**毕业论文**

**论文题目（中文）** JPEG图像的编解码实现

**论文题目（外文）**  Encoding and decoding of JPEG image

摘 要

1. JPEG是一种十分先进的图像压缩技术，它用有损压缩方式去除冗余的图像数据，在获得极高的压缩率的同时能展现十分丰富生动的图像。本文设计和实现一个JPEG图像编解码器来进行图像转换，利用离散余弦变换、熵编码、Huffman编码等图像压缩技术将BMP图像转换成JPEG图像，即进行图像的压缩。验证JPEG压缩编码算法的可行性。通过比对图像压缩前后实际效果，探讨压缩比，峰值信噪比等评价图像数据压缩程度及压缩质量的关键参数，对JPEG压缩编码算法的实用性和优越性进行研究。

**关键词：**JPEG；编码；解码；图像压缩

Abstract

JPEG is a very advanced image compression technology, it uses lossy compression to remove redundant image data, in obtaining a very high compression rate can show a very rich and vivid image. In this project, a JPEG image codec is designed and implemented to transform image, using discrete cosine transform, entropy coding, Huffman coding and other image compression techniques to convert BMP images into JPEG images. Verifies the feasibility of JPEG compression coding algorithm. Through the comparison of the actual effect of image compression, the key parameters of compression ratio, peak Snr, and the compression quality of image data are discussed, and the practicability and superiority of JPEG compression coding algorithm are researched.

**Key words:** JPEG; encoding; decoding; image compression

目 录

摘 要 II

Abstract III

目 录 IV

第一章 绪 论 1

第二章 JPEG图像编码压缩原理 4

第三章 实验过程与结论 12

致 谢 15

第一章 绪 论

1.1 研究背景和意义

1. 在如今这个信息化社会里，计算机网络飞速发展，信息交流成为了人们生活中必不可少的部分，近年来随着自媒体的兴起，大量的信息更是充斥着人们的日常生活，而图像作为日常信息交流中最常用的信息传递媒介之一，充满着各个信息平台和设备终端。

随着生活节奏的加快，人们对信息交流的质量和速度也有着越来越高的要求，但是由于图像和视频本身的数据量非常大，给存储和传输带来了很多不便，尤其在网络中传递图形图像时对传输速度有着很高的要求，这就使得图像压缩和视频压缩成为网络技术中的基础性技术。所以图像压缩和视频压缩得到了非常广泛的应用。

1. 图像压缩是一种减少描绘一幅图像所需数据量的技术和科学，它是数字图像处理领域中最有用和商业上最成功的技术之一。每天被压缩和解压缩的图像的数量是惊人的。
2. 为了理解图像压缩的需要，考虑使用720×480×24比特像素阵列来描绘2小时的标准清晰度（SD）电视电影所需的数据量。数字电影是由一帧一帧的全彩色静止图像排列起来而组成的，为了能让人眼感觉到流畅的视频画面，视频播放时必须以30帧每秒的速率连续地显示这些帧，因此必须以
3. 

的速率读取SD数字电影数据。可以计算得2小时电影的数据量为

1. 

假设用传统的12cm，容量为8.5GB双层光盘的话，这么多的数据需要27张才能存储完。这很明显是不现实的，所以为了能把这部2小时的电影存放在单张光盘上，视频的每一帧应该以平均26.3的系数进行压缩。

1. 除此之外，为了减少存储空间和传输时间，网页图像和高分辨率数字摄像机图片也需要进行数据压缩。例如，利用宽带发送数据的速率为12Mbps（兆比特每秒）。以该速率传输一幅128×128×24比特全彩色小图像需要的时间为0.03秒。而经过压缩后再传输，这个时间可以减少2~10倍，甚至更多。同理，考虑大小为1GB的闪存卡中可存储的8兆像素数字摄像机所拍摄的未压缩全彩色照片数量约为41幅（每幅约24MB），而经过压缩后，该数量也以2~10倍的数量增加。除了这些应用外，图像压缩在视频会议、遥感、文本和医学图像处理、传真传输等诸多领域也扮演者重要的角色。

