图像表达及其性质

教学目标：

1.感受自然的缤纷色彩，保护青山绿水

2.掌握图像数学表示及性质

2.掌握数字图像的采集与矩阵表示

3.掌握图片色度空间及格式类型

图像的色彩美

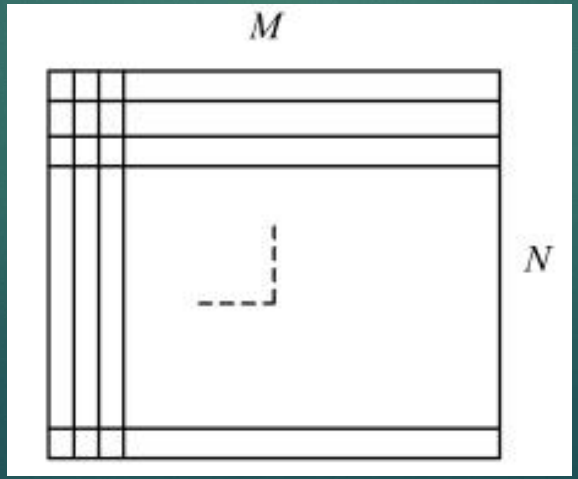
城市排水污染

垃圾污染

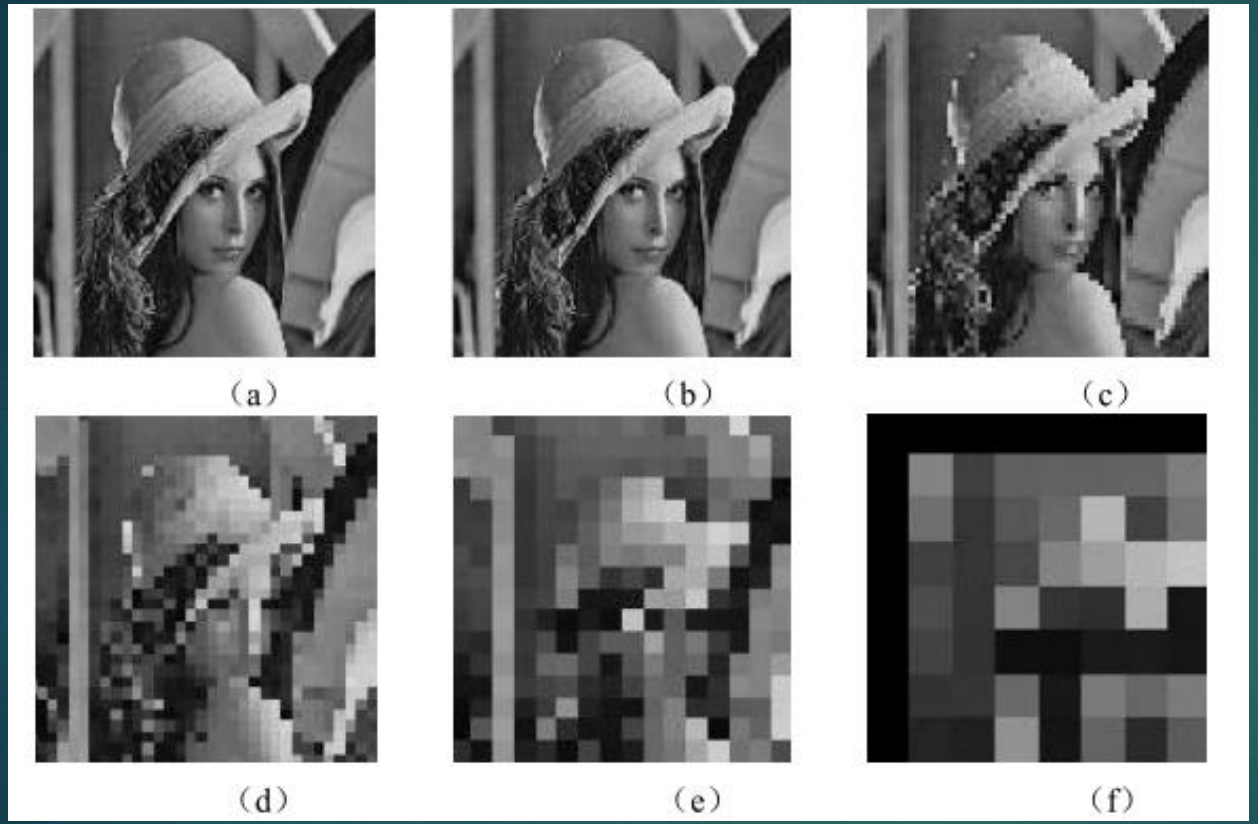
图像不仅可以记录城市的喧嚣、人间的生活、宇宙的浩瀚、自然的缤纷世界等，也可以记录许多不堪入目的一面，如水土污染、垃圾污染、大气污染等。让我们开动自己的智慧，探究图像的构成，学习其精髓。并用行动保护好青山绿水，拍摄出更多的美丽家园图，美丽中国图。

