

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ MPEG-СЖАТИЯ НА ПАРАМЕТРЫ ЦИФРОВОГО АУДИО

Проводится анализ влияния MPEG-сжатия на значения сингулярных чисел матрицы, соответствующей цифровому аудио, с целью выделения таких характеристических особенностей сингулярного спектра, которые могут быть использованы для решения задачи доказательства подлинности (обнаружения фальсификации) сигнала

В настоящее время в связи с необыкновенно легкой возможностью манипулирования и переделки звука одной из актуальных задач является задача доказательства подлинности и обнаружения фальсификации цифрового аудио (ЦА), при разработке подходов к решению которой нельзя не учитывать тот немаловажный факт, что хранение и передача ЦА по каналам телекоммуникаций, в связи со значительным увеличением объемов информации, осуществляется в сжатом состоянии.

Одним из наиболее эффективных методов сжатия ЦА в настоящее время является алгоритм, разработанный группой MPEG. Этот алгоритм предназначен для кодирования ЦА, сопровождающего передачу подвижных изображений.

*Целью* данной работы является анализ влияния MPEG сжатия на параметры ЦА, представленного в матричном виде, для выделения таких характеристических особенностей сингулярного спектра соответствующей аудио матрицы, которые могут быть использованы для решения задачи доказательства его подлинности (обнаружения фальсификации).

Для достижения поставленной цели решались *задачи*:

- практической реализации психоакустической звуковой модели;
- наиболее целесообразного с точки зрения используемой звуковой модели матричного представления ЦА;
- выбора математических параметров, однозначно характеризующих ЦА;
- выделения характерных особенностей параметров, определяющих ЦА, до и после сжатия сигнала.

Основным математическим инструментом, используемым в работе, явился матричный анализ.

Стандарт MPEG-1 определяет три уровня сжатия звука. В работе моделируется и используется первый уровень, как сравнительно простой способ, предусматривающий преобразование с помощью банка из 32 полифазных фильтров, для чего строится психоакустическая модель.

Входная последовательность разбивается на пересекающиеся во времени кадры: блоки, состоящие из 384 отсчетов, для каждого из которых вычисляются коэффициенты преобразования. В качестве преобразования используются выходы цифровых полосовых фильтров [1]. Входной сигнал поступает на блок адаптивного распределения бит. Решение о распределении бит принимается на основе анализа спектральных свойств текущего кадра. Подход, принятый в стандарте, основывается на психоакустической модели, учитывающей способность человека по-разному воспринимать различные звуки.

Система сжатия ЦА должна сократить большую часть цифровой аудио информации без потери качества воспринимаемого звука, поэтому при проектировании таких систем опираются как на специфику входных сигналов, так и на особенности субъективного восприятия звуков ухом человека. Наибольшее

значение имеют зависимость восприятия от частоты и эффект маскирования слабых звуков мощными звуками [1,2].

В соответствии с описанием психоакустической модели стандарта MPEG-1 в работе проведена ее практическая реализация, в ходе которой для каждого спектрального коэффициента выбираются пороги квантования, результаты квантования кодируются кодом типа Хаффмана, информация о распределении битов и закодированные коэффициенты упаковываются в битовый поток. При восстановлении сигнала выполняются действия, обратные тем, которые выполнялись при кодировании.

