1. Какие физические принципы использует приложение Shazam

Shazam – это приложение, которое используется для идентификации песен по их фрагментам. В нем используется спектрограмма – трехмерный график, используемый для представления звука. По оси X отображается время, по оси Y – частота, по оси Z или в виде цветов – амплитуда.

Изображение выглядит как снимок экрана, Красочность, фиолетовый, текст

Автоматически созданное описание

Чтобы создать такую спектрограмму, нужно получить из сложной волны набор всех чистых частот, из которых она состоит, а также амплитуду каждой из них. Это происходит с помощью преобразования Фурье.

Рассмотрим гармонический сигнал как зависимость амплитуды от времени:

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, Мультимедийное программное обеспечение

Автоматически созданное описание

Его можно отобразить на комплексную плоскость таким образом: выберем произвольную частоту намотки (например, на рисунке она равна круга в секунду, т. е. за один круг будет намотана часть графика на секунды, или одно полное колебание), и будем вращать радиус-вектор по часовой стрелке, его длина будет равна модулю значения сигнала.

Для каждого такого отображения найдем центр масс. Например, при колебаниях в секунду его координата по будет максимальна:

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, Мультимедийное программное обеспечение

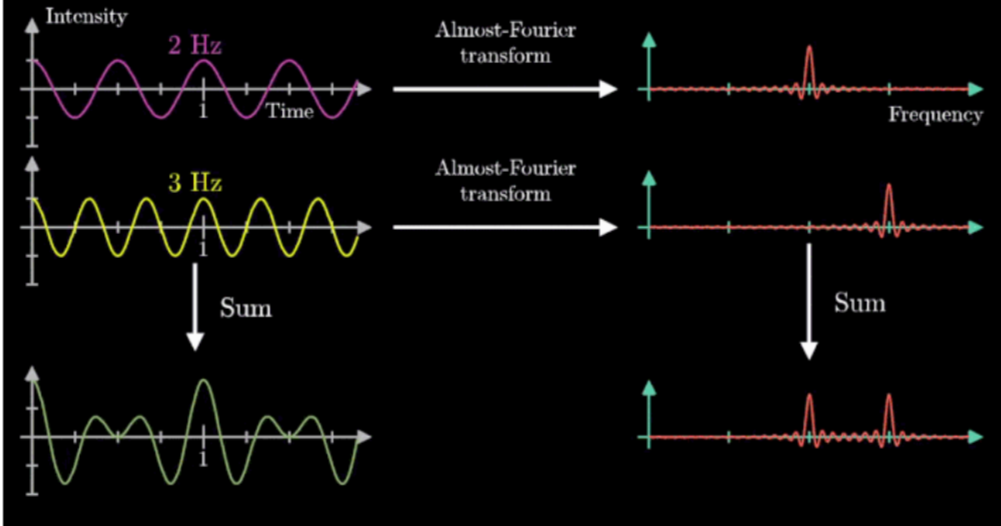
Автоматически созданное описание

Если построить график зависимости центра масс фигуры от частоты намотки, то мы увидим пик, и частота намотки в этом пике – частота исходного сигнала (3 Гц):

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, Мультимедийное программное обеспечение

Автоматически созданное описание

Если проделать эти действия с суммой сигналов, то на таком графике мы будем наблюдать несколько пиков, которые совпадают с частотами сложенных сигналов:



Формула Эйлера для комплексного числа

– исходный сигнал

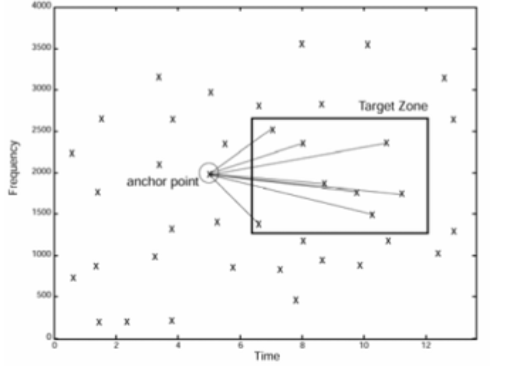
Описание намотки:

Центр масс:

При стремлении к бесконечности получим интеграл

Можем отбросить коэффициент, т. к. он не отражает поведение центра масс. Полученное выражение является преобразованием Фурьe.

Чтобы компьютер быстрее обрабатывал информацию, Shazam преобразует спектрограмму в карту, называемую отпечатком пальца, где каждая точка представляет наибольшую амплитуду в данный момент времени.



Таким образом, график уменьшен с 3D до 2D и точек становится гораздо меньше. Затем отпечаток короткой части песни преобразуется в хэш и сравнивается с каждой частью каждой песни во всей базе данных Shazam.

Источники:

<https://www.theoverclocker.com/how-shazam-works/#:~:text=Shazam%20converts%20the%20spectrogram%20into,are%20unique%20to%20each%20song>.

<https://deep-review.com/articles/shazam-and-music-recognition/>

<https://proglib.io/p/fourier-transform>

2. Покажите, что уравнение сферической волны является решением волнового уравнения

Сферическая волна – распространяется во всех трех измерениях.

Введем сферически симметричную функцию, т. е. функцию, зависящую только от расстояния от начала координат. Обозначим ее , где

Найдем лапласиан :

Первая производная по :

Вторая производная по :

Подставим

Аналогично

Лапласиан равен сумме этих трех производных

Запишем это как

Волновое уравнение:

Подставим

Домножим на

Функция удовлетворяет одномерному волновому уравнению. Данное уравнение имеет решение в виде волны .

Значит, сферические волны обязаны иметь вид

, или

Делим на

Пусть . Тогда – уравнение сферической волны, и оно является решением волнового уравнения.

Источники:

<https://scask.ru/a_lect_f_phis6.php?id=30>

<https://www.chem-astu.ru/chair/study/physics-part1/?p=137>

<https://mathprofi.com/uploads/files/2298_f_41_lekcii-po-kursu-optika-i-kvantovaya-mehanika.pdf?key=46e8f291db7e6ac5a7ad05a553cb7ca5> стр 11

3. Что называют спектральным анализом сигналов?

Спектральный анализ – это определение спектра сигнала по его известной функции от времени. Спектр сигнала – это функция частоты .

Сигнал можно представить как сумму гармонических колебаний. Это представление называют спектральным разложением Фурье. Подробнее рассмотрела разложение в п. 1

Источники: <https://kpfu.ru/staff_files/F1700343876/SPEKTRY_02.01.15.pdf>

4. Запишите свой голос, оцените амплитуду, частоту, проанализируйте спектр. Можно использовать самостоятельно разработанные или готовые инструменты, например Phyfox

Амплитуда: максимальная равна 93 дБ

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, Мультимедийное программное обеспечение

Автоматически созданное описание

Частота: примерно от 150 до 300 Гц

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, Мультимедийное программное обеспечение

Автоматически созданное описание

Спектрограмма

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, Мультимедийное программное обеспечение

Автоматически созданное описание