2.1.1 像素与灰度

- 图像数字化主要是指空间位置的离散数字化和亮度电平值的离散数字化。图像的数字化过程中关键的步骤就是采样和量化。
- 图像采样是对连续图像在一个空间点阵上取样，也就是空间位置上的数字化、离散化。原理如图所示，其中M和N是点阵的列数和行数，M、N的大小关系采样后图像质量的高低，合适的M和N能使数字化的图像损失最小。M和N的取值并不是随意确定的，它首先要满足奈奎斯特采样定理，使得采样的数据能不失真地反映原始图像信息。



- 通常所说的图像空间分辨率表示的就是用多少个点来描述一张图像，为了使采样后的图像保留更多的细节和更高的分辨率，人们希望使用更密集的空间像素点阵。也就是增加采样频率，即增加M和N，但采样频率越高图像的数据量就越大，数字图像的成本也随之提高。一般说来，采样间隔越大，所得图像像素越少，图像的空间分辨率低，可观察到的原始图像细节就越少，图像质量变差，严重时出现像素呈块状的棋盘效应；采样间隔越小，所得图像像素越多，则图像就越细腻逼真，图像空间分辨率就高，但数据量也随之增大。如图显示的就是同一幅图像在不同采样频率下的结果，从图（a）到图（f）是采样间隔递增获得的图像，在图（b）中帽檐处已呈锯齿状，在图（c）中这种现象更加明显，头发已变得不清晰，图（e）已经分不出人脸了，而图（f）几乎丧失了原图像的所有信息。可见采样间隔和图像的光滑程度，质量高低之间有密切关系。



像素一般是指由图像的小方格组成的，这些小方块都有一个明确的位置和被分配的色彩数值，小方格颜色和位置就决定该图像所呈现出来的样子。可以将像素视为整个图像中不可分割的单位或者是元素。不可分割的意思是它不能够再切割成更小单位或是元素，它是以一个单一颜色的小格存在。每一个点阵图像包含了一定量的像素，这些像素决定图像在屏幕上所呈现的大小。

- 2.灰度

- 采样后得到的亮度值（或色彩值）在取值空间上仍然是连续值，把采样后得到的由连续量表示的像素值离散化为整数值的操作称为数字图像的量化。图像量化后的整数灰度值称为灰度级，用G表示，它的数量是2^N，N是二进制数的位数，例如当N=1时，图像是只有（0，1）取值的二值图像，当N=8时，图像的灰度级256，N还可以是10或者16等取值。量化决定了图像的幅度分辨率。假设图像f（x，y）的空间分辨率是M×N，则图像的幅度分辨率就是各个函数f（·）可取的离散灰度级数G（不同灰度值的个数）。

- 量化和采样频率是完全相互独立的，例如一个高分辨率的图像可能被转化为二值图像，其量化的结果就仅有0或者1两种取值。同样的图像也可以进行8位量化，产生出具有256种不同的灰度级的图像。

- 如图所示说明了减少图像的量化级别（灰度级）所产生的效果。保持空间分辨率即采样频率不变，将灰度级较少为128，如图（b）所示，肉眼很难看出有什么变化。如果进一步将灰度级减少为16，如图（c）所示，此时在灰度缓变区会出现一些几乎看不出来的非常细的山脊状结构，这种效应称为虚假轮廓，它是由于在数字图像的灰度平滑区使用的灰度级不够而造成的。图（d）、（e）、（f）的灰度级逐渐减小为8、4、2，可以看到图像的质量越来越差。

总的来说，量化等级越多，所得图像层次越丰富，灰度分辨率越好，质量越好，但数据量比较大；量化等级少，图像层次欠丰富，灰度分辨率差，但数据量小。

2.1.2 图像

- 1.图像信号
- 图像按其亮度等级的不同，可以分成二值图像（只有黑白两种亮度等级）和灰度图像（有多种亮度等级）两种。按其色调不同．可分为无色调的灰度（黑白）图像和有色调的彩色图像两种。按其内容的变化性质不同，有静态图像和活动图像之分。而按其所占空间的维数不同，又可分为平面的二维图像和立体的三维图像等。
- 2.模拟视频信号
- 根据三基色原理，利用R（红）、G（绿）、B（蓝）三色不同比例的混合可以表示各种色彩。摄像机在拍摄时，通过光敏器件（如CCD，电荷耦合器件），将光信号转换为RGB三基色电信号。在电视机或监视器内部，最终也是使用RGB信号分别控制撞击荧光屏的电子流，或液晶显示屏的驱动电路使其发光产生影像。

