

*E.K.Kuular<sup>1</sup>, A.A. Tikhomirov<sup>2</sup>, A.I. Trufanov<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> Irkutsk National Research Technical University, Russia, Irkutsk, Lermontov street, 83, e-mail: kinash\_family@mail.ru, e-mail: troufan@istu.edu*

*<sup>2</sup> INHA University, Incheon, Republic of Korea, 100 Inha-ro, Yonghyeon 1(il).4(sa)-dong, Nam-gu, Incheon, e-mail: alexeitikhomirovprof@gmail.com*

### **Identification of sound information sources by network analysis**

*Keywords : sound information, identification, complex networks*

*A method for processing of audio information has been developed and its application to automatic analysis and recording classification, including speech, has been proposed. The method is based on the information representation in the form of associative semantic (cognitive) network structure.*

*Э.К.Куулар<sup>1</sup>, А. А. Тихомиров<sup>2</sup>, А. И. Труфанов<sup>1</sup>*

*Иркутский Национальный исследовательский технический университет «ИРНИТУ», Россия, Иркутск, улица Лермонтова, 83, e-mail: kinash\_family@mail.ru, e-mail: troufan@istu.edu*

*Университет ИНХА, Инчхон, Республика Корея, 100 Inha-ro, Yonghyeon 1(il).4(sa)-dong, Nam-gu, Incheon, Южная Корея, e-mail: alexeitikhomirovprof@gmail.com*

### **ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ЗВУКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ МЕТОДОМ СЕТЕВОГО АНАЛИЗА**

*Ключевые слова: звуковая информация, идентификация, комплексные сети*

*Разработан метод обработки звуковой информации, и предложено его применение для автоматического анализа и классификации звукозаписей, в том числе речевых. В основе метода лежит представление информации в виде структуры ассоциативной семантической (когнитивной) сети.*

#### **Введение**

В последние годы важнейшей задачей информационной безопасности становится создание и применение новых эффективных методов и средств защиты информации, в том числе и звуковой информации. Применяемые к звуковым данным средства призваны прежде всего предотвратить угрозы доступа к информационным ресурсам посторонних лиц, не имеющих на это прав. Также перед ними стоят проблемы защиты авторских данных. В общем случае усилия разработчиков направлены на создание систем надежной идентификации личности по звуковой записи. Для решения этой задачи необходимо наличие идентификаторов и создание процедур идентификации для всех пользователей. Среди наиболее значимых биометрических характеристик человека выделяется его голос, обладающий набором специфических черт, относительно легко поддающихся измерению, например, частотный спектр голосового сигнала. Метод идентификации личности по звуковой записи голоса традиционно используется в области криминалистики. Большая роль голосовой идентификации обусловлена также постановкой такой важной проблемы, как защита речевой информации. Идентификация применяется при создании новых технических средств и программно-аппаратных устройств защиты речевой информации, в частности, от утечки по акустическим, виброакустическим и другим каналам.

В реализации метода сравниваются частотные характеристики звуковых записей [1,2] естественно, что обработка большого объема звуковой информации требует значительных объемов вычислительных ресурсов.

Э.К.Куулар, А. А. Тихомиров, А. И. Труфанов  
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ЗВУКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ МЕТОДОМ  
СЕТЕВОГО АНАЛИЗА