1.2 发展历史与现状

1. JPEG的全称为Joint Photographic Experts Group（联合照片专家小组），它是一个在国际标准组织(ISO)下从事静态图像压缩标准制定的委员会。它是CCITT于1992年正式通过的用来处理连续色调静止图象的压缩标准。JPEG既可以进行有损压缩，也可以进行无损压缩，最常见也最常用的就是有损压缩的方法，其压缩过程可分为颜色模式转换及采样、DCT变换、量化、编码等几部分。联合照片专家小组制定出了第一套国标静态图像压缩标准：ISO 10918-1，也就是我们俗称的JPEG。因为JPEG压缩编码拥有数据量小且兼容性好的优良品质，所以它在短短的几年内就获得了巨大的成功，目前网络媒体上大约百分之八十的图形图像都采用的是JPEG压缩标准。也正是由于JPEG格式可以对扫描或自然图像进行大幅度的压缩，使它成为迅速显示图像并保存较好分辨率的理想格式，这样利于存储和传输，所以在Internet上得到了广泛的应用。
2. 随后，在诸多媒体应用领域的大量激增下，原始JPEG压缩技术已经不能满足人们对多媒体图形图像资料的要求。在此条件下，催生了更高压缩率以及更多新功能的新一代静态图像压缩技术——JPEG 2000。JPEG 2000同样是由JPEG组织负责制定的，命名为“ISO 15444”。该小组自1997年三月开始筹划，经过三年的艰苦努力，终于在2000年3月东京的一个会议上，提前出台了规定基本编码系统的最终协议草案。这比人们预计2000年12月才能制定完成要早，没有出现人们担心的改名为JPEG2001的情况。
3. 近年来，有关图像编码技术对的研究也成果百出，图像编码技术已经发展到一种很成熟的状态，人们开始突破了传统的信源编码理论，开发出了小波变换编码、分形理论、人工神经网络理论以及视觉仿真理论，这些编码技术的特点是：充分考虑了人的视觉特性，使用了人工神经元网络的压缩编码技术。这些现代编码技术的出现与发展推动着图像编码技术走向繁荣。

1.3 课题研究目标和内容

1. 本课题对图像压缩编码的相关基础理论与技术进行学习研究，对BMP和JPEG两种图像文件格式也做针对性的理解和认识，在此基础上进行JPEG图像压缩编码算法的研究，结合实际情况，探索高效的JPEG图像编解码方法，从而在一定意义上实现图形的压缩编码和解码处理，程序采用C++环境，对图像压缩算法进行实现，并能做出一个可视化界面来处理图片，从而能更好地实现两种格式之间的转换，最后通过计算压缩比和峰值信噪比进行算法性能的分析比较。
2. 本课题的研究内容包括：图形图像压缩编码原理技术，BMP、JPEG的图像格式，JPEG图像的压缩编码算法，C++编程环境实现图像处理，matlab工具计算峰值信噪比。实现BMP和JPEG图像文件的相互转换，同时研究图像压缩处理算法，对图像处理的未来进行探讨与展望。

第二章 JPEG图像编码压缩原理

2.1 图像编码方法

1. JPEG专家组研究和开发了两种基本的压缩算法、两种熵编码方法、四种编码模式来实现JPEG图像的编解码。如下所示：
2. 压缩算法：
3. （1）有损的离散余弦变换DCT
4. （2）无损的预测压缩技术；
5. 熵编码方法：
6. （1）Huffman编码；
7. （2）算术编码；
8. 编码模式：
9. （1）基于DCT的顺序模式：通过一次扫描完成编解码；
10. （2）基于DCT的渐进模式：编码、解码需要经过多次扫描才能完成，扫描程度从粗略到精细，逐级递增；
11. （3）无损模式：基于DPCM，这种方法保证解码后图像能完全并精确地恢复到原图采样值；
12. （4）层次模式：图像编码在多个空间分辨率中进行，并可以选择放弃高分辨率信息，只对低分辨率数据做解码；
13. 由于在实际应用中JPEG图像的编码算法大多使用的是离散余弦变换、Huffman编码、顺序编码的模式，因此这样的方式也被人们称为JPEG图像压缩的基本系统。

2.2 JPEG压缩步骤

1. JPEG压缩是有信息损失的，它的基本原理是针对人的视角系统的某种特性，采用量化以及无损压缩编码相结合的方式，消除视角的冗余信息，并去掉数据本身的冗余信息。如下所列的是JPEG压缩编码算法的主要计算步骤：
2. （1）色彩模式转换及采样
3. （2）离散余弦变换
4. （3）量化
5. （4）Z字形编排
6. （5）直流系数编码
7. （6）交流系数编码
8. （7）熵编码

