

# Сетевой анализ звукового ряда (речевых сигналов и музыкальных произведений)

**Э.К. Куулар (kuular1991@mail.ru),  
А.И. Труфанов (troufan@gmail.com ),  
Иркутский национальный исследовательский технический  
университет, РФ**

**А.А. Тихомиров (alexetitikhomirovprof@gmail.com),  
Университет Инха, Инчeon, РК**

Звуки окружают нас на протяжении всей нашей жизни, звуки передают нам информацию, отражают реальность окружающую нас. Звуки бывают простыми и сложными, анализ звуков и их взаимосвязь интересовал исследователей всегда.

Объективные методы для сравнения и формализации систем звуков достаточно сложные такие как спектральный анализ, и трудоемким окажется сравнение и анализ миллиона звуковых рядов, которые могут храниться и накапливаться в базах данных. Существует необходимость простых и доступных методов сравнения звуковой информации.

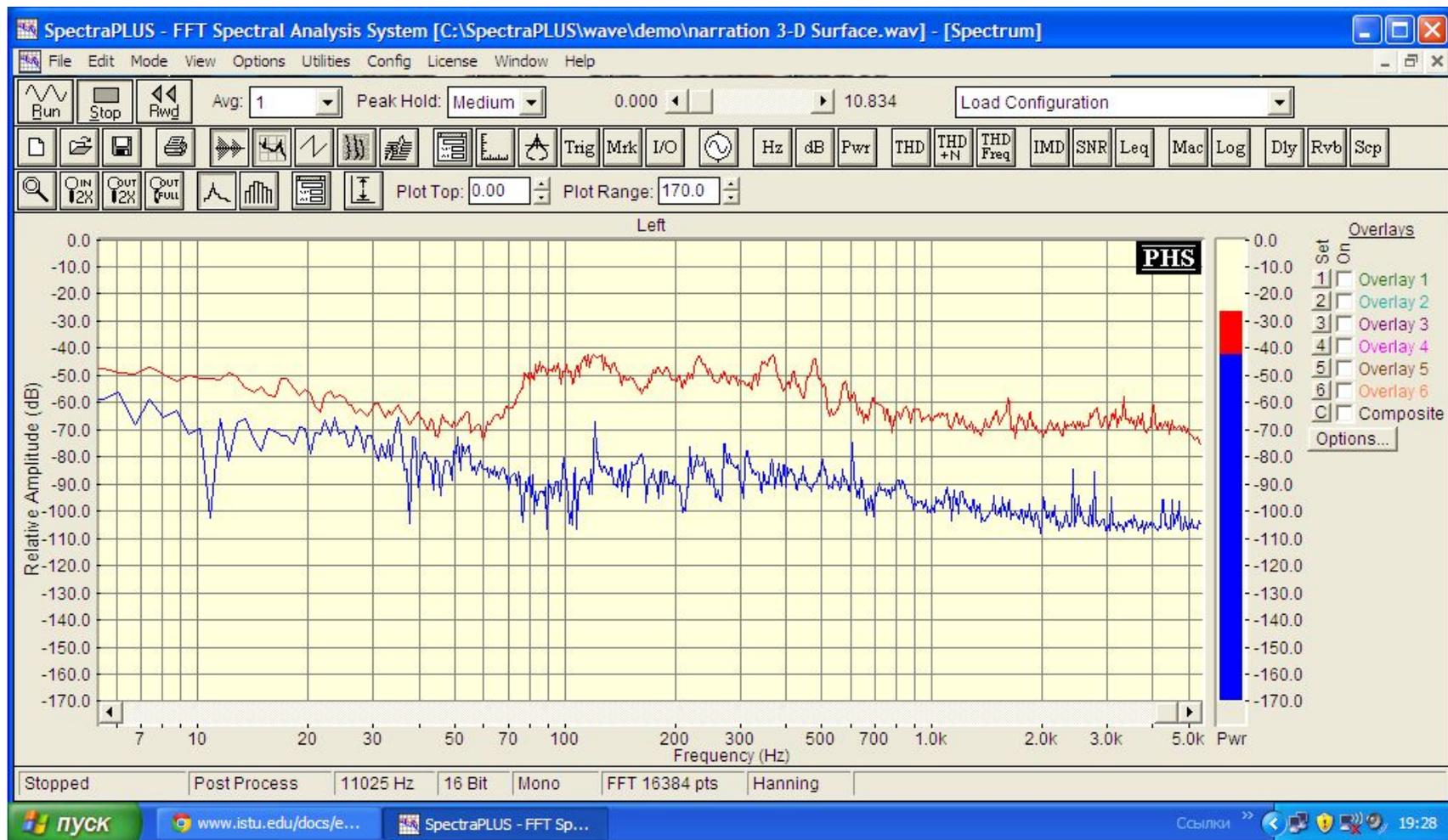
- **Предметом настоящего исследования** являлась семантическая сеть звукового ряда. Сеть- «Семантическая сеть»- информационная модель предметной области, которая может быть представлена в виде графа, вершины которого соответствуют объектам предметной области, а дуги (ребра) задают отношения между ними. Объектами могут быть понятия, события, свойства процессы.
- **Объект исследования**– спектральный ряд звуковых файлов.