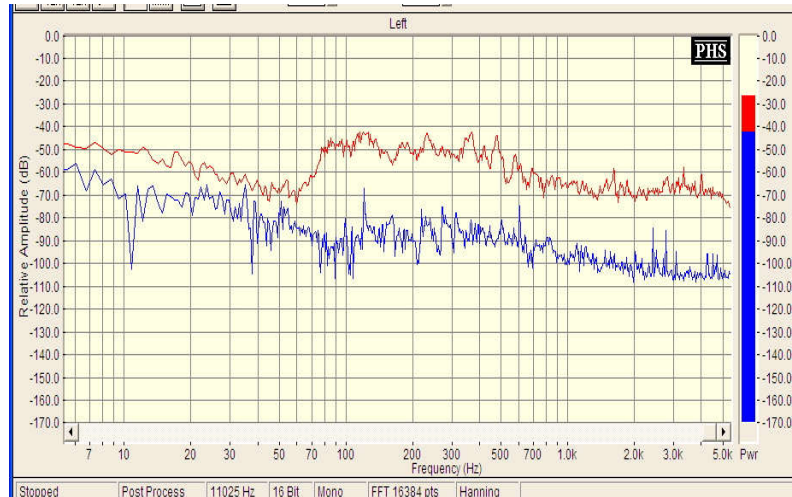


Рис.2. Частотная волна

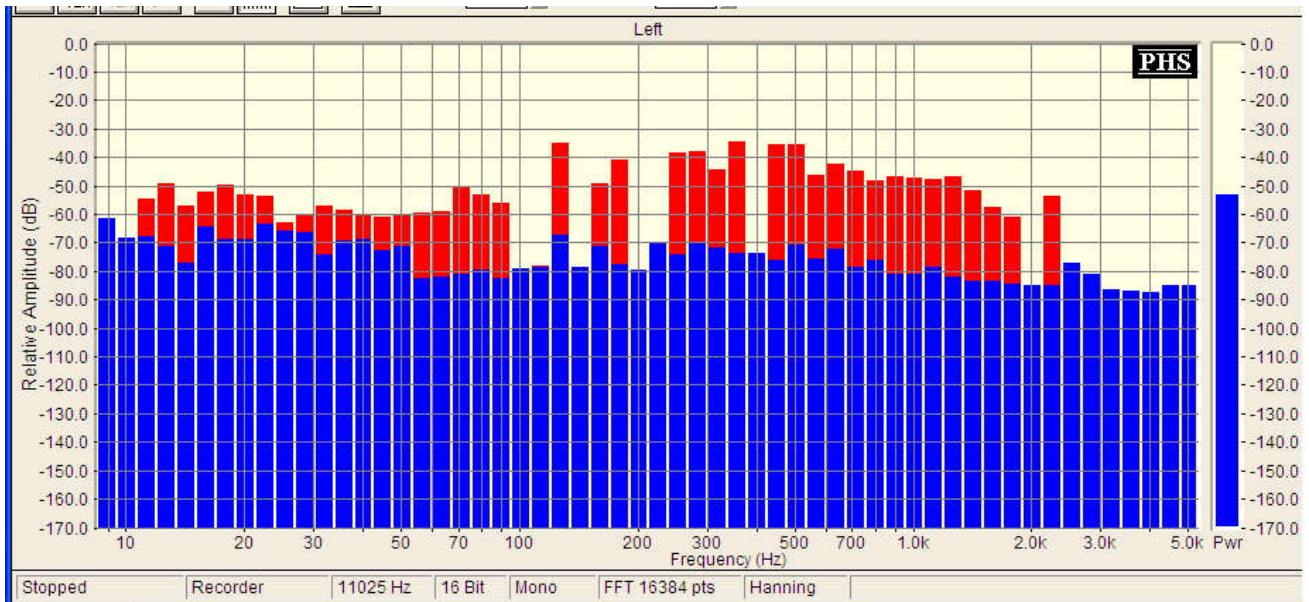


Рис. 1 Гистограмма спектрального звукового ряда

**Метод.** При решении задач распознавания источников речи интересным представляется подход, используемый в анализе когнитивных комплексных сетей. Комплексные сети (сложные сѣти) - это существующие в природе сети, обладающие нетривиальными топологическими свойствами.. В качестве узлов такой сети рассматриваются элементы моделируемых сложных систем, взаимодействие между элементами отражаются в связях сети . Модель Барабаши — Альберт — одна из нескольких предложенных моделей со степенным распределением, которые генерируют безмасштабные сети. Она интегрирует в себе два важнейших общих принципа: рост сетевой конструкции , принцип предпочтительного присоединения (ПП). Обе концепции широко представлены в сетях реального мира. Феномен роста означает, что число узлов и связей в сети увеличивается со временем. Принцип ПП заключается в том, что чем больше связей имеет узел, тем более вероятен он при выборе для создания новых связей[3,4]. «Когнитивные сети»[5] с использованием комплексных сетей предлагают объективное описание таких антропогенных объектов как музыкальные произведения, структура языка