具体过程如图3-1所示



图 2-1 JPEG的压缩过程

2.3 JPEG压缩编码原理

2.3.1 色彩模式转换及采样

1. YCrCb颜色空间中，Y代表亮度，Cr，Cb则代表色度和饱和度，有时也将Cb，Cr两者统称为色度，三者通常以Y，U，V来表示，即用U代表Cb，用V代表Cr。YUV表示法的好处是它利用了人的眼睛的某种特性,来降低图像中彩色所占用的存储空间。相较于对亮度细节的分辨能力，人的眼睛对彩色细节的分辨能力要低很多。如果把人眼能分辨出的黑白条纹换做具有不同色彩的彩色条纹,那么眼睛就不容易能分辨出条纹来。基于此原理,便能够将彩色分量的分辨率减小,这不会对图像的质量有明显影响,因而便能够将相邻几个像素的不一样的彩色值看成是一样的彩色值来处理,这样能减少所需的存储空间。
2. 考虑假如要存储RGB为8∶8∶8尺寸为640×480像素的彩色图像，即R、G、B分量是用八位二进制数来描述的，那么可以算得需要的存储空间为921,600字节。要是换用YUV来描述这张彩色图像，那么，Y分量将是640×480，除此之外Y分量依旧是用八位二进制数来描述，而对每四个相邻像素（2×2）的U、V值，分别用相同的某个数值来描述，这时，存储这张图像所需要的存储容量便减少到460,800字节，可以看出减少了50%。
3. RGB和YCrCb之间的转换关系如下所示：YCrCb与RGB彩色空间变换模拟区域的彩色空间变换,与数字区域中的彩色空间变换不同。它们的分量用Cb、Cr、Y来表示,与RGB空间的转换方法如下:
4. Y = 0.299000R + 0.587000G + 0.114000B
5. Cb = - 0.168736R - 0.3313G + 0.500002B
6. Cr = 0.500000R - 0.418688G - 0.081312B
7. JPEG的图片使用的是YCrCb色彩模型，它们大致为红色度，蓝色度，亮度，这与计算机中最常用的RGB是不一样的。实际的应用表明，YCrCb模型能进行更好压缩图形。因为人眼对图片里的亮度Y的敏感度要比色度C的敏感度高许多。在这里需要强调的一点是，为了有利于此后的最小代码单元（Minimum Code Unit简称MCU）的获得，需要对产生的Cb、Cr、Y对高与宽进行扩充，让它是MCU的整数倍，使用的方法是将图像的最右边一列，以及它最下边一行进行复制，扩展它的宽与高，从而让全部的图像划分为MCU个数的整数倍。而在解码输出时抛弃这些被复制的行列。

2.3.3 离散余弦变换

1. DCT（Discrete Cosine Transform，离散余弦变换），是码率压缩中常用的一种编码方法。任何连续实对称函数的傅里叶变换中只包含余弦项，因此，余弦变换同傅里叶变换一样具有明确的物理意义。离散余弦变换是先将一幅图像划分成多个N×N的像素块，然后针对每一个N×N的像素块逐个进行DCT操作。JPEG的编码过程需要进行正向离散余弦变换，而解码过程是通过反向离散余弦变换实现的。
2. 正向离散余弦变换公式：



 ，当；， 当

1. 反向离散余弦变换公式：



1. 式中的*N*代表水平和垂直方向的像素数，在本设计中*N*取值为8。所以图像划分为8×8的二维像素块，这些像素快在DCT变换之后，便得到了相应8×8的变换系数矩阵。矩阵中的这些系数，都是有其具体的物理意义的，例如，*u*=0，*v*=0时的值是原来64个数据的平均值，也叫做直流分量，亦有人称之为DC系数或直流系数。随着*u*，*v*值的增加，相应的其他63个系数则代表了水平和垂直空间的频率分量的大小，它们大多数是一些接近于0的正负浮点数，我们称之为交流系数或AC系数。经过DCT变换后得到的8×8的变换系数矩阵中，低频分量都集中在矩阵的左上角，高频成分则集中在右下角。
2. 因为大多数图像的高频分量都比较小，因而也导致图像高频分量的DCT系数接近于0，再加上高频分量表现在图像上只影响着图像细节的细微变化，而人眼的构造对这种高频成分的变动表现的不太敏感，因此，在图像压缩的时候可以考虑将这些高频成分舍弃，以此来减少传输的数据量。如此一来，传送DCT变换系数所需的编码长度便远远小于传送图像像素所需的编码长度。当数据传送到接收端后，再通过反离散余弦变换便可还原到原来的数据，虽然这种方法会引起部分失真，但这些都是在人眼可接受的范围之内的。

