

Лабораторная работа № 2 «Обработка изображений»

Цель работы: изучение дискретного косинусного преобразования изображения; получение навыков обработки изображений на DSK.

5.1. Дискретное косинусное преобразование

В настоящее время важнейшим принципиальным методом сжатия изображений в виде битовых матриц является дискретное косинусное преобразование (ДКП), которое служит основой алгоритма сжатия JPEG [1, 2].

При оцифровке изображения значения элементов изображения превращаются в значения напряжения, которые в конечном итоге преобразуются в дискретные численные значения.

Анализ частотного состава (спектра) сигнала позволяет отделить существенные составляющие от менее значимых. Удалив менее существенные составляющие можно упростить запоминание сигнала и уменьшить требуемую емкость памяти. В этом и состоит принцип дискретного косинусного преобразования и основанных на нем алгоритмов сжатия.

Вначале сигнал преобразуется в частотную область, а затем сокращается количество частотных составляющих. Чем больше частот удаляется, тем меньше требуется памяти для запоминания изображения, но тем хуже становится качество изображения.

Порядок выполнения ДКП можно представить следующим образом. Известна яркость каждого элемента, которая, как правило, выражается численным значением между 0 и 255 (8 бит). Требуется получить содержащиеся в изображении частоты. Здесь речь идет о преобразовании видеоданных из структуры значений яркости в виде битовой матрицы (пространственной области) в частотную область. Поскольку требующиеся для этого вычисления весьма трудоемки, проанализировать сразу все изображение как единое целое невозможно. Поэтому изображение разбивают на субматрицы меньшего размера (8x8 элементов), затем определяют частотные составляющие в таких фрагментах изображения.

Программно-технически это преобразование лучше всего реализуется как последовательность матричных перемножений. ДКП (английская аббревиатура DCT) определяется следующим образом [2]:

$$P_{DCT} = DCT * P * DCT^T \quad (5.1)$$

В этом выражении P означает блок изображения размером 8x8 элементов, в котором из значений яркости в видеоданных вычтено число 128; P_{DCT} – блок изображения после ДКП; DCT – матрица косинусного преобразования; DCT^T – соответствующая транспонированная матрица; с помощью знака $*$ обозначено матричное умножение.

Значения элементов матрицы преобразования в классическом ДКП вычисляются по выражениям:

$$DCT_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{N}} \cdot \cos \left[(2j + 1) \cdot i \cdot \frac{\pi}{2N} \right] & \text{если } i = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}} \cdot \cos \left[(2j + 1) \cdot i \cdot \frac{\pi}{2N} \right] & \text{если } i > 0 \end{cases} \quad (5.2)$$

В данном случае $N = 8$, а i и j принимают значения от 0 до 7.

Транспонированная матрица образуется по правилам матричного исчисления.

В соответствии с правилами перемножения матриц, вычисление матрицы P_{DCT} по формуле (5.1) можно осуществить либо в прямом порядке (сначала $DCT * P$, а затем полученный результат умножить на матрицу DCT^T), либо в обратном (сначала $P * DCT^T$, а затем матрицу DCT на полученный результат).

Матричное перемножение требует довольно больших затрат времени, поэтому алгоритмы сжатия, которые основаны на ДКП имеют не очень высокое быстродействие.

В полученной в результате умножения матрице P_{DCT} численные значения элементов матрицы быстро уменьшаются от левого верхнего угла к правому нижнему. Таким образом, после преобразования видеоинформации из пространственной области в частотную, получается матрица, характеризующая распределение частот в видеоданных. В левом верхнем углу размещаются самые важные данные, а в правом нижнем – наименее важные. На следующем этапе алгоритма JPEG – квантование преобразованных данных – сжатие достигается путем обнуления менее важных составляющих.

Идея, лежащая в основе такого квантования, состоит в том, что спектральная (частотная) информация должна превышать известный порог, чтобы составить важную часть всей информации о данном фрагменте изображения. Если выбрать порог относительно высоко, потеряется большая часть информации. Это позволит хорошо сжать видеоданные, но ценой ухудшения качества, которое считается заметным на изображении после восстановления видеоинформации.

Именно на этапе квантования происходят потери качества изображения, ценой которых и достигается сжатие видеоданных.

