

ГУАП

КАФЕДРА № 42

ОТЧЕТ
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ _____
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

старший преподаватель		Т.А. Суетина
должность, уч. степень, звание	подпись, дата	инициалы, фамилия

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №2

Сжатие изображения классическим алгоритмом JPEG

по курсу: Техника аудиовизуальных средств информации

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

СТУДЕНТ ГР. №	4329		Д.С. Шаповалова
		подпись, дата	инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2025

1. Цель работы:

Получить теоретические знания и практические навыки по сжатию изображения классическим алгоритмом JPEG.

2. Задание:

Выполнить сжатие изображения 16 на 16 точек в цветовом пространстве RGB при помощи классического алгоритма JPEG.

Исходное изображение представлено на рисунке 1.1:

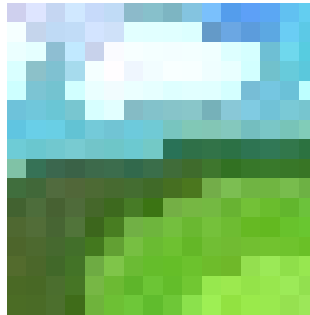
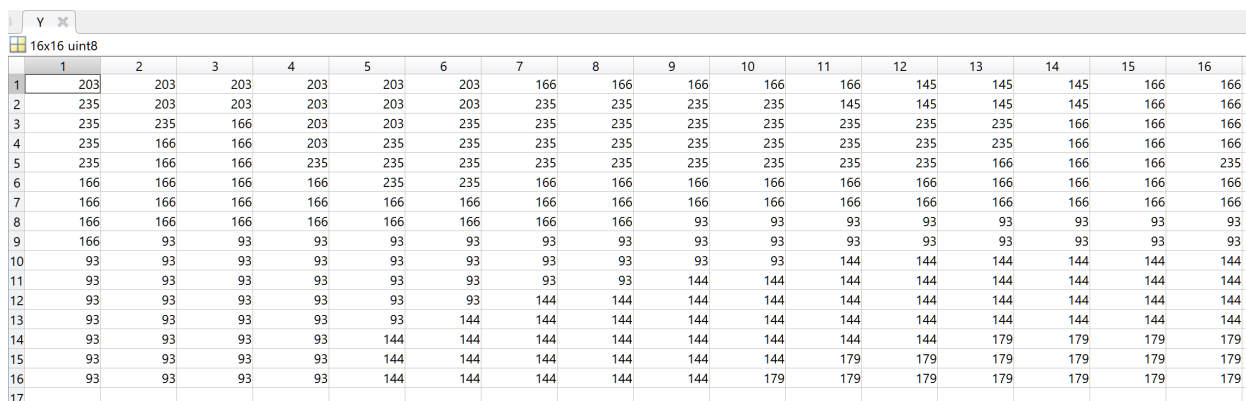


Рисунок 1.1 – Исходное изображение

3. Ход работы:

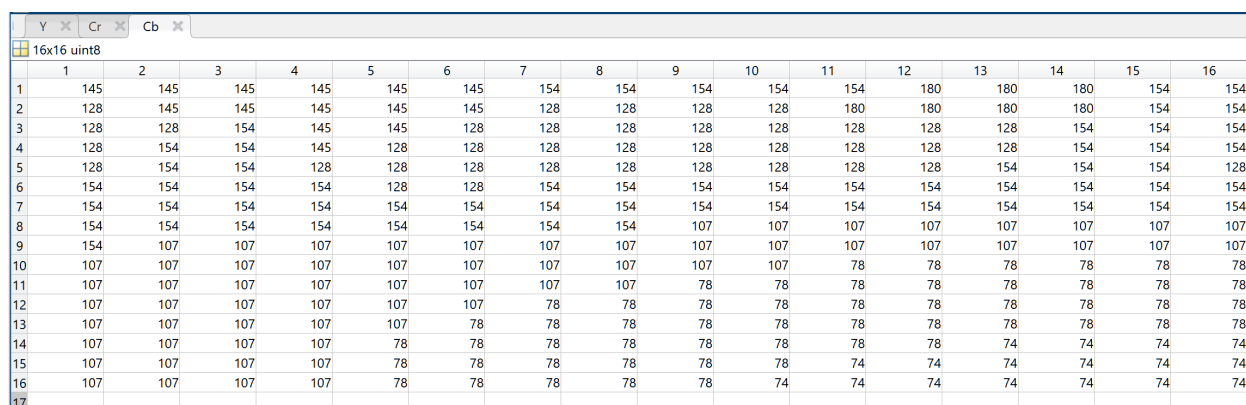
1. Объем входного файла = $16 \times 16 \times 3 \times 8 = 6144$ бит.
2. Преобразование цветового пространства исходного изображения из RGB в YCbCr. Для этого используются функции в Matlab.