Э.К.Куулар, А. А. Тихомиров, А. И. Труфанов  
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ЗВУКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ МЕТОДОМ  
СЕТЕВОГО АНАЛИЗА

и литературных текстов, сети взаимоотношений героев литературных произведений, также некоторые живописные произведения, например представителей кубизма.

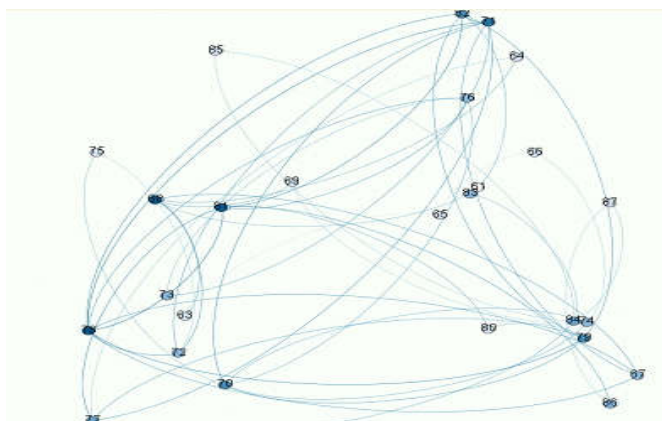
Реализуя предлагаемый метод, установим, что будет являться элементарным знаком в случае аудио информации, и задаем меру близости между двумя знаками. Аудио информация имеет линейную структуру, оказалось удобным принимать за узел относительную амплитуду (Relative Amplitude (dB)), а связь между узлами (амплитудами) в сети определяет последовательность амплитуд .

В качестве входных данных мы использовали звуковые WAV файлы. Упрощенно такой файл можно представить как список чисел от 0 до 170, в программе SpectraPLUS, которые отражают относительную амплитуду (Relative Amplitude (dB)) частоты (Hz)) звукового ряда.

*Табл. 1 Амплитуда частот в (db)*

№	dB	№	dB	№	dB
1	61	21	82	41	81
2	68	22	79	42	81
3	67	23	78	43	78
4	71	24	67	44	82
5	77	25	78	45	83
6	64	26	71	46	83
7	68	27	77	47	84
8	68	28	79	48	85
9	63	29	70	49	84
10	65	30	74	50	77
11	66	31	70	51	81
12	74	32	71	52	86
13	69	33	73	53	86
14	68	34	73	54	87
15	72	35	76	55	84
16	71	36	70	56	85
17	82	37	75		
18	81	38	72		
19	80	39	78		
20	79	40	76		

**Результаты.** Установлено, что частотный спектр звуковой записи относительно просто преобразуется в сетевую структуру по его амплитудным показателям. Поэтому любую звуковую систему можно представить как сеть и далее изучать ее основные



*Рис.3 Визуализация графа*

топологические характеристики. Такие как средняя степень, средний коэффициент кластеризации, средняя длина пути. Для нескольких семантических сетей, соответствующих звуковым файлам, можно проанализировать различие (расстояние) между ними, чтобы сделать вывод о близости самих звукозаписей. Так как многие семантические сети-взвешенные графы, для определения их близости имеет смысл использовать метрику, учитывающую разности весов соответствующих ребер графов. По

Э.К.Куулар, А. А. Тихомиров, А. И. Труфанов  
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ЗВУКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ МЕТОДОМ  
СЕТЕВОГО АНАЛИЗА

сетевым характеристикам можно быстро находить необходимый элемент в большом объеме голосовых записей и таким образом, эффективно идентифицировать личность.