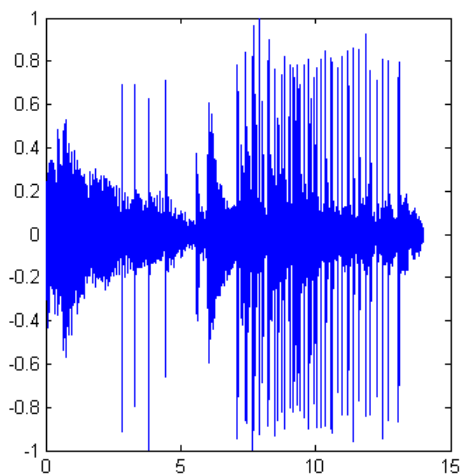


Рис. 1 Тестовое ЦА «castanets.wav»  $\times 10^4$

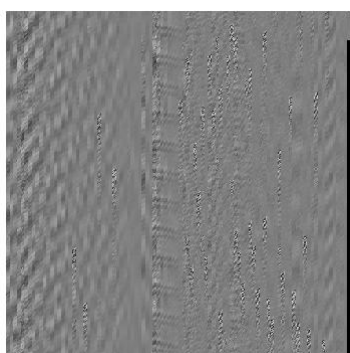


Рис. 2 – изображение ЦА, полученное с помощью диагонального представления

Квантование коэффициентов, полученных в частотной области, за счет округления является необратимой процедурой, что приводит к некоторым характерным особенностям параметров ЦА. Для выявления этих особенностей, в работе предлагается, анализировать поставленное в соответствие ЦА его двумерное диагональное представление [3]: вектор сэмплов сигнала разбивается на группы по 32 значения, которые диагональным способом заполняют две матрицы  $4 \times 4$ . Такой способ построения двумерного представления обусловлен первым шагом алгоритма сжатия – использованием преобразование с помощью банка из 32 полифазных фильтров. Для каждого блока  $4 \times 4$  определяется набор параметров, однозначно и всесторонне его характеризующий.

Поскольку математической моделью ЦА является матрица, то в качестве искомого набора характеристик используется ее множество сингулярных чисел (СЧ) [3].

Для выявления особенностей СЧ, возникающих в ходе декодирования после сжатия, в среде MATLAB был проведен вычислительный эксперимент, типичные результаты которого демонстрируются на примере castanets.wav (рис.1). Рассматриваемое ЦА - последовательность 16-битовых отсчетов аудиосигнала с частотой дискретизации 44,1кГц (требуемые параметры для алгоритма сжатия первого уровня, смоделированного в среде MATLAB). Для тестового ЦА построено диагональное двумерное представление (рис. 2).

Для выявления характерных особенностей СЧ анализировались матрицы нулевых сингулярных чисел блоков (МНСЧБ) исходного двумерного представления ЦА, двумерного представления кодированного и декодированного ЦА, где МНСЧБ - это матрица  $M$  размерности  $(\lfloor N/16 \rfloor, 1)$ ,  $\lfloor \_ \rfloor$  — целая часть аргумента, значение каждого элемента которой определяется как количество нулевых СЧ в соответствующем блоке двумерного представления ЦА. Результаты эксперимента представлены в табл. 1-2. Элементы МНСЧБ для исходного сигнала будут практически все нулевыми [3]: количество блоков, которым в  $M$  соответствуют ненули, в среднем не превышает 2% от общего числа блоков (табл. 1), что преимущественно обусловлено блоками пауз. После квантования четверть блоков содержат нулевые СЧ (табл. 2). Это приведет к тому, что МНСЧБ для двумерного представления декодированного ЦА, будет качественно отличаться от своего аналога для исходного сигнала.

Кроме того, еще более ярким отражением этого отличия является характер изменения значений СЧ. Для иллюстрации этого обстоятельства анализируются матрицы значений СЧ блоков исходного, кодированного и декодированного двумерного представления ЦА. Поскольку двумерное представление ЦА – это матрица стандартным образом разбитая на блоки  $4 \times 4$ , то

Таблица 1. Результаты сингулярного разложения блоков  $4 \times 4$  исходного ЦА, полученных с помощью двумерного диагонального представления

Аудио	Кол-во блоков, имеющих $m$ нулевых СЧ, по отношению к общему числу блоков (%)				Кол-во блоков с нулевыми СЧ, по отношению к общему числу блоков (%)	Общее число блоков
	$m=0$	$m=1$	$m=2$	$m=3$		
castanets.wav	98,34	1,52	0,11	0,02	1,65	35000

Таблица 2. Результаты сингулярного разложения блоков  $4 \times 4$ , декодированного после сжатия ЦА, полученных с помощью двумерного диагонального представления