Полученные матрицы представлены на рисунках 2.1 – 2.3:



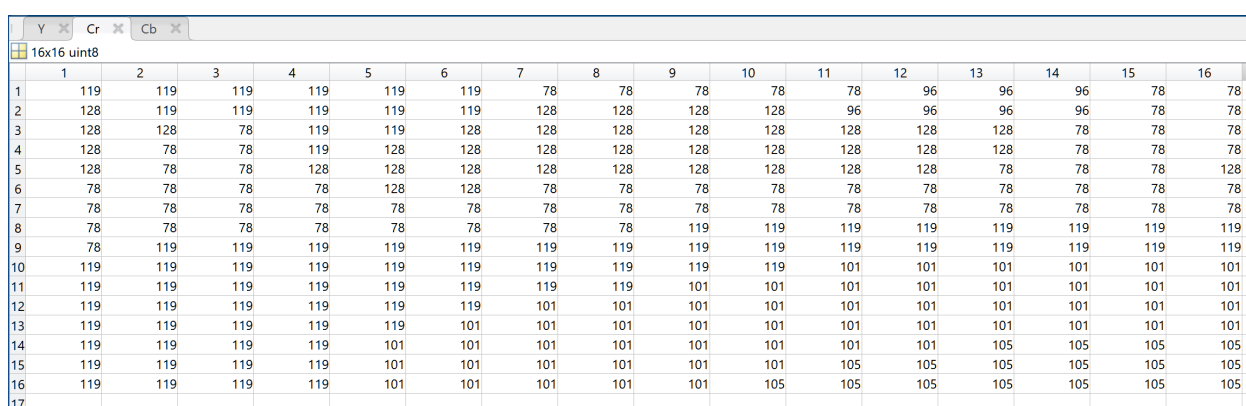
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	203	203	203	203	203	203	166	166	166	166	166	145	145	145	166	166
2	235	203	203	203	203	203	235	235	235	235	145	145	145	145	166	166
3	235	235	166	203	203	235	235	235	235	235	235	235	235	166	166	166
4	235	166	166	203	235	235	235	235	235	235	235	235	235	166	166	166
5	235	166	166	235	235	235	235	235	235	235	235	235	166	166	166	235
6	166	166	166	166	235	235	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166
7	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166
8	166	166	166	166	166	166	166	166	93	93	93	93	93	93	93	93
9	166	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93
10	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	144	144	144	144	144	144
11	93	93	93	93	93	93	93	93	144	144	144	144	144	144	144	144
12	93	93	93	93	93	93	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144
13	93	93	93	93	93	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144
14	93	93	93	93	144	144	144	144	144	144	144	144	179	179	179	179
15	93	93	93	93	144	144	144	144	144	144	179	179	179	179	179	179
16	93	93	93	93	144	144	144	144	144	179	179	179	179	179	179	179
17																

Рисунок 2.1 – Матрица яркостного компонента Y



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	145	145	145	145	145	145	154	154	154	154	154	180	180	180	154	154
2	128	145	145	145	145	145	128	128	128	128	180	180	180	180	154	154
3	128	128	154	145	145	128	128	128	128	128	128	128	128	154	154	154
4	128	154	154	145	128	128	128	128	128	128	128	128	128	154	154	154
5	128	154	154	128	128	128	128	128	128	128	128	128	154	154	154	128
6	154	154	154	154	128	128	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154
7	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154
8	154	154	154	154	154	154	154	154	107	107	107	107	107	107	107	107
9	154	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
10	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	78	78	78	78	78	78
11	107	107	107	107	107	107	107	107	78	78	78	78	78	78	78	78
12	107	107	107	107	107	107	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78
13	107	107	107	107	107	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78
14	107	107	107	107	78	78	78	78	78	78	78	78	74	74	74	74
15	107	107	107	107	78	78	78	78	78	78	74	74	74	74	74	74
16	107	107	107	107	78	78	78	78	78	74	74	74	74	74	74	74
17																