<b>Статистика по графу</b>	
Средняя степень	2,038
Средняя взвешенная степень	2,038
Диаметр графа	9
Плотность графа	0,082
НITS	
Модулярность	0,376
PageRank	
Связные компоненты	1
<b>Статистика по узлу</b>	
Средний коэффициент кластеризации	0,033
Eigenvector Centrality	
<b>Статистика по ребру</b>	
Средняя длина пути	3,914

Для сравнения и анализа мы выбрали пять звуковых WAV файлов:

- Narration 3-D Surface.wav
- Narration acoustic tools.wav
- DawnInWyoming.wav
- 1kHz\_tone.wav
- ElectricGuitar.wav

Рис. 4 Статистика показателей метрик

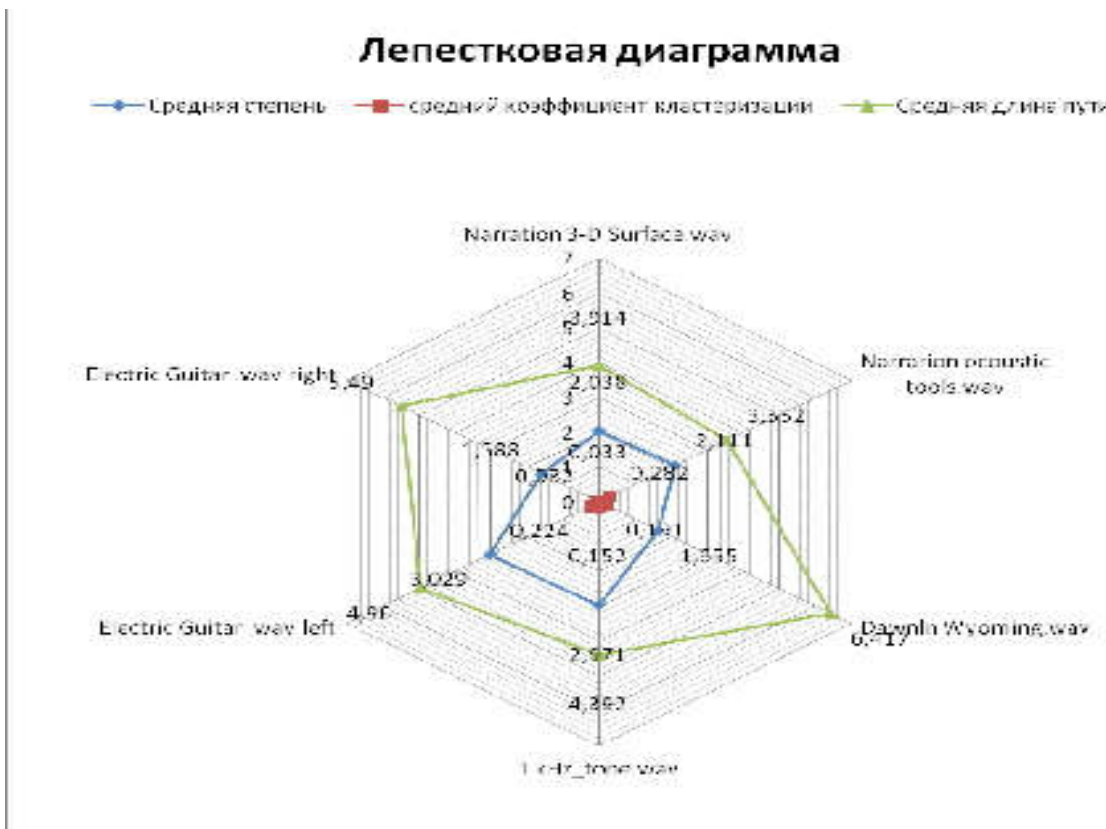


Рис. 5 Сравнительный анализ в виде лепестковой диаграммы

Э.К.Куулар, А. А. Тихомиров, А. И. Труфанов  
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ЗВУКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ МЕТОДОМ  
СЕТЕВОГО АНАЛИЗА