2.3.4 Z字形编排（Zigzag）

1. 经过DCT变换，我们将一个8×8的数组转换成了另外一个8×8的数组，但是在内存中所有的数据都是以线性的形式存放的, 如果我们像表格一样一行一行地存放这64个数字, 那么每行结尾的点和下一行开始的点就不能联系在一起，即没有什么关系了, 所以JPEG规定按如图2-2中的数字顺序依次保存和读取这64个DCT的系数值。这样，数列里相邻的点在图片上便也是相邻的了。可以发现，这种数据扫描、保存以及读取的方式是从8×8矩阵的左上角开始，按照英文字母Z的形状进行的，我们将其称为Zigzag扫描排序。如图2-2所示：

图2-2 Z字形编排



2.3.5 量化

图像数据转换为DCT频率系数之后，还要经过量化，才能执行编码过程。量化阶段需要两个8×8量化矩阵，一个是亮度量化表，另一个称为色度量化表，将频率系数除以量化矩阵的值后取整，以便于执行最后的编码。可以看出，经过量化阶段之后，所有的数据只保留了他的整数近似值，这在一定程度上又损失了一些数据内容。在JPEG算法中，由于对亮度和色度有着不同的精度要求，所以对亮度和色度分别采用不同的量化表。前者细量化，后者粗量化。

表2-1和表2-2给出了JPEG的亮度量化表和色度量化表，该量化表是从广泛的实验中得出的。

表2-1 JPEG亮度量化表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. 16 | 1. 11 | 1. 10 | 1. 16 | 1. 24 | 1. 40 | 1. 51 | 1. 61 |
| 1. 12 | 1. 12 | 1. 14 | 1. 19 | 1. 26 | 1. 58 | 1. 60 | 1. 55 |
| 1. 14 | 1. 13 | 1. 16 | 1. 24 | 1. 40 | 1. 57 | 1. 69 | 1. 56 |
| 1. 14 | 1. 17 | 1. 22 | 1. 29 | 1. 51 | 1. 87 | 1. 80 | 1. 62 |
| 1. 18 | 1. 22 | 1. 37 | 56 | 1. 68 | 1. 109 | 1. 103 | 1. 77 |
| 1. 24 | 1. 35 | 1. 55 | 1. 64 | 1. 81 | 1. 104 | 1. 113 | 1. 92 |
| 1. 49 | 1. 64 | 1. 78 | 1. 87 | 1. 103 | 1. 121 | 1. 120 | 1. 101 |
| 1. 72 | 1. 92 | 1. 95 | 1. 98 | 1. 112 | 1. 100 | 1. 103 | 1. 99 |

表2-2 JPEG色度量化表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 |

1. 这两张表是根据心理视觉阀制作而成的, 经过大量实验，对8bit亮度和色度的图象的处理有着很不错的效果。在这一步除掉了一部分高频量, 抛弃了许多细节信息，因此量化表成为了控制JPEG图像压缩率的关键部分。从上面两个量化表也可以看出，高频部分采用了相对较长的量化步长，而低频部分则采用了相对较短的量化步长，这样做的目的也是在一定程度上得到更清晰的图像和更高的压缩率。

2.3.6 直流系数的差分脉冲调制编码

1. 8×8的图像块经过DCT变换之后得到的DC系数有两个特点：
2. (1) 系数的数值比较大；
3. (2) 相邻8×8像素块的DC系数变化不明显；
4. 根据这两个特点，DC系数一般采用差分脉冲调制编码DPCM（Difference Pulse Code Modulation），即：取同一个图像分量中每个DC值与前一个DC值的差值来编码。因为对差值进行编码所需的位数相较对原值进行编码所需的位数要少很多。

2.3.7 交流系数的行程长度编码(RLC)