Рисунок 2.2 – Матрица цветоразностного компонента Cb



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	119	119	119	119	119	119	78	78	78	78	78	96	96	96	78	78
2	128	119	119	119	119	119	128	128	128	128	96	96	96	96	78	78
3	128	128	78	119	119	128	128	128	128	128	128	128	128	78	78	78
4	128	78	78	119	128	128	128	128	128	128	128	128	128	78	78	78
5	128	78	78	128	128	128	128	128	128	128	128	128	78	78	78	128
6	78	78	78	78	128	128	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78
7	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78
8	78	78	78	78	78	78	78	78	119	119	119	119	119	119	119	119
9	78	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119
10	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	101	101	101	101	101	101
11	119	119	119	119	119	119	119	119	101	101	101	101	101	101	101	101
12	119	119	119	119	119	119	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101
13	119	119	119	119	119	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101
14	119	119	119	119	101	101	101	101	101	101	101	101	105	105	105	105
15	119	119	119	119	101	101	101	101	101	101	105	105	105	105	105	105
16	119	119	119	119	101	101	101	101	101	105	105	105	105	105	105	105
17																

Рисунок 2.3 – Матрица цветоразностного компонента Cr

3. Прореживание.

Для компонентов Cr и Cb для каждого блока 2x2 находится и записывается среднее значение блока.

Матрица яркостного компонента разбивается на матрицы размерностью 8x8 пикселей.

Полученные матрицы представлены на рисунках 3.1-3.3.4:

Cr_block									
8x8 double									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	121	119	119	103	103	92	96	78	
2	116	99	126	128	128	128	103	78	
3	91	91	128	103	103	103	78	91	
4	78	78	78	78	99	99	99	99	
5	109	119	119	119	119	110	110	110	
6	119	119	119	110	101	101	101	101	
7	119	119	106	101	101	101	103	103	
8	119	119	101	101	102	105	105	105	
9									

Рисунок 3.1 – Прореженная матрица цветоразностного компонента Cr

Cb_block									
8x8 double									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	141	145	145	141	141	174	180	154	
2	135	150	132	128	128	128	141	154	
3	148	148	128	141	141	141	154	148	
4	154	154	154	154	131	131	131	131	
5	119	107	107	107	107	93	93	93	
6	107	107	107	93	78	78	78	78	
7	107	107	85	78	78	78	76	76	
8	107	107	78	78	77	74	74	74	
9									

Рисунок 3.2 – Прореженная матрица цветоразностного компонента Cb

Y									
8x8 double									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	203	203	203	203	203	203	166	166	
2	235	203	203	203	203	203	235	235	
3	235	235	166	203	203	235	235	235	
4	235	166	166	203	235	235	235	235	
5	235	166	166	235	235	235	235	235	
6	166	166	166	166	235	235	166	166	
7	166	166	166	166	166	166	166	166	
8	166	166	166	166	166	166	166	166	
9									

Рисунок 3.3.1 – Часть 1 матрицы яркостного компонента

	Y	Y1	Y2	Y3	Y4				
	8x8 double								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	166	166	166	145	145	145	166	166	
2	235	235	145	145	145	145	166	166	
3	235	235	235	235	235	166	166	166	
4	235	235	235	235	235	166	166	166	
5	235	235	235	235	166	166	166	235	
6	166	166	166	166	166	166	166	166	
7	166	166	166	166	166	166	166	166	
8	93	93	93	93	93	93	93	93	