Аудио	Кол-во блоков, имеющих $m$ нулевых СЧ, по отношению к общему числу блоков (%)				Кол-во блоков с нулевыми СЧ, по отношению к общему числу блоков (%)	Общее число блоков
	$m=0$	$m=1$	$m=2$	$m=3$		
castanets.wav	75,16	17,18	2,81	4,84	24,83	35000

каждому блоку соответствует вектор  $4 \times 1$  значений СЧ, расположенных в убывающем порядке. Матрицей значений СЧ блоков (МЗСЧБ) будем называть матрицу  $T$  размерности  $(\lfloor n/16 \rfloor, 4)$ , состоящую из векторов значений СЧ, соответствующих блокам двумерного представления ЦА. Очевидно, что каждое  $4i+1$  значение, где  $i = 0, 1, \dots, \lfloor n/16 \rfloor - 1$ , соответствует максимальному СЧ, каждое  $4i+4$  значение, где  $i = 0, 1, \dots, \lfloor n/16 \rfloor - 1$ , - минимальному СЧ, соответствующего блока.

Для детального исследования изменений значений СЧ построим и проанализируем функции максимума

$$MAX(j) = \max_{i=0..[\frac{n}{16}]-1} (T(4i+j)) \quad j = 1, 2, \dots, 4, \quad (1)$$

минимума 
$$MIN(j) = \min_{i=0..[\frac{n}{16}]-1} (T(4i+j)) \quad j = 1, 2, \dots, 4, \quad (2)$$

и среднего 
$$AVG(j) = \frac{\sum_{i=0}^{[\frac{n}{16}]-1} (T(4i+j))}{[\frac{n}{16}]} \quad j = 1, 2, \dots, 4 \quad (3)$$

значений СЧ.

Графики рассматриваемых функций (ось абсцисс – номер СЧ, ось ординат – значение СЧ) для исходного и декодированного после сжатия матричного представления ЦА представлены на рис. 3. Первое СЧ является максимальным, оно значительно отделено от остальных СЧ и практически не меняется после сжатия ЦА. Поэтому большой интерес представляет собой исследование характера изменения СЧ в отсутствие первого СЧ. Графики соответствующих функций представлены на рис.4.

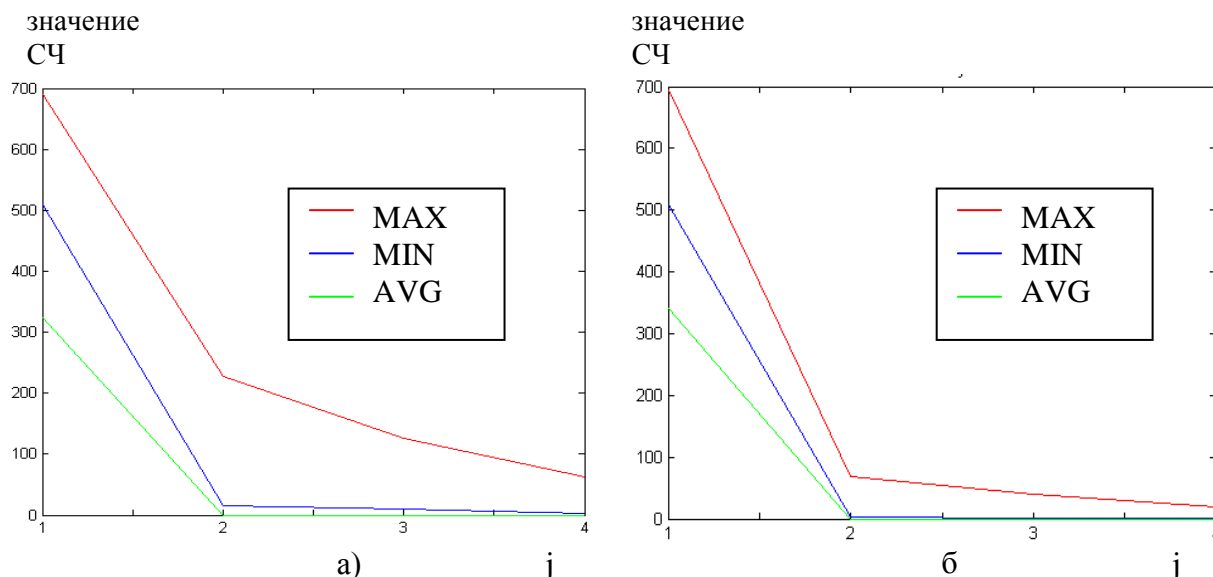


Рис.3 а) Графики функций 1,2,3 двумерного диагонального представления исходного ЦА  
 б) Графики функций 1,2,3 двумерного диагонального представления декодированного ЦА