Целью работы являлся сетевой анализ звукового ряда, сравнительный анализ, выявление различных характеристик.

Условно задача разбивалась на несколько этапов:

- Поиск и обработка информации в сетевом анализе звукового ряда
- Представление звукового ряда в виде графа
- Обработка и анализ графа
- Сравнительный анализ результатов
- Выявление определенных характеристик для сопоставления и сравнения аудио информации.

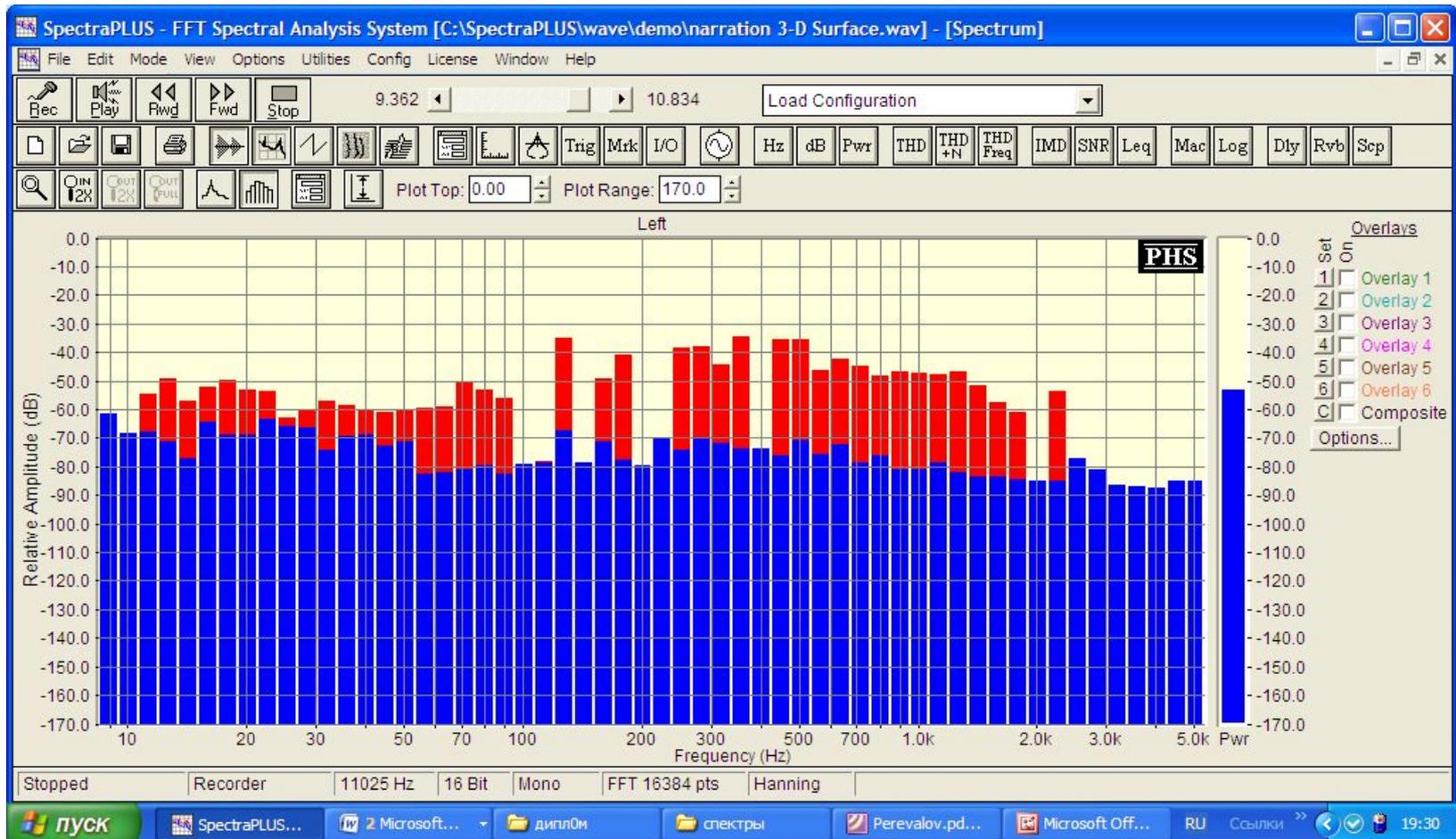
# Частотная волна звукового файла



С помощью спектрального анализа можно разложить некоторый звуковой сигнал на слагающие его ноты. Сигнал представляет собой сумму синусоид со своими частотами, амплитудами и начальными фазами, и возможно, белый шум. Для анализа периодических сигналов в инженерной практике широко используют математический аппарат, именуемый в общем «Фурье-анализ».

Для установления частоты и комплексной амплитуды нужной гармоники, в работе использовано гетеродинирование. Причем, изменение параметров и масштаба гистограммы спектра, позволяло повысить точность определения значений относительной амплитуды частоты.