1. 经过量化以后的AC系数的特点是，63个系数中很多系数的值为0。因此，可以采用行程编码RLC（Run Length Coding）来进一步减少数据的传输量。利用该编码方式，可以将一个字符串中连续重复出现的字符用两个字节来代替，其中，第一个字节表示重复的次数，第二个字节表示被重复的字符。例如，（3,5）就代表字符串“5555”。但是，在JPEG编码中，RLC的含义与原始RLC的定义稍有不同。在JPEG编码中，若经过RLC编码得到的数据对为（M,N），那么其中的M表示两个非零AC系数之间所有连0的个数（行程长度），N表示后面的非零AC系数的值。用这样的方式表示的原因是AC系数中有大量的0，在采用Zigzag扫描之后AC系数中会出现很多连续的0，这种情况下，便非常适合用这种RLC进行编码。
2. 用一个例子来说明这种RLC编码方式，若有如下所示字符串：
3. 57,45,0,0,0,0,23,0,-30,-8,0,0,1,000.....
4. 经过RLC编码之后，将会以如下形式呈现：
5. (0,57);(0,45);(4,23);(1,-30);(0,-8);(2,1);(0,0)
6. 特别的，当连续0的数目超过16个时，则用一个扩展字节(15,0)来表示16个连续的0。

2.3.8 熵编码

1. 为了降低熵信息，本设计的熵编码采用了Huffman编码。因为Huffman编码可以在编码时采用简单方便的查表方法。
2. Huffman编码是Huffman于1952年提出的一种编码方式。这种编码方法的主要思想是根据源数据符号出现的概率进行编码，给出现概率越高的符号分配以越短的编码，给出现概率较低的符号分配以较长的编码，从而达到用尽可能少的编码符号表示数据源的目的。它的原理来自信息论中的Huffman定理，详细如下：

定理：在变长编码中，对出现概率大的信源符号赋以短码字，而对于出现概率小的信源符号赋予长码字。如果将码字长度严格按照其所对应符号的出现概率大小逆序排列，则编码结果的平均码字长度一定小于其他任何排列方式。

Huffman编码的一般步骤：

(1) 概率统计（如对一副图像或m副同种类型图像做灰度信号统计），得到n个不同概率的信号符号；

(2) 将信源符号按概率递减顺序排列；

(3) 把两个最小概率相加作为新符号的概率，并按（2）重排；

(4) 重复（1）、（2），直到概率为1；

(5) 在每次合并信源时，将合并的信源分别赋以“0”和“1”；

(6) 寻找从每一信源符号到概率为1处的路径，记录路径上的“1”和“0”；

(7) 写出每一符号的“1”、“0”序列（从树根到信源符号结点）。

1. 在计算Huffman编码时需要对原始图像扫描两遍：第一遍扫描要精确地统计出原始图像中的每个灰度值出现的概率；第二遍扫描是建立Huffman树并进行编码，其数据压缩和解压速度都较慢，但这种编码的效率相当高。

2.4 图像文件格式

1. 图像文件格式即图像文件存放在存储媒介上的格式，通常有JPEG、BMP、TIFF、RAW、PNG、GIF等。下面针对本文用到的两种格式进行简单介绍。

2.4.1 BMP文件格式

1. BMP（位图文件，全称Bitmap）文件格式是微软Windows系统中定义的标准的图像文件格式，它分为两大类：一类叫做设备相关位图（DDB），另一类叫做设备无关位图（DIB），BMP文件格式得到了非常广泛的使用。它的存储格式采用的是位映射方法，只有图像深度可以选择，除此之外，没有采用其他任何的压缩，这也直接导致BMP文件所占用的存储空间很大。BMP格式的图像文件的图像可选深度为lbit、4bit、8bit以及24bit。BMP文件在存储数据的时候，图像的扫描方式是按照从左到右、从下到上的顺序。因为BMP文件格式是微软Windows环境下交换与图像有关的数据的一种标准，所以Windows环境下运行的所有图形图像软件都支持BMP图像格式。

2.4.2 JPEG文件格式

JPEG文件格式是由联合照片专家小组（Joint Photographic Experts Group）开发的命名为"ISO 10918-1"的图像格式，JPEG只是一种俗称。微处理机中数据的存放次序有两种，一种是大端存放（big endian），另一种叫做小端（little endian）存放。大端存放的意思是前面存放高字节后面存放低字节，而小端存放则相反，前面存放低字节后面存放高字节。比如，16进制数为CD12，大端存放就是CD12，小端存放就是12CD。而JPEG文件中的字节是使用大端存放格式存放的。JPEG格式作为目前网络上最流行的图像格式，是公认能把图像文件压缩到最小的格式，占用经可能少的空间，提高了传输速率，有着体积小且兼容性好的有点。

第三章 实验过程与结论

3.1 压缩质量评估原理

1. 冗余数据，相同数量的信息可以用不同数量的数据表示，包含不相关或重复信息的表示称之为冗余数据。如果我们令和代表相同信息的两种表示中的比特数（或信息携带单元），那么相对数据冗余R表示为