Рисунок 3.3.2 – Часть 2 матрицы яркостного компонента

	Y	Y1	Y2	Y3	Y4				
	8x8 double								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	166	93	93	93	93	93	93	93	
2	93	93	93	93	93	93	93	93	
3	93	93	93	93	93	93	93	93	
4	93	93	93	93	93	93	144	144	
5	93	93	93	93	93	144	144	144	
6	93	93	93	93	144	144	144	144	
7	93	93	93	93	144	144	144	144	
8	93	93	93	93	144	144	144	144	
9									

Рисунок 3.3.3 – Часть 3 матрицы яркостного компонента

	Y	Y1	Y2	Y3	Y4				
	8x8 double								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	93	93	93	93	93	93	93	93	
2	93	93	144	144	144	144	144	144	
3	144	144	144	144	144	144	144	144	
4	144	144	144	144	144	144	144	144	
5	144	144	144	144	144	144	144	144	
6	144	144	144	144	179	179	179	179	
7	144	144	179	179	179	179	179	179	
8	144	179	179	179	179	179	179	179	

Рисунок 3.3.4 – Часть 4 матрицы яркостного компонента

4. Двумерное дискретное косинусное преобразование (ДКП)

Использована функция Matlab – $M = \text{dctmtx}(8)$, произведено умножение каждой полученной матрицы 8x8 на матрицу коэффициентов M по формуле:

$$T = M * V * M^T,$$

где V – рабочие матрицы.

Матрицу М берём встроенную в Matlab. Используется ДКП-2, наиболее подходящий для изображений.

Полученные матрицы представлены на рисунках 4.1-4.3.4:

T_Cr									
8x8 double									
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	841.1250	33.6963	-15.3349	4.7763	-7.1250	-1.2262	8.3814	7.6438	
2	-12.0082	7.3806	-35.4077	3.2073	-3.5280	8.0057	13.4447	10.5759	
3	17.3808	32.2711	7.5152	9.9186	-3.0799	6.6890	-4.9760	-1.1926	
4	29.0710	24.9348	9.3096	-3.5281	-2.1893	4.9022	-12.9856	0.2426	
5	-13.3750	-13.5673	16.6783	4.2952	0.8750	-6.2766	-16.2440	0.7221	
6	-45.0309	-7.3890	21.5300	-2.7923	-1.5509	-7.0911	-3.4859	3.6138	
7	-11.9348	14.5762	7.2740	-16.9634	-3.1891	-3.5474	6.9848	1.3603	
8	17.5880	14.3813	-3.0131	-15.1846	-1.1369	-4.6463	3.3681	0.7385	

Рисунок 4.1 – Результат ДКП для матрицы цветоразностного компонента Cr

T_Cb									
8x8 double									
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	939	38.6515	28.4653	2.1964	-7.2500	0.8895	-10.9789	-6.8606	
2	208.4890	-54.7670	-1.2316	-1.9740	-10.8238	7.0598	-1.8420	-1.3297	
3	-18.7714	-23.7949	15.3300	12.6529	-15.1047	-5.6905	-4.2641	-3.4364	
4	-37.2172	-3.0171	-8.1550	-0.9892	-11.4109	6.5292	11.1358	4.9335	
5	25.0000	-0.4237	-11.6442	6.7980	-2.2500	8.4101	4.5526	-0.0496	
6	43.6951	-0.9460	-4.2820	5.7207	-10.1456	8.4074	2.8614	-4.2754	
7	10.2108	-7.6257	-3.5141	6.3813	-5.1085	8.3493	-0.5800	-0.8263	
8	-13.5949	-17.1382	-0.1977	18.1984	5.0822	-0.4614	-4.6388	3.8489	

Рисунок 4.2 – Результат ДКП для матрицы цветоразностного компонента Cb

T_Y1									
8x8 double									
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	1.5739e+03	-43.7236	8.4811	67.7975	35.1250	2.3294	4.4697	-8.7181	
2	122.6022	12.4757	28.8263	2.6138	4.0910	9.3370	-6.1862	-7.4436	
3	-104.9081	67.2168	-10.7238	-52.1666	-38.0236	-11.4644	1.4943	4.6683	
4	-26.4655	12.8024	-60.7139	11.5201	1.1723	-15.1728	21.4906	8.5947	
5	8.6250	-2.4508	-15.1203	4.1842	25.8750	21.0355	6.9395	1.6376	
6	-41.1745	15.1960	-9.5010	3.5655	-10.0792	-12.6133	2.8346	-2.9884	
7	-11.8830	10.6529	-25.0057	23.7008	-20.9161	-36.0512	1.4738	-15.6138	
8	16.0079	11.2948	16.9993	-12.0463	3.1403	13.3231	-17.2438	-24.8826	