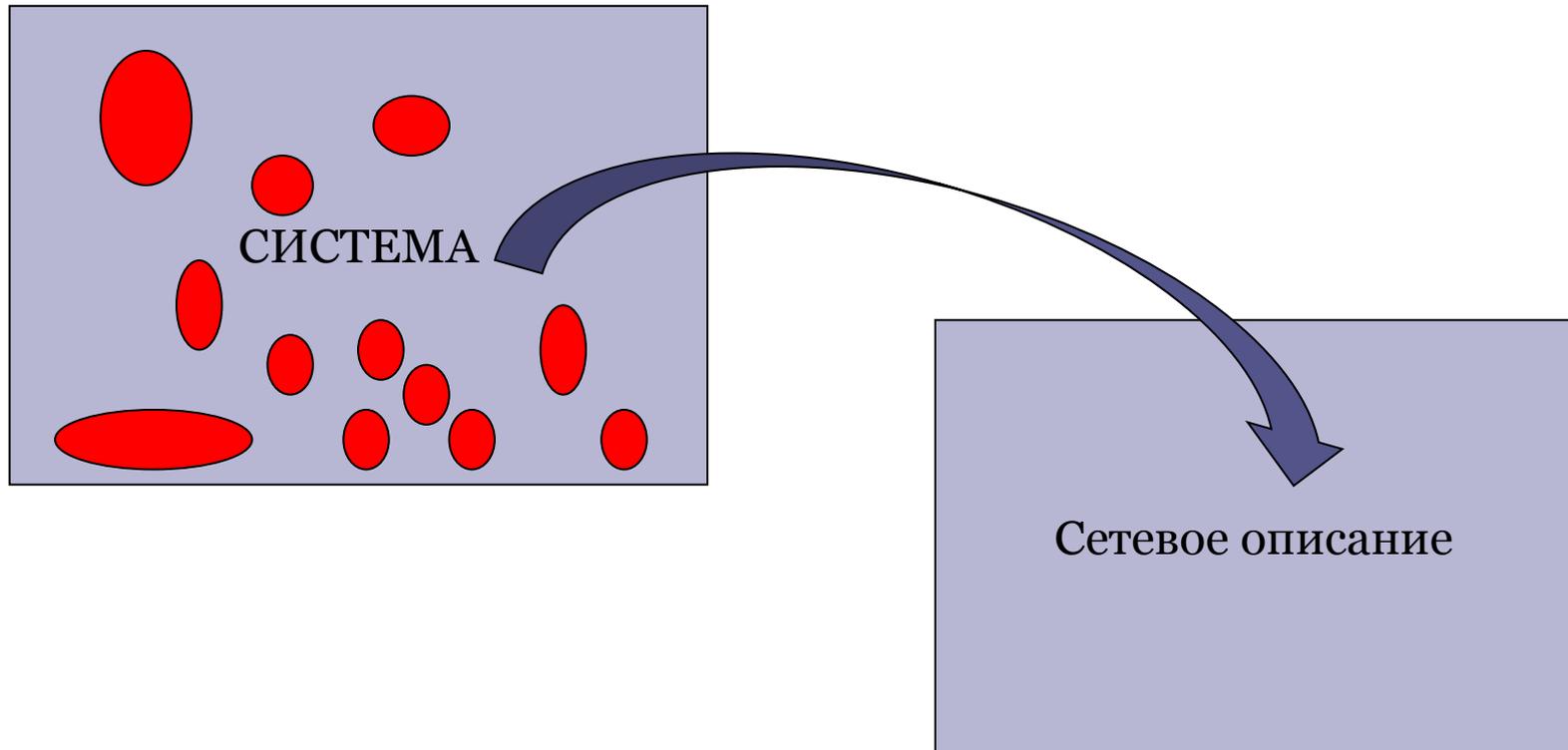
# Гистограмма спектрального звукового ряда



Очевидно, что задача поиска и сравнения какого либо звукового ряда в базе огромного объема звуковой информации спектральным методом довольно сложна и занимает длительное время.

Для эффективного решения этой задачи предлагается сетевой подход.

Наиболее сложным при применении сетевого подхода является трансформация системы в сетевую структуру.



При преобразовании звуковой информации в сеть требуется определить понятие элементарного знака, произвести декомпозицию информационного образа на элементы знаки, и затем, установить связи близости между ними.

В качестве входных данных в настоящей работе использовались звуковые WAV файлы. Упрощенно такой файл можно представить как список чисел от 0 до 170, которые отражают относительную амплитуду частоты звукового ряда.