*Табл. 2 Сравнительная таблица 3 основных метрик*

	<b>Narration 3-D Surface. wav</b>	<b>Narration acoustic tools.wa v</b>	<b>DawnIn Wyoming .wav</b>	<b>1 kHz_tone .wav</b>	<b>Electric Guitar .wav left</b>	<b>Electric Guitar .wav right</b>
<b>Средняя степень</b>	<b>2,038</b>	<b>2,111</b>	<b>1,655</b>	<b>2,971</b>	<b>3,029</b>	<b>1,588</b>
<b>средний коэффициент кластеризации</b>	<b>0,033</b>	<b>0,282</b>	<b>0,191</b>	<b>0,152</b>	<b>0,224</b>	<b>0,082</b>
<b>Средняя длина пути</b>	<b>3,914</b>	<b>3,552</b>	<b>6,417</b>	<b>4,392</b>	<b>4,96</b>	<b>5,49</b>

На диаграмме видно, что средний коэффициент кластеризации находится в диапазоне от 0 до 0,224, средняя степень от 1, 558 до 3,029. Наибольшее различие, что является важным для сравнения сетевых моделей, имеет средняя длина пути, которая колеблется в диапазоне от 3,552 до 6,417. Каждый звуковой файл имеет свои определенные значения модельных характеристик.

#### **Выводы.**

Практически любой информационный образ можно превратить в семантическую сеть, для которой действуют одинаковые алгоритмы топологического сопоставления. Сделан вывод о том, что вектор ключевых топологических параметров сетевых моделей может служить метрикой сравнения звуковых данных со значительно меньшими временными затратами, чем требуют традиционные системы

В будущем сотрудничество специалистов различных областей знаний позволит создать новые интересные программные системы с использованием ассоциативных семантических (когнитивных) сетей для классификации звукозаписей, и используемых как: средства обеспечения информационной безопасности, системы защиты авторских данных, системы эффективной идентификации личности по звуковой записи.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Малинин П.В. Технология голосовой идентификации личности на основе проекционных методов анализа многомерных данных - Барнаул: ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет». 2015. - 137 с.
2. Головин А.В., Исаев А.А., Мазуров В.А., Поляков В.В., Сидоренко Т.В. Уголовно-правовые и криминологические проблемы защиты информации Алматы: Изд. Центр ОФППИ Интерлигал, 2008. – 338 с.
3. Берновский М.М., Кузюрин Н.Н. Случайные графы, модели и генераторы безмасштабных графов//Труды Института системного программирования РАН . 2012. Том 22.С. 419-434.
4. Чередникова А.В., Землякова И.В. Введение в теорию графов/– Кострома: Изд-во Костром. Гос. Технол. Университета, 2011. – 24 с.
5. Евин И.А., Колябков А.А. Сети которые хранятся в нашей памяти (когнитивные сети).-2012. [Электронный ресурс]. URL: <http://spkurdyumov.ru/networks/seti-kotorye-xranyatsya-v-nashej-pamyati/> (дата обращения 27.01.2016)

Э.К.Куулар, А. А. Тихомиров, А. И. Труфанов  
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ЗВУКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ МЕТОДОМ  
СЕТЕВОГО АНАЛИЗА

Centr OFPPI Interligal, 2008. – 338 s.

3. Bernovskij M.M., Kuzyurin N.N. Sluchajnye grafy, modeli i generatory bezmasshtabnyh grafov//Trudy Instituta sistemnogo programmirovaniya RAN . 2012. Tom 22.S. 419-434.
4. Cherednikova A.V., Zemlyakova I.V. Vvedenie v teoriyu grafov/– Kostroma: Izd-vo Kostrom. Gos. Tekhnol. Universiteta, 2011. – 24 s.
6. Evin I.A., Kolyabkov A.A. Seti kotorye hranyatsya v nashej pamyati (kognitivnye seti).-2012. [Elektronnyj resurs]. URL: <http://spkurdyumov.ru/networks/seti-kotorye-xranyatsya-v-nashej-pamyati/> (data obrashcheniya 27.01.2016 )