Рисунок 4.3.1 – Результат ДКП для части 1 матрицы яркостного компонента Y

	T_Y1	T_Y2	T_Y3	T_Y4					
	8x8 double								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	1.3832e+03	101.2293	22.6486	-25.4000	23.2500	-9.5180	-15.8757	1.5817	
2	132.1512	54.1900	26.5592	5.4445	3.1356	-8.2282	-19.5465	7.5820	
3	-238.0453	-63.9229	30.7923	34.8000	-30.6358	2.5964	-3.9899	2.2717	
4	14.9005	-51.2635	36.0018	-13.8889	-15.0499	8.8201	16.0474	-14.3949	
5	-44.5000	-0.7445	-6.0885	-32.5227	6.0000	6.4692	14.6988	-1.1143	
6	53.7040	-9.8027	-58.6661	5.1078	0.3172	3.0314	2.0019	26.9744	
7	-42.9212	-16.1045	-43.7399	-3.8979	0.5128	4.7180	7.4577	16.4656	
8	63.3741	3.8697	0.1514	-35.5098	9.4177	5.6421	15.6414	-8.8325	

Рисунок 4.3.2 – Результат ДКП для части 2 матрицы яркостного компонента Y

	T_Y1	T_Y2	T_Y3	T_Y4					
	8x8 double								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	861.5000	-94.3480	32.0312	32.4391	2.7500	-3.1867	3.5093	15.3096	
2	-74.4917	96.3112	17.4887	-14.7269	14.4156	28.5841	4.5517	-9.8304	
3	3.5930	35.5862	-10.6961	28.0598	20.2517	-5.4357	8.3195	10.5962	
4	28.1588	-0.3069	11.3085	23.5164	5.7211	4.4079	12.3513	-0.6908	
5	15.5000	-1.9230	32.0312	-0.0163	2.7500	18.4992	3.5093	-3.0749	
6	7.9721	8.3142	13.4243	0.6735	14.6657	5.9368	-5.9142	12.2884	
7	1.4883	14.7403	-4.4305	11.6227	8.3885	-2.2515	3.4461	4.3891	
8	-5.6251	11.9352	-1.4961	9.8206	-6.3248	3.1496	12.9156	-12.7643	
9									

Рисунок 4.3.3 – Результат ДКП для части 3 матрицы яркостного компонента Y

	T_Y1	T_Y2	T_Y3	T_Y4					
	8x8 double								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	1.1626e+03	-49.4769	-25.5796	-9.2509	-4.3750	-0.6936	5.8600	7.4274	
2	-172.8259	14.8486	3.5831	0.6440	6.0683	9.1053	5.0841	0.3949	
3	-28.7860	-14.2574	-18.2186	-14.9710	-5.7162	1.0209	1.3592	-0.3182	
4	-60.9476	-13.4448	7.7411	14.2693	5.1445	-1.4505	2.3618	5.5130	
5	-51.3750	37.3403	14.1472	-1.0380	-4.3750	-6.1812	-10.5954	-9.8416	
6	-14.8660	16.2526	9.6170	5.0023	3.4374	2.0591	-0.2629	-1.3361	
7	-5.8006	11.9950	22.8592	17.1319	-2.3677	-15.1678	-12.0314	-3.6925	
8	-12.4560	24.3477	4.4806	-3.7141	1.2071	4.3784	-0.5494	-4.1770	

Рисунок 4.3.4 – Результат ДКП для части 4 матрицы яркостного компонента Y

5. Квантование

Поэлементно делим матрицы яркостного и цветоразностного компонентов на матрицы коэффициентов квантования для соответствующих компонентов.