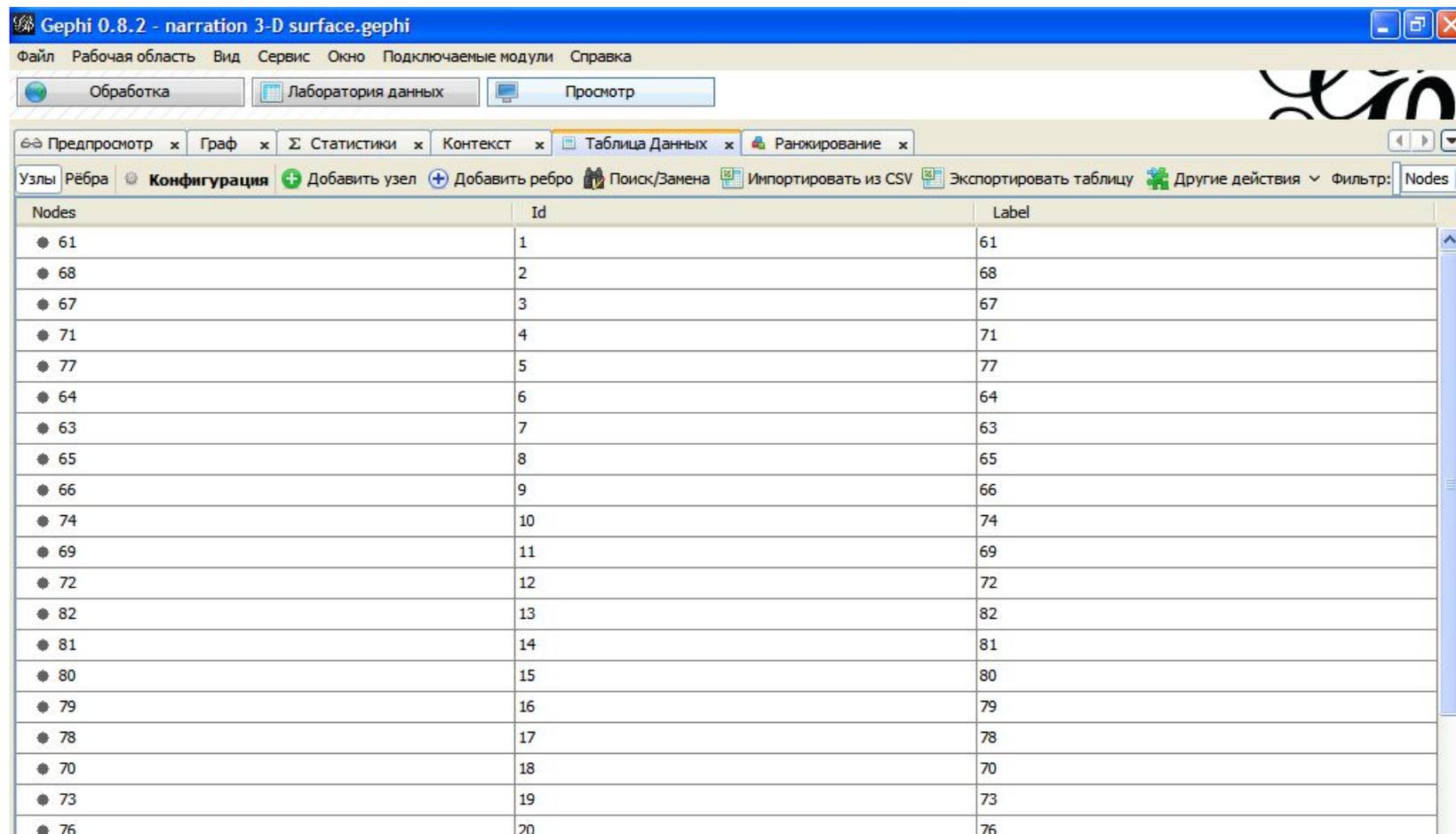
Аудио информация имеет линейную структуру, оказалось удобным принимать за узел – относительную амплитуду; связь между узлами (амплитудами) сети устанавливаются по последовательному принципу.

Для построения и анализа графов сети применялось бесплатное приложение Gephi



Gephi Graph Visualization and Manipulation software licensed under the dual license CDDL and GNU General Public Licence version 3. (c) Copyright Gephi contributors, 2008-2012. All right reserved. For more information please visit [www.gephi.org](http://www.gephi.org).

