

# Вопросы восстановления промежуточных значений амплитуд между характерными точками после структуризации входного потока

В. С. Родионов, email: tuukvadim@live.com  
Н. Е. Балакирев, email: balakirev1949@yandex.ru

Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)

***Аннотация.** В рамках изложенных материалов поднимается вопрос синтеза участков промежуточных значений в рамках структуризации, а именно – аппроксимация функции синуса, её интерполяция и экстраполяция.*

***Ключевые слова:** аппроксимация, интерполяция, экстраполяция, структуризация.*

## Введение

В рамках структуризации потока амплитуд вскрывается его структура через первоначальные принятые структуры: ПРИМИТИВы и УНИПРИМы, или так называемые первичные паттерны [1]. Всё это приводит к обобщению информационного содержания рассматриваемого потока значений волны. Обратной задачей является восстановление потока амплитуд, которое может быть произведено различными способами. Для информационного содержания звуковой информации (аудио файл) способ восстановления не имеет решающего значения, так как при воспроизведении, используя разные способы, трудно было различить исходную информацию от восстановленной информации. Но подобный взгляд на восстановление, применяемый для другого типа повторяющегося потока информации в цифровой форме, может быть чувствителен к способу восстановления значения амплитуд [4]. Здесь необходимо ориентироваться на свойства множества функций, из которых необходимо с учетом этих свойств выбрать одну или несколько таких функций. Критерием такого выбора будет та функция, которая позволяет получать наиболее близкие значения по отношению к исходным значениям, на основе которых производилась структуризация. Все эти вопросы обсуждаются в представленной статье.

## 1. Дискретное представление функции между характерными точками

При оцифровке физических данных, которая применяется практически повсеместно, мы получаем поток дискретных значений, который аппроксимирует непрерывную функцию поведения волны. В таком случае свойства непрерывной функции должны найти свое проявление в её дискретном представлении. В нашем рассмотрении такое представление подвергается структуризации, при которой на первоначальном этапе мы сохраняем так называемые характерные точки и количество отсчетов между ними. Таким образом, мы теряем промежуточные значения, которые необходимо восстановить, решая обратную задачу синтеза потока из структуры. И вот здесь возникает задача выбора непрерывной функции наиболее близко восстанавливающей значения амплитуд по отношению к исходному потоку. С учетом выбора такой функции возможно вычисление дискретных значений для каждого промежуточного отсчета между характерными точками.

Но следует заметить, что сам поток значений на практике не является стационарным, а отсюда конкретный выбор функции может опираться только на отдельно выделяемый участок. Таким образом, для каждого участка мы можем иметь собственный вариант функции, которая наиболее точно отражает поведение физической волны в данных пределах участка. Но характер оцифровываемой информации является общим для конкретного вида периодической волновой информации, что отражается на свойствах целого множества подобных по свойствам функций, которые применимы для определенного типа поведения волны [3].

Например, для звуковых волн наряду с общим свойством непрерывности характерны выпуклость, и более резкое изменение значения амплитуды возле нуля и более плавное возле точки максимума. Наиболее близким по характеру поведения является набор функций, относящихся к синусам и косинусам [6].

Наряду с эмпирическими способами восстановления промежуточных значений звуковой волны между характерными точками были апробированы следующие способы восстановления по функции синус в трех вариациях:

- с использованием стандартной аппроксимирующей функции SIN;
- с использованием таблиц Брадиса [2] [7];
- с использованием модифицированной таблицы Брадиса, учитывающей количество рассматриваемых отсчетов [2].

При переходе к анализу других типов волн необходимо рассмотреть возможность использования других классов функций исходя из ограничений, накладываемых размерностью дискретного представления и наличием правил структуризации. Определенные правила структуризации потока значения амплитуд вкупе с дискретным представлением функции поведения выделяет определенный коридор допустимых значений для любого возможного представления непрерывной функции. В качестве примера взят отрезок для характерных точек звукового потока, для которого значение амплитуды изменяется в пределах 256 значений (рис.1). Этот коридор отмечен областью желтых клеточек, обрамленная красным контуром клеточек, которые также входят в эту область. Зеленым выделена последовательность клеточек, в которых вычисляется значение на основе функции синуса. Розовая линия является полосой симметрии внутри сегмента, а каждый из сегментов I, II, III и IV может основой рассмотрения поведения функции [5], прокладываемой «путь» относительно сектора I от оси OX до соответствующей характерной точки.