Матрицы коэффициентов:

$$QY = \begin{bmatrix} 16 & 11 & 10 & 16 & 24 & 40 & 51 & 61; \\ 12 & 12 & 14 & 19 & 26 & 58 & 60 & 55; \end{bmatrix}$$

```

14 13 16 24 40 57 69 56;
14 17 22 29 51 87 80 62;
18 22 37 56 68 109 103 77;
24 35 55 64 81 104 113 92;
49 64 78 87 103 121 120 101;
72 92 95 98 112 100 103 99];

```

```

QC = [17 18 24 47 99 99 99 99;
      18 21 26 66 99 99 99 99;
      24 26 56 99 99 99 99 99;
      47 66 99 99 99 99 99 99;
      99 99 99 99 99 99 99 99;
      99 99 99 99 99 99 99 99;
      99 99 99 99 99 99 99 99;
      99 99 99 99 99 99 99];

```

Полученные матрицы представлены на рисунках 5.1-5.3.4:

Q_Cb									
8x8 double									
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	55	2	1	0	0	0	0	0	0
2	12	-3	0	0	0	0	0	0	0
3	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0
4	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 5.1 – Результат квантования матрицы цветоразностного компонента Cb

Q_Cr									
8x8 double									
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	49	2	-1	0	0	0	0	0	0
2	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0
3	1	1	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 5.2 – Результат квантования матрицы цветоразностного компонента Cr

Q_Y1

Q_Y2

Q_Y3

Q_Y4

8x8 double

	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	98	-4	1	4	1	0	0	0	
2	10	1	2	0	0	0	0	0	
3	-7	5	-1	-2	-1	0	0	0	
4	-2	1	-3	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	-2	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	

Рисунок 5.3.1 – Результат квантования матрицы 1 яркостного компонента Y

Q_Y1 Q_Y2 Q_Y3 Q_Y4

8x8 double

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	86	9	2	-2	1	0	0	0
2	11	5	2	0	0	0	0	0
3	-17	-5	2	1	-1	0	0	0
4	1	-3	2	0	0	0	0	0
5	-2	0	0	-1	0	0	0	0
6	2	0	-1	0	0	0	0	0
7	-1	0	-1	0	0	0	0	0
8	1	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 5.3.2 – Результат квантования матрицы 2 яркостного компонента Y

Q_Y1 X Q_Y2 X Q_Y3 X Q_Y4 X

8x8 double

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	54	-9	3	2	0	0	0	0
2	-6	8	1	-1	1	0	0	0
3	0	3	-1	1	1	0	0	0
4	2	0	1	1	0	0	0	0
5	1	0	1	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 5.3.3 – Результат квантования матрицы 3 яркостного компонента Y

Y4 = [73, (0, -4), (0, -14), (0, -2), (0, 1), (0, -3), (0, -1), (1, -1), (0, -4), (0, -3), (0, -1), (0, -1), FF]

8. Кодирование по Хаффману

Осуществляется в соответствии с таблицей:

Значения		Коды значений		Длина
<0	>0	<0	>0	
0				0
-1	1	0	1	1
-3,-2	2,3	00,01	10,11	2
-7,-6,-5,-4	4,5,6,7	000,001,010,011	100,101,110,111	3
-15,...,-8	8,...,15	0000,...,0111	1000,...,1111	4
-31,...,-16	16,...,31	00000,...,11111		5
-63,...,-32	32,...,63	000000,...,111111		6
-127,...,-64	64,...,127	0000000,...,1111111		7
-255,...,-128	128,...,255	00000000,...,11111111		8
-511,...,-256	256,...,511	000000000,...,111111111		9
-1023,...,-512	512,...,1023	0000000000,...,1111111111		10
-2047,...,-1024	1024,...,2047	00000000000,...,11111111111		11