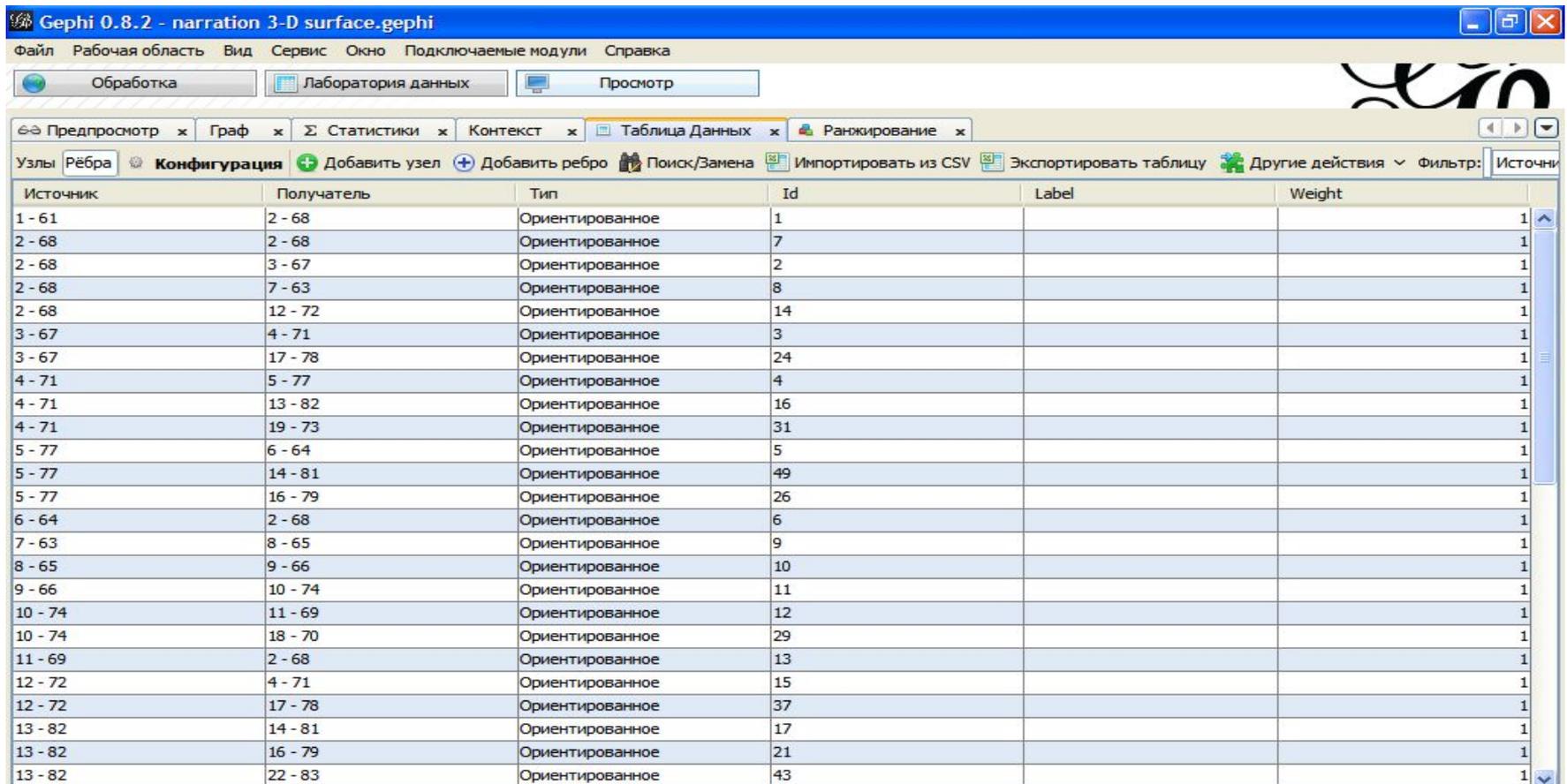
# В качестве узла выбрана относительная амплитуда (Relative Amplitude (dB))



The screenshot shows the Gephi 0.8.2 interface with the 'Table Data' window open. The table contains the following data:

Nodes	Id	Label
61	1	61
68	2	68
67	3	67
71	4	71
77	5	77
64	6	64
63	7	63
65	8	65
66	9	66
74	10	74
69	11	69
72	12	72
82	13	82
81	14	81
80	15	80
79	16	79
78	17	78
70	18	70
73	19	73
76	20	76