其中，*C*通常称为压缩率，定义为



1. PSNR，峰值信噪比，通常用来评价一幅图像压缩后和原图像相比质量的好坏，当然，压缩后图像一定会比原图像质量差的，所以就用这样一个评价指标来 规定标准了。PSNR越大，表明压缩后失真越小。PSNR公式如下



其中*P*表示图像的灰度级，在这里就是8bits表示法的最大值255，*MSN*称为均方差，公式如下



3.2 实验结果与分析

1. 基于前文介绍的编解码原理，使用VC++编程实现对JPEG文件的读取，压缩与存储。通过此应用程序中，用户可以将BMP文件压缩编码为JPEG图像，也可以实现JPEG图像解码为BMP文件，即能实现两者的格式转换。

第一组通过程序实现BMP图像压缩为JPEG图像的图像文件如图3-1所示：

a b

图3-1 BMP图片压缩编码为JPEG图片对比：(a) test.bmp（256×256，196,662字节，24位图）；(b) test.jpg（256×256，11,094字节，4位图）

1. 第二组实验的图像文件如图3-2所示：

a b

c

图3-2 BMP图像先压缩为JPEG图像再解压缩为BMP文件：(a) 昆仑堂.bmp（1048×622，1,955,622字节，24位图）；(b)昆仑堂.jpg（1048×622，145,917字节，24位图）；(c)昆仑堂新.bmp（1048×622，1,955,622字节，24位图）

1. 图3-1中原始图片test.bmp为256×256像素，大小为196,662字节的24位图，经过压缩编码，选择质量为75等级（100为质量最高）得到图片test.jpg为256×256像素，大小为11,094字节的24位图。
2. 根据公式4-1和4-2可以计算得压缩比为17.7，相对数据冗余为0.9435这表明原始图像中94.35%的数据冗余的，经过压缩，数据量大大减少，节省了存储空间。而通过利用matlab，根据公式3-1和3-2计算压缩前后两幅图像的峰值信噪比PSNR结果为68.7828，因此证明压缩后，图像和原图很接近，即失真很小，压缩前后图片用肉眼是无法区分出来的。
3. 图3-2中，三幅兰大榆中校区昆仑堂的照片看起来没啥区别，但是图a和图b在数据量上有很大差别，通过计算压缩比为13.4，相对数据冗余为0.9254，计算峰值信噪比PSNR为43.916，相比第一组PSNR有所下降，换句话说，压缩后失真较第一组严重。图c是将压缩后的图像解压缩得到的BMP图像，在数据量上来看，完全恢复到压缩前的大小，但是通过计算PSNR我们发现，值依然是43.916。由此可以看出，JPEG压缩过程是有损压缩，当再次解压缩的时候，图片无法恢复到跟原始图像一样的质量。

3.3 实验结论与总结

1. 在此设计中，使用离散余弦变换，将空间区域中描绘的图形，变换为频率区域描绘的图形；采用加权函数量化得到DCT的系数；采用Huffman可变字长编码器来编码量化系数的信息；采用行程长度编码RLE来编码交流系数（AC）的信息；采用差分脉冲编码调制来编码直流系数（DC）的信息；为了降低熵信息，熵编码采用了Huffman编码器。

经过对实验结果的分析可知，本次用C++实现JPEG图像的编解码过程比较成功，压缩后得到15左右的压缩比，表明原图有90%以上的冗余数据。而在图像质量方面，通过计算峰值信噪比，得到比较高的峰值信噪比，证明图像质量保持的比较好，即失真很小。

致 谢

1. 本设计能较成功地完成，与xx老师的悉心指导和热心帮助是分不开的，在此，我对他表示衷心的感谢。
2. 我的指导教师陆福相老师，在我的课题研究进行期间，指导我如何搜集相关的资料，并且在百忙中抽出时间来检查、指导我的工作，在具体的设计过程中又给了我很多的启示，在我进行程序调试时，他们又给了我很多的建议。在他们的指导下，我能合理安排时间并顺利完成了各阶段的相应的任务，按时完成此次的课题研究。
3. 同时，也要感谢同学，在我进行程序设计时遇到的许多的问题都是与他们共同探讨、研究之后，在他们的帮助下解决的。
4. 再一次感谢在课题研究期间给予我帮助的每一个人。