Рисунок 6 – Таблица кодов по Хаффману

После кодирования получаем такие значения:

$$C_b = 6 + 6 + 8 + 5 + 6 + 5 + 5 + 5 + 8 = 54 \text{ бит}$$

$$C_r = 6 + 6 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 8 = 45 \text{ бит}$$

$$Y_1 = 7 + 7 + 8 + 7 + 5 + 5 + 7 + 6 + 7 + 6 + 5 + 8 = 84 \text{ бит}$$

$$Y_2 = 7 + 8 + 8 + 9 + 7 + 6 + 6 + 6 + 7 + 5 + 6 + 8 = 87 \text{ бит}$$

$$Y_3 = 6 + 8 + 7 + 8 + 6 + 6 + 5 + 6 + 6 + 5 + 5 + 8 = 76 \text{ бит}$$

$$Y_4 = 7 + 7 + 8 + 6 + 5 + 6 + 5 + 5 + 7 + 6 + 5 + 8 = 75 \text{ бит}$$

Размер сжатого изображения:

$$V = 421 \text{ бит}$$

$$\text{Коэффициент сжатия: } \frac{6144}{421} = 14,5938242280285 \approx 14,593$$

4. Вывод:

В ходе лабораторной работы был подробно рассмотрен классический алгоритм сжатия JPEG. Было выполнено пошаговое сжатие изображения 16x16 пикселей, с глубиной цвета 3 бита и цветовым пространством RGB.

Объём исходного файла составлял 6144 бита, после алгоритма JPEG составляет 569 бит, что даёт нам коэффициент сжатия в 14,593 раз.

Были выполнены следующие шаги:

1. Преобразование из RGB в YCbCr – матрицы яркостного и цветоразностных компонентов.
2. Прореживание на блоки 8x8 для компонента Y и прореживание в 2 раза для компонентов Cb и Cr.
3. Дискретно косинусное преобразование (ДКП 2) для разделения низких частот и высоких – переводит матрицу значений пикселей 8x8 в матрицу коэффициентов ДКП 8x8, представляющих частоты изображения. Большая часть энергии (визуально значимой информации) сосредоточена в левом верхнем углу матрицы коэффициентов, а наименьшая — в правом нижнем.
4. Квантование – с использованием стандартных матриц квантования – обнуляет часть высокочастотных коэффициентов.
5. Зиг-заг сканирование – эффективное расположение коэффициентов в порядке возрастания частоты.
6. RLE-кодирование – запись повторяющихся значений более кратко.
7. Кодирование по Хаффману – использование эффективных кодовых слов для представления информации.

Подводя итог работы, можно сказать, что самый ценный этап в сжатии JPEG – прореживание и квантование – моменты, где теряется информация, детали изображения, высокие частоты, незаметные глазу человека.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Листинг Программы

```
rgb=imread ('task.jpg');
ycbcr=rgb2ycbcr(rgb);

%Преобразование в YcRcB

Y  = ycbcr(:, :, 1);
Cb = ycbcr(:, :, 2);
Cr = ycbcr(:, :, 3);

%Разделение на 8x8

Cb_block = round(blockproc(Cb, [2 2], @(block)
mean(block.data(:)))));
Cr_block = round(blockproc(Cr, [2 2], @(block)
mean(block.data(:)))));
Y1 = double(Y(1:8, 1:8));
Y2 = double(Y(1:8, 9:16));
Y3 = double(Y(9:16, 1:8));
Y4 = double(Y(9:16, 9:16));

%ДКП
M = dctmtx(8);

T_Y1 = M * Y1 * M';
T_Y2 = M * Y2 * M';
T_Y3 = M * Y3 * M';
T_Y4 = M * Y4 * M';
T_Cb = M * Cb_block * M';
T_Cr = M * Cr_block * M';

%Квантование

QY = [16 11 10 16 24 40 51 61;
      12 12 14 19 26 58 60 55;
      14 13 16 24 40 57 69 56;
      14 17 22 29 51 87 80 62;
      18 22 37 56 68 109 103 77;
      24 35 55 64 81 104 113 92;
      49 64 78 87 103 121 120 101;
      72 92 95 98 112 100 103 99];

QC = [17 18 24 47 99 99 99 99;
      18 21 26 66 99 99 99 99;
      24 26 56 99 99 99 99 99;
      47 66 99 99 99 99 99 99;
      99 99 99 99 99 99 99 99;
      99 99 99 99 99 99 99 99;
      99 99 99 99 99 99 99 99;
      99 99 99 99 99 99 99 99];
```