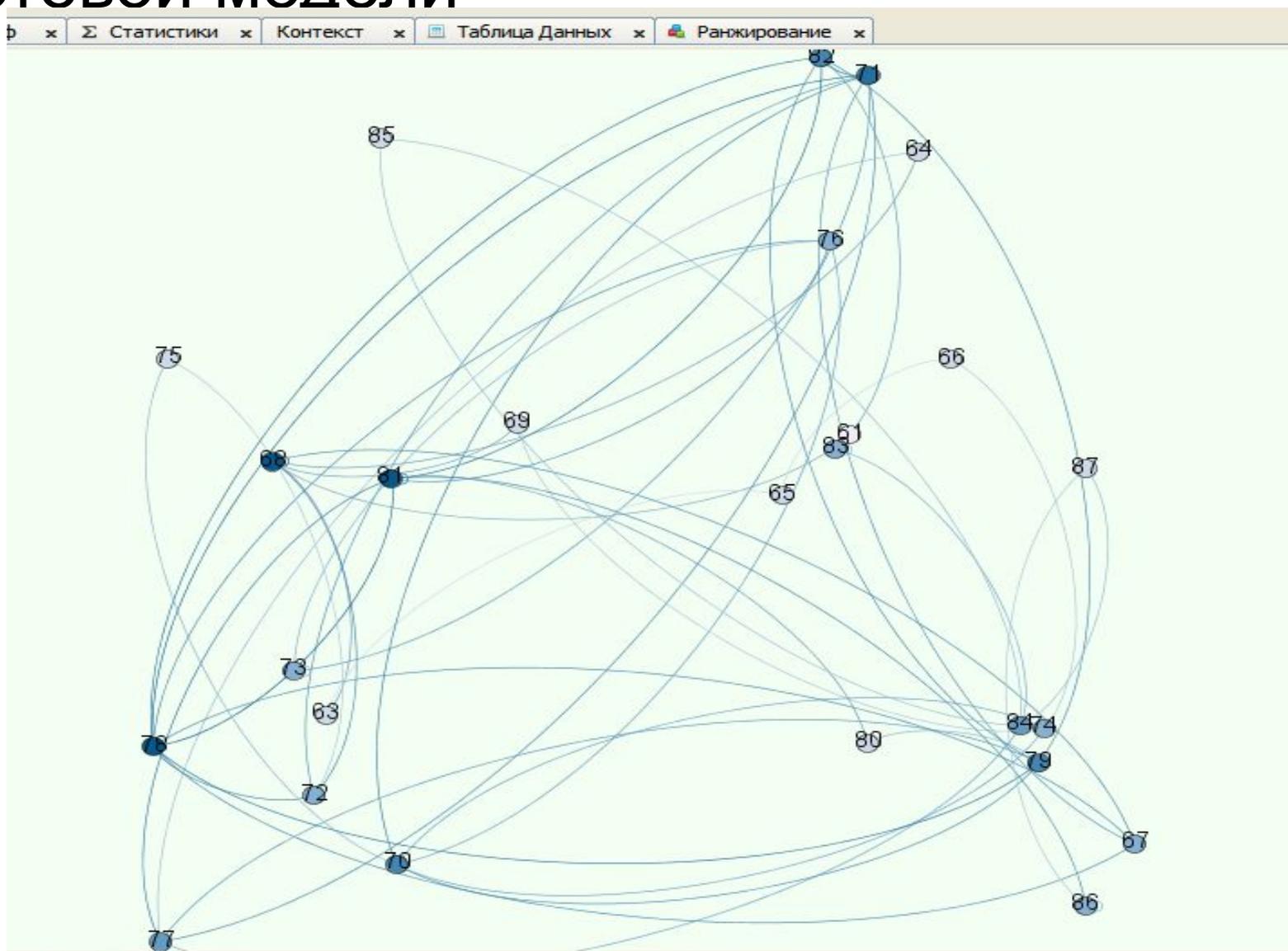
# Связь между узлами (амплитудами) в сети устанавливалась в хронологическом порядке



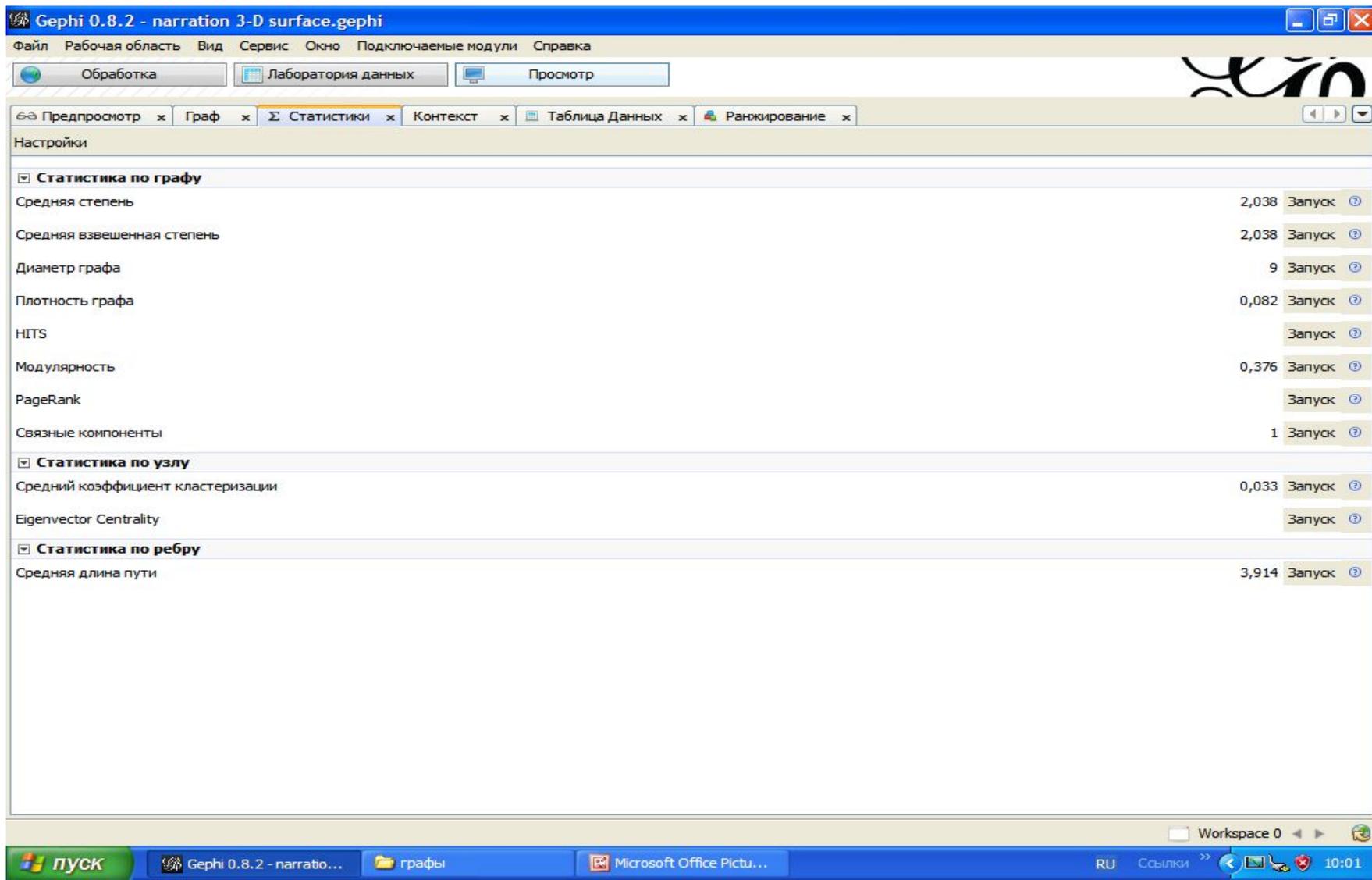
The screenshot shows the Gephi 0.8.2 interface with the 'Table Data' window open. The table contains the following data:

