектрограмма сигнала с большей длительностью, как правило, не информативна. Необходимость работы с короткими фрагментами сигнала повышает сроки проведения фоноскопических экспертиз и

увеличивает трудозатраты эксперта. Следовательно, автоматизация работы экспертов является актуальной задачей. Автоматизация работы эксперта предполагает решение следующих задач – выделения близких по звучанию фрагментов речи, вырезание пауз, выделение голоса одного из дикторов из записи, автоматическая шумоочистка и т.д. Сложность решения этих задач состоит в выделении набора индивидуальных признаков голоса диктора. Важно отметить, что на данный момент задача определения устойчивых информационных признаков, характеризующих особенности речи конкретного человека не решена окончательно, главным образом из-за того, что временные и спектральные характеристики речи обладают очень большой вариативностью. Таким образом, на данный момент актуальна разработка новых подходов к анализу акустической информации.

Целью работы является разработка метода анализа речевых сигналов, позволяющего выделить большее число информативных признаков речи, и программного обеспечения для его реализации, а также оценка области применения предложенного анализа. Предлагаемый метод основан на том, что из графической спектрограммы речевого сигнала, показанной на рисунке 1, выделяются контура, соответствующие трекам локальных максимумов изменения спектра в частотно-временной области. Каждый из выделенных контуров является не замкнутой линией, содержащей информацию об изменении мгновенной частоты и амплитуды компонента речевого сигнала (речевого вокализма).

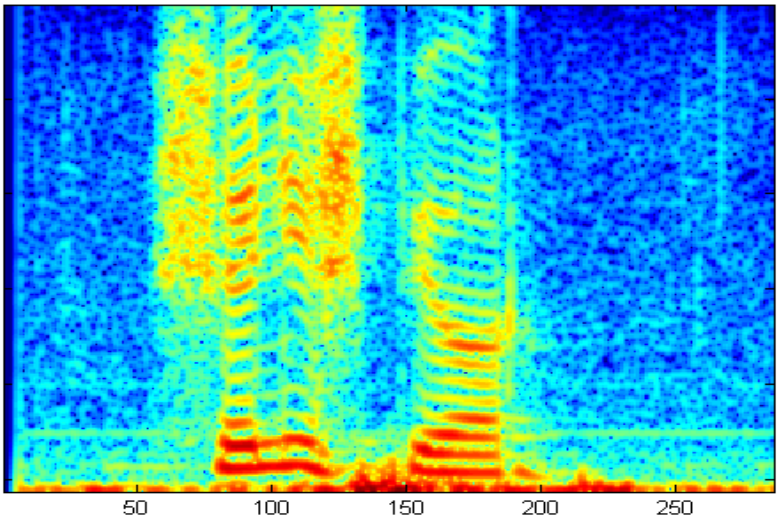


Рис.1. Графическая спектрограмма акустического сигнала

Информативными параметрами при таком представлении данных могут быть такие характеристики, как величина изменения амплитуды и частоты в пределах одного контура, средняя длительность контура, максимальное значение скорости изменения амплитуды и частоты, коэффициент корреляции между соседними контурами и т.д. В настоящее время проводиться работа по выделению наиболее информативных признаков из массива контуров, описывающего спектрограмму. На рисунке 2 показаны выделенные цветом и интенсивностью контура, относящиеся к речевому сигналу по характерным признакам – длительности, интенсивности, девиации частоты и пик-фактору.

Так как каждый контур обладает своими характеристиками, то мы можем рассматривать его как отдельный объект, для которого определены правила оценки принадлежности к сигналу или к помехе. Анализ совокупности таких объектов позволит решить задачу оценки принадлежности голоса конкретному диктору.

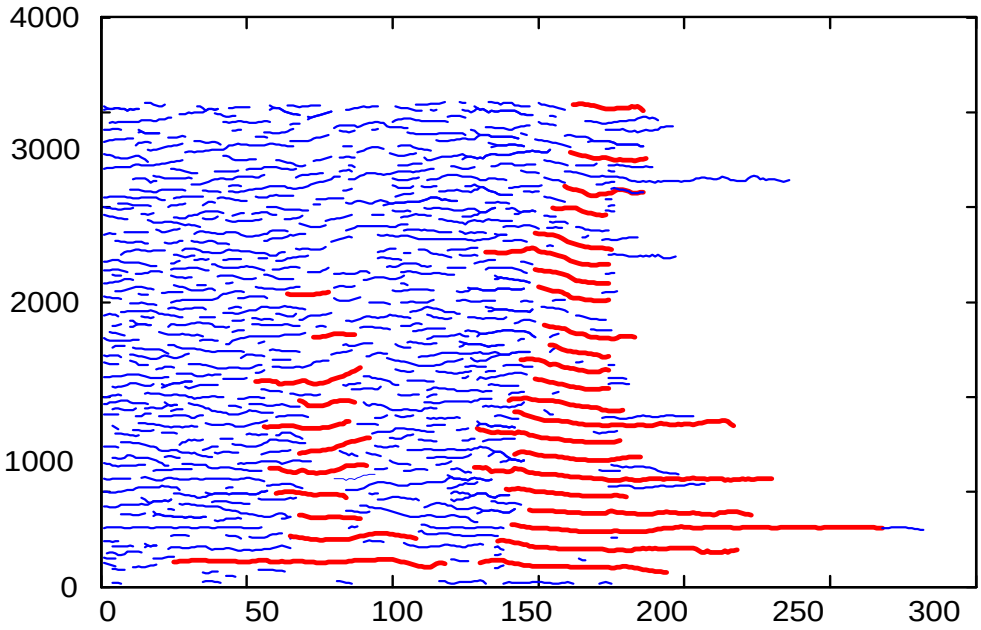


Рис.2. Контурный массив, описывающей спектрограмму

Представление графической спектрограммы как массива отдельных контуров дает следующие новые возможности в областях анализа, синтеза, обработки и классификации речевых сигналов:

-возможность классифицировать сигналы в графической спектограмме по длительности, амплитуде, частоте девиации.