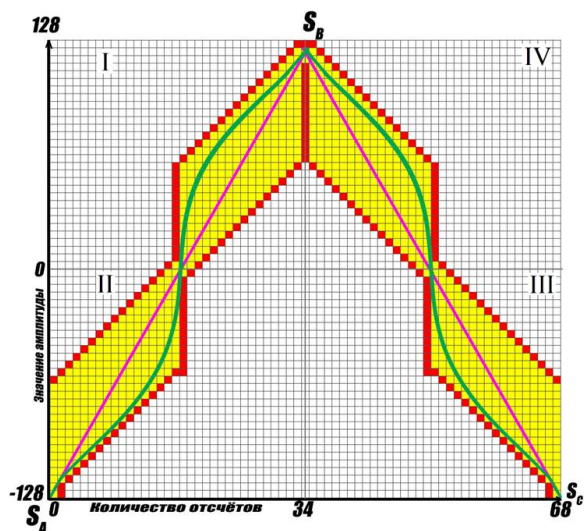


Рис. 1. Области допустимых значений.

Рамками данного коридора являются разница между значениями характерных точек по вертикали, где фиксируется значение амплитуды и количество отсчетов между характерными точками. Восстановление по

факту должно обеспечить значение амплитуды для каждого отсчета без нарушения принципов структуризации. В таком случае могут стоять две задачи:

- определить число «путей» в виде значения амплитуд от первой характерной точки  $s_A$ , до второй  $s_B$ , либо симметрично от точки  $s_B$  до точки  $s_C$ ;
- выбрать характерную функцию, используя которую возможно восстановить промежуточные значения близкие по значению к исходным.

## 2. Наиболее характерны свойства, определяемые коридором значений

Далее мы будем предполагать, исходя из законов симметрии, что анализ производится относительно одного из 4 сегментов и экстраполяция рассматривается в рамках этого сегмента. Для определенности будем рассматривать I сектор. Безусловно, трудно определить вид такой функции, относительно которой определяются (экстраполируются) дискретные значения, не прибегая к интерполяции исходных значений. Но, после структуризации у нас отсутствует такая возможность и экстраполировать приходится исходя из других соображений.

Рассмотрим в выбранном сегменте «характеры» путей от исходной точки до конечной, а затем свяжем свойства этого пути со свойствами непрерывной функции, так как в конечном итоге мы должны выбрать вид непрерывной функции. Кроме этого, выделив определяемые свойства в соответствующем секторе, мы их различные комбинации распространим на оставшиеся сектора и, предполагая возможные комбинации для каждого из секторов, получим возможный пакет функций на все четыре сектора. И так зафиксируем следующее:

**Первое свойство (A)** - связано с тем, что мы должны иметь значение для каждой точки отсчета. Для экстраполирующей функции это означает непрерывность и скорей всего это распространяется на все четыре сегмента.

**Второе свойство (B)** (выпуклости и вогнутости) - связано с «путем» движения относительно полосы симметрии. Если мы «движемся» с левой стороны в I сегменте, то это будет выпуклая функция, а если справа, то вогнутая функция. Понятно, возможны смешанные варианты движения то по выпуклой, то по вогнутой траектории, но мы этот случай пока будем считать маловероятным. Такая траектория аналогична свойству выпуклости или вогнутости непрерывной функции.

**Третье свойство (C)** (характер последовательности изменения приращения) - проглядываемое из рисунка, вытекает из того, как изменяется приращение значения амплитуды на тех или иных участках между рассматриваемыми точками. Для функции синуса характерно большее приращение в области приближенной к нулевому значению и минимальное приращение с приближением максимального значения. Возможно и обратное соотношение минимальное приращение в начале и максимальное в конце «пути». Так или иначе функция приращения должна быть либо возрастающей или убывающей. Кроме этого с учетом правил структуризации приращение не должно быть нулевым. Т.е. соседние значения амплитуд должны всегда различаться. Данное свойство, распространяемое на все сектора, является обязательным, также, как и свойство 1, но не выделяется в качестве свойств функции, так как оно опять же связано с правилами структуризации.