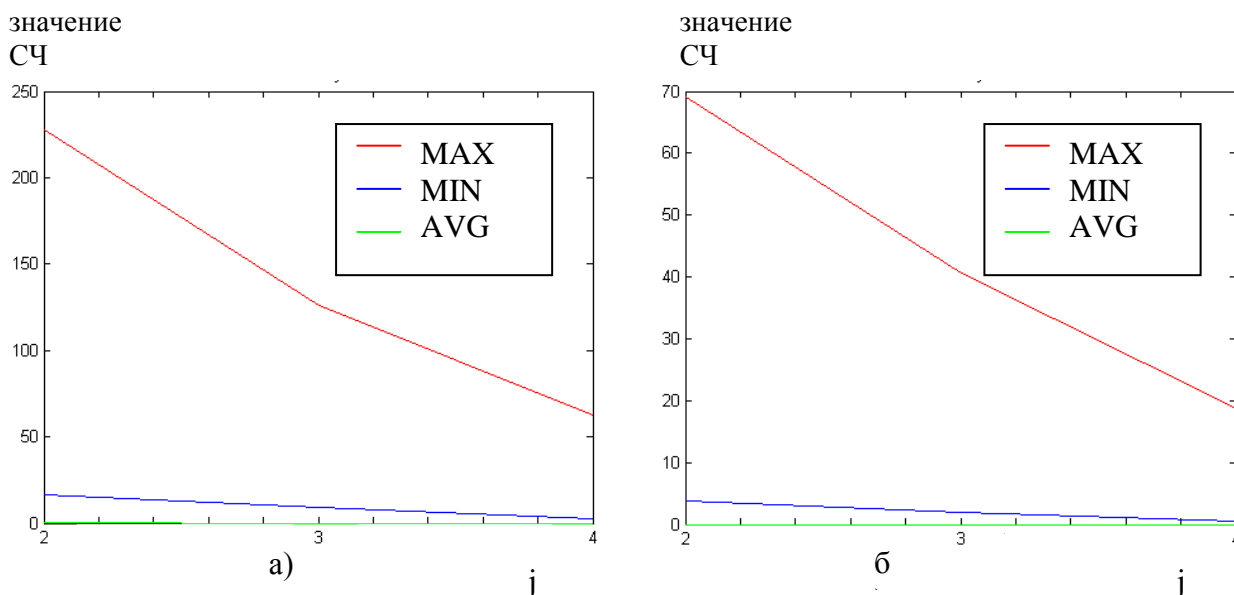


Рис.4 а) Графики функций 1,2,3 двумерного диагонального представления исходного ЦА  
 б) Графики функций 1,2,3 двумерного диагонального представления декодированного ЦА

Таким образом, проведенные исследования дают возможность различать двумерные представления исходного и декодированного после сжатия ЦА, тем самым, способствуя разработке решения задачи доказательства подлинности и обнаружения фальсификации цифрового аудио, что является целью дальнейшей работы автора.

1. Д. Сэломон. Сжатие данных, изображений и звука. - М.: Техносфера, 2004. - 365 с.
2. Pan.D.Y. A Tutorial on MPEG/Audio Compression. – IEEE Multimedia. –1996. –2,60-74
- 3 Кобозева А.А., Рыбальский О.В., Трифонова Е.А. Матричный анализ—основа общего подхода к обнаружению фальсификации цифрового сигнала. // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Далія.—2008.—ч.1,№8(126).—62-71