- возможность определить сигнал по заданным критериям;

-работа с отдельными контурами, например, воспроизведение только контуров, среднее значение которых выше заданного порога;

Математическая модель речевого сигнала при контурном анализе имеет вид [3]:

$$y(t) = \sum_{i=1}^{N} A_i(t) * \cos(2\pi F_i(t - \tau_i)), \text{ где}$$

$A_i(t)$ - значение мгновенной амплитуды для i-ого контура;

$F_i(t)$ - значение мгновенной частоты для i-ого контура;

τ_i - значение смещения во времени для i-ого контура;

По характеристикам производной мгновенной частоты по времени $dF_i(t)/dt$ можно с высокой точностью выделять моменты речи, так как для вокализованных звуков изменение частоты происходит постепенно, а для шума – скачками. Анализ совокупности информации о контурах позволит выделить голос одного человека из записи на основе устойчивых информационных признаков характерных для конкретного диктора, сравнивать записи и решать другие задачи обработки речи.

Корректность использованной математической модели и способа представления спектрограммы речевого сигнала в виде массива контуров речевых вокализмов может быть проверена при решении задачи синтеза сигнала по массиву контуров. Спектрограмма синтезированного сигнала показана на рисунке 3. Видно, что в синтезированном сигнале сохранена структура сигнала, и снижен уровень шумов. Синтезированный сигнал не отличим по звучанию от исходного, в нем сохраняются интонации и индивидуальные особенности диктора – тембр, манера речи и т.д.

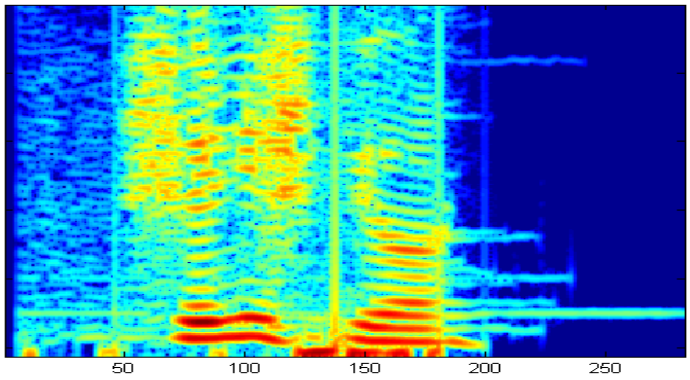


Рис.3. Синтезированная графическая спектрограмма речевого сигнала

Всего в спектрограмме речевого сигнала одновременно могут существовать от 1 до 50 контуров. Каждый контур соответствует изменяющейся во времени гармонике частоты основного тона речи. Из практики, для высококачественного звучания достаточно 15-20 одновременно звучащих гармоник, для разборчивой речи – от 5 до 8, для потенциальной возможности восстановления информации необходимо 3-4 гармоники [2]. Если не удается выделить более 3-х контуров, относящихся к речи человека, на спектрограмме речевого сигнала то можно говорить только об обнаружении речевой активности, но не о выделении смысла речи.

Для информационных признаков, в соответствии с предложенной контурной моделью речи, можно выделить не только средние или экстремальные значения векторов $A_i(t)$ и $F_i(t)$, но и статистические характеристики – например функции распределений амплитуд или частот для контуров речи [4,5].

Выводы. Предложен новый подход к анализу речевой информации, позволяющий проводить более детальный анализ сигналов по сравнению с существующими методами анализа. Использование контурных метрик позволит расширить пространство признаков речевых сигналов для их анализа и обработки. Для снижения вероятности ошибки в работе эксперта-фоноскописта разработано программное обеспечение, реализующее обработку речевых сигналов на основе анализ их контурных метрик.

Список литературы

1. Козлачков С.Б, Бонч-Бруевич А.М. Разработка средств для спектрально-корреляционного анализа речевых сигналов - Труды X Российской научно-технической конференции НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМАХ СВЯЗИ И УПРАВЛЕНИЯ, Калуга, 2011 С. 534–536

2. Бонч-Бруевич А.М., Козлачков С.Б. Особенности формирования тестовых сигналов в приложениях оценки защищенности речевой информации - Интеллектуальные системы: Труды десятого международного симпозиума / под ред. К.А. Пупкова. М.: РУСАКИ, 2012. – 603 с

3. Дворянкин С.В. Цифровая шумоочистка аудиоинформации. Под ред. Д.т.н. Петракова А.В., М.: ИП РадиоСофт, 2011, 208 с.

4. Введение в контурный анализ; приложения к обработке изображений и сигналов/ Я.А. Фурман и д.р. Под ред. Я.А. Фурмана. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. -592 с.

5. Горелик А.Л. Скрипкин В.А. Методы распознавания. Учебное пособие для вузов. М.: «Высшая школа», 1977.