**Четвертое свойство (D)** (равномерность изменения приращения) - связано со вторым и говоря в общем, не предполагает смешанный вариант изменения приращения, т.е. равномерность функции приращения. Для непрерывной функции предполагается и непрерывность производной или её гладкость.

Вполне можно предположить возможное комбинаторное распространение этих свойств по секторам, но тогда интерполяция производится по разным функциям, если они не симметричны как функция синуса, относительно горизонтальной оси [8].

Обозначая наличие свойства знаком плюс «+», а его отсутствие знаком «-» и считая, что левая позиция из последовательности трех знаков означает свойство *B*, средняя *C* и правая свойство *D*, в соответствии с имеющимся рисунком 1, можно комбинаторно предположить следующие возможные варианты восстановления промежуточных участков от  $s_A$  до  $s_B$  и от  $s_B$  до  $s_C$  в виде следующей таблицы 1.

Таблица 1

*Комбинаторный вариант восстановления промежуточных участков*

№/С	I	II	III	IV
1	+++	+++	+++	+++
2	+++	+++	+++	++-
	.	.	.	.
3705 Sin	+++	--+	+++	--+
.	.	.	.	.
4095				
4096	---	---	---	---

Как следует из таблицы 1 количество возможных комбинаций достаточно велико. И с одной стороны, теоретически следует рассмотреть возможность те или иных комбинаций, а с другой стороны, используя структуризацию потока значений, можно заполнять эту таблицу при наличии такого прецедента. Отдельно следует рассмотреть комплекс разрывных функций, которые в дискретной оцифровке можно рассматривать как отсутствие значений (результата), что вполне согласуется с практикой. Имея такой взгляд на восстановление промежуточных значений, мы вполне осознанно можем производить такие действия. С другой стороны, таблица 1 дает нам возможность классификации получаемых потоков волновых физических процессов при использовании инструмента структуризации и может быть автоматизирована на основе достаточно несложных алгоритмов.

### **Заключение**

В результате рассмотрения вопросов связанных с восстановлением промежуточных значений между характерными точками удалось систематизировать вопросы выбора исходной функции для восстановления этих промежуточных значений. Предложены свойства, в соответствии с которыми выбираются непрерывные аналитические для экстраполяции числовых значений. Рассмотрение предложенных свойств через призму четырех симметричных секторов позволило получить таблицу возможных ситуаций, которые потенциально могут возникнуть при фиксации оцифрованных физических проявления волн. Появляется специфический ракурс рассмотрения и изучения волн через призму свойств, образующих своеобразную систему. Дальнейшие исследования будут вестись прежде всего в практическом ключе, так как для этого имеются все необходимые инструменты, а получаемые результаты будут обобщаться.

### **Список литературы**

1. Структуризация и качественное рассмотрение звукового потока в системе синтеза и анализа речи / Н. Е. Балакирев [и др.] // Программные продукты и системы. – 2018. – №4. – С. 768-776.
2. Два метода восстановления промежуточных значений между характерными точками и их сравнение / В. С. Родионов [и др.] // Информатика: проблемы, методы, технологии: сборник материалов XXI Международной научно-методической конференции – 2021. – С. 575 – 585.
3. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения / Н.М. Астафьева // Успехи физических наук. – 1996. – №11. – С. 1145-1170.

4. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко – М. : Питер, 2003. – 608 с.
5. Романовский, П.И. Ряды Фурье. Теория поля. Аналитические и специальные функции. Преобразование Лапласа. / П. И. Романовский – Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука» – М. : Физматгиз, 1973. – 304 с.
6. Мелентьев, П. В. Приближенные вычисления / П. В. Мелентьев – М. : Госиздательство физматлитературы, 1962. – 388 с.
7. Брадис, В. Четырёхзначные математические таблицы для средней школы / В. Брадис – М. : Учпедгиз, 1953. – 64 с.
8. Валиулин, А. Ф., Лингвистический метод определения характеристик нестационарных случайных процессов / А.Ф. Валиулин, В.Н. Тюрин – М. : Москва, 2000. – 85 с.