Источник	Получатель	Тип	Id	Label	Weight
1 - 61	2 - 68	Ориентированное	1		1
2 - 68	2 - 68	Ориентированное	7		1
2 - 68	3 - 67	Ориентированное	2		1
2 - 68	7 - 63	Ориентированное	8		1
2 - 68	12 - 72	Ориентированное	14		1
3 - 67	4 - 71	Ориентированное	3		1
3 - 67	17 - 78	Ориентированное	24		1
4 - 71	5 - 77	Ориентированное	4		1
4 - 71	13 - 82	Ориентированное	16		1
4 - 71	19 - 73	Ориентированное	31		1
5 - 77	6 - 64	Ориентированное	5		1
5 - 77	14 - 81	Ориентированное	49		1
5 - 77	16 - 79	Ориентированное	26		1
6 - 64	2 - 68	Ориентированное	6		1
7 - 63	8 - 65	Ориентированное	9		1
8 - 65	9 - 66	Ориентированное	10		1
9 - 66	10 - 74	Ориентированное	11		1
10 - 74	11 - 69	Ориентированное	12		1
10 - 74	18 - 70	Ориентированное	29		1
11 - 69	2 - 68	Ориентированное	13		1
12 - 72	4 - 71	Ориентированное	15		1
12 - 72	17 - 78	Ориентированное	37		1
13 - 82	14 - 81	Ориентированное	17		1
13 - 82	16 - 79	Ориентированное	21		1
13 - 82	22 - 83	Ориентированное	43		1

# Пример визуализации графа сетевой модели



# Статистика сетевой модели



The screenshot displays the Gephi 0.8.2 interface with the 'Statistics' window open. The window title is 'Gephi 0.8.2 - narration 3-D surface.gephi'. The main menu includes 'Файл', 'Рабочая область', 'Вид', 'Сервис', 'Окно', 'Подключаемые модули', and 'Справка'. The toolbar contains 'Обработка', 'Лаборатория данных', and 'Просмотр'. The 'Statistics' window shows a list of metrics under three categories: 'Статистика по графу', 'Статистика по узлу', and 'Статистика по ребру'. Each metric has a numerical value and a 'Запуск' button with a help icon.

Категория	Метрика	Значение	Действие
Статистика по графу	Средняя степень	2,038	Запуск ?
	Средняя взвешенная степень	2,038	Запуск ?
	Диаметр графа	9	Запуск ?
	Плотность графа	0,082	Запуск ?
	НЦТС		Запуск ?
	Модулярность	0,376	Запуск ?
	PageRank		Запуск ?
Связные компоненты	1	Запуск ?	
Статистика по узлу	Средний коэффициент кластеризации	0,033	Запуск ?
	Eigenvector Centrality		Запуск ?
Статистика по ребру	Средняя длина пути	3,914	Запуск ?

The Windows taskbar at the bottom shows the 'ПУСК' button, the active window 'Gephi 0.8.2 - narratio...', and other open applications like 'графы' and 'Microsoft Office Pictu...'. The system tray on the right shows 'RU', 'Ссылки', and the time '10:01'.