При восстановлении (распаковке, декодировании) все этапы выполняются в обратном порядке. Спектральная матрица перемножается вначале на ДКП-матрицу, а затем на транспонированную ДКП-матрицу. К полученным значениям добавляется число 128, которое вычиталось из значений матрицы изображения для смещения диапазона значений.

5.2. Выполнение преобразований

Транспонированной матрицей A^T называется матрица, у которой столбцы соответствуют строкам, а строки столбцам матрицы A .

Умножение матрицы $A[m \times l]$ на матрицу $B[n \times l]$ выполняется по формуле:

$$C_{ij} = \sum_{k=1}^n a_{ik} b_{kj}, \quad (5.3)$$

где $j = 1, 2, \dots, l$, $i = 1, 2, \dots, m$, C_{ij} – элементы матрицы C , получающейся в результате умножения. Полученная матрица C имеет размер $m \times l$.

5.3. Задание на практическую работу

В соответствии с вариантом (табл. 5.1) исходное изображение представлено в виде файла *.bmp, в котором содержится полутоновое изображение.

Для обработки изображения в ЦСП оно должно считываться из файла пробника, который содержит значения уровней яркости каждого пикселя изображения.

Сформируйте из исходного изображения файл пробника. Для этого может использоваться следующий скрипт Matlab:

```
Ic= imread('Image1.bmp');  
Ic = Ic(:,:,1);  
mn=size(Ic);
```

```

fid = fopen('Image1.dat','w');
fprintf(fid, '#define INPUT_IM ');
fprintf(fid, '1651 2 0 0 0\r\n');
Ic=double(Ic);%преобразуем формат данных изображения
for i=1:8:mn(1), %в цикле по строкам изображения
for j=1:8:mn(2), %в цикле по столбцам изображения
    block = Ic(i:i+7,j:j+7);
    for v = 1:8
        for g=1:8
            fprintf(fid, '%i\r\n', block(v,g));%выводим значение пикселя
        end
    end
end
end
end
fclose(fid);% закрываем файл

```

Создайте новый проект, добавьте в него файлы: *.c, *.cmd, rts6700.lib.

Организуите подключение сформированного файла пробника с исходным изображением. Согласно алгоритму ДКП обработка ведется блоками размером 8x8 элементов, поэтому данные из файла пробника должны считываться блоками 8x8 элементов. Для хранения изображения используйте одномерный массив unsigned char.

5.3. Задание на лабораторную работу

Напишите программу для прямого и обратного ДКП исходного изображения. Если проект скомпилировался без ошибок, загрузите программу в ЦСП. Запустите программу на выполнение. Выведите изображение до и после ДКП.

Между прямым и обратным преобразованиями добавьте этап обнуления коэффициентов матрицы P_{DCT} , за исключением нескольких наиболее значимых из них (в соответствии с вариантом).

Вывести полученное после преобразования изображение и сравнить его по качеству с исходным.

Таблица 5.1

Вариант	Файл исходного изображения	Количество значимых коэффициентов
1	Image1.bmp	1) 10 2) 32
2	Image2.bmp	1) 13 2) 40
3	Image3.bmp	1) 10 2) 58
4	Image4.bmp	1) 17 2) 52

5	Image5.bmp	1) 20 2) 48
---	------------	----------------

5.4. Содержание отчета

- 1) Цель работы и исходные данные.
- 2) Текст программы.
- 3) Исходное изображение и полученное после преобразования.
- 4) Изображения, полученные в результате преобразования с обнулением коэффициентов.
- 5) Выводы по работе.

5.5. Контрольные вопросы

- 1) Как в Code Composer Studio загрузить изображение в память?
- 2) Как отображаются изображения в Code Composer Studio?
- 3) Объясните принцип работы окна вывода изображений в Code Composer Studio.
- 4) Объясните назначение полей в окне вывода изображений.
- 5) Укажите цель и порядок выполнения дискретного косинусного преобразования.
- 6) В каких стандартных алгоритмах сжатия используется дискретное косинусное преобразование?

Список литературы

1. Умняшкин, С.В. Теоретические основы цифровой обработки и представления сигналов: учебное пособие / С.В. Умняшкин. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Техносфера, 2012. – 368 с. – (Мир цифровой обработки). – ISBN 978-5-94836-318-9.
2. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р. Шафер. – 3-е изд., испр. – М.: Техносфера, 2012. – 1048 с. – (Мир радиоэлектроники). – ISBN 978-5-94836-329-5.