Для исследований было выбрано 5 звуковых файлов:

- звук природы ( )
- звук электрогитары
- две речевых записи
- звук тона

# Общая таблица сетевых метрик звуковых рядов

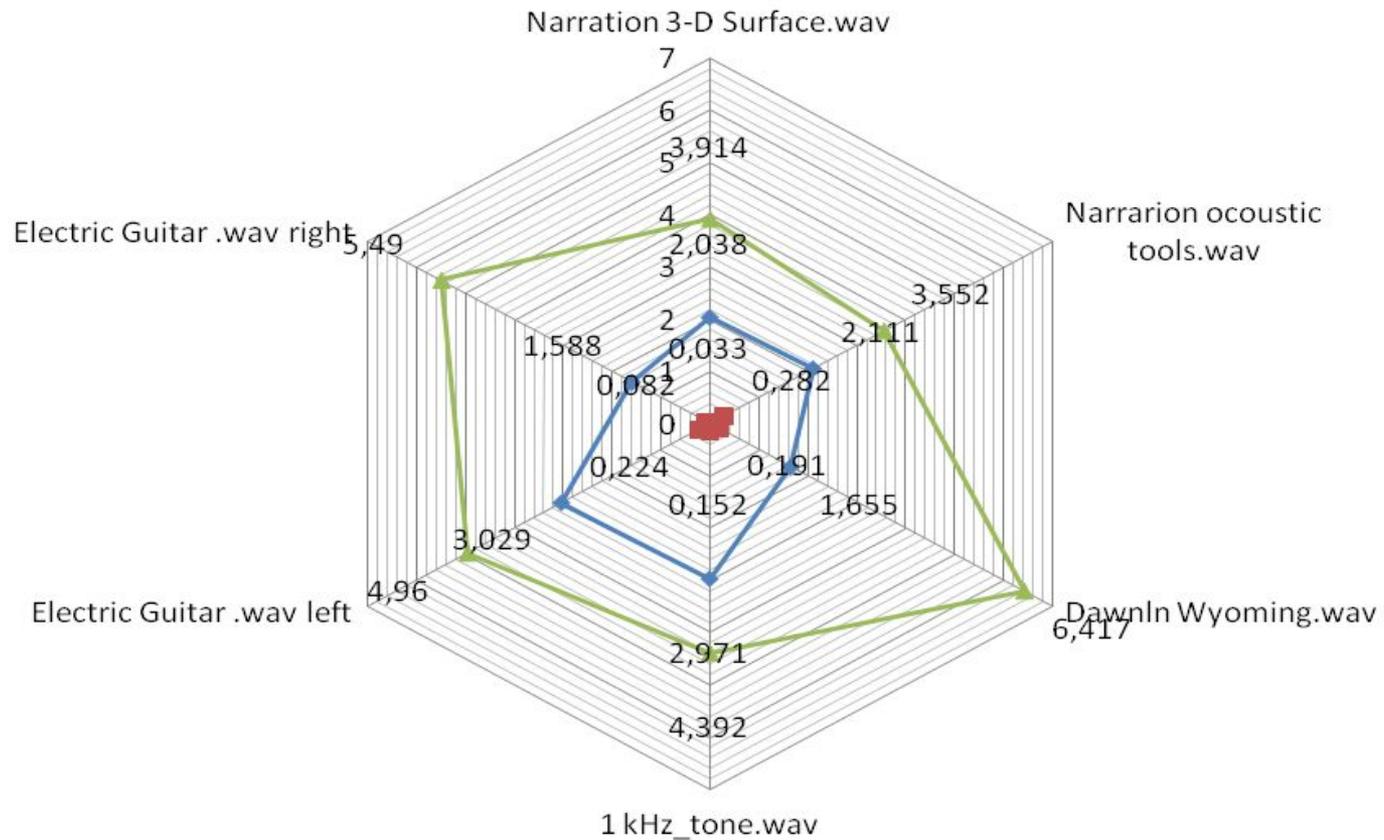
	Narration 3-D Surfase. wav Речевая запись	Narration acoustic tools.wav Речевая запись	Dawnln Wyoming. wav Звуки природы	1 kHz_tone. wav Звук тона	Electric Guitar. wav left Звук Электра- гитары	Electric Guitar. wav right Звук Электра- гитары
Средняя степень	2,038	2,111	1,655	2,971	3,029	1,588
Средняя взвешенная степень	2,038	2,111	1,655	2,886	2,886	1,588
Диаметр графа	9	7	17	11	14	14
Плотность графа	0,82	0,124	0,059	0,082	0,086	0,048
Модулярность	0,376	0,409	0,589	0,570	0,592	0,564
Связные компоненты	1	1	1	1	1	1
Средний коэффициент кластеризации	0,033	0,282	0,191	0,152	0,224	0,082
Средняя длина пути	3,914	3,552	6,417	4,392	4,96	5,49

Для сетевых моделей звуковых рядов сравнивались три основные характеристики (метрики): Средняя степень, средний коэффициент кластеризации и средняя длина пути.

Удобной для анализа является лепестковая диаграмма. В ней можно четко увидеть наиболее чувствительные параметры.

# Лепестковая диаграмма

◆ Средняя степень   
 ■ средний коэффициент кластеризации   
 ▲ Средняя длина пути



Из диаграммы видно что средний коэффициент кластеризации лежит в диапазоне от 0 до 0,224, средняя степень от 1,558 до 3,029. Средняя длина пути, которая находится в пределах от 3,552 до 6,417 может также являться ключевой сравнительной метрикой.

# Выводы

- Предложен и разработан сетевой подход к обработке звуков.
- Излагаемый метод отражает некоторые закономерности процесса обработки произвольной информации, касающихся понятия информация
- Осуществлена унификация алгоритмов обработки информации предлагаемым методом.