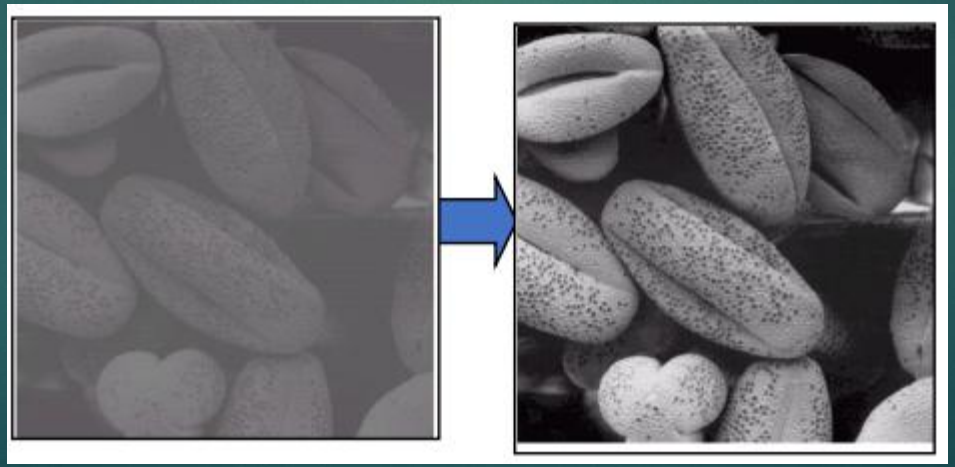
- 3.数字图像的主要类型
- 按数字图像信息表示方式的不同，可以将数字图像分为矢量图（Vector Based Image）和位图（Mapped Image）。矢量图是用一系列计算指令来表示一幅图，如画点、画线、画曲线、画矩形等。这种方式实际上是用一个数学表达式来描述一幅图，然后通过编程来实现。矢量图像文件数据量小，图像进行缩小、放大时不会失真，目标图像的移动、复制和旋转都可以很容易做到。然而，对于构造成分复杂的图像，如自然风景等，就很难用数学表达式来表达了。位图是指由一系列像素构成的图像，每个像素是由亮度、色度等参数数据来描述，位图在数字图像处理中得到广泛应用。矢量图和位图最大的区别就是矢量图处理的对象是由数学表达式描述的形状，而位图处理的对象是像素。

- 按图像携带的视觉信息类型不同，可以将数字图像分为灰度图像和彩色图像。灰度图像只包含了亮度信息而没有色彩信息。灰度图像又可以根据灰度等级的数目划分为单色图和灰度图：单色图的每个像素只用1位表示，要么为1，要么为0，即图像只有两种颜色；灰度图的每个像素用1个字节表示，灰度等级为2^8=256级。彩色图像除了亮度信息之外还包括了色彩信息。根据颜色数目的不同，彩色图可分为256色图像和真彩色图像，用真彩色表示的图像文件很大，需要较大的存储空间和传输空间。

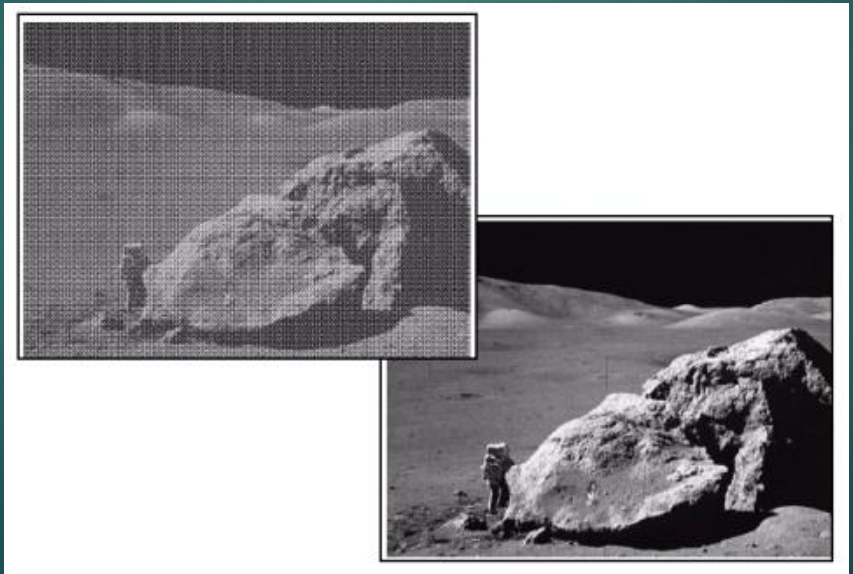
- 4.分辨率
- 在计算机中的图像分辨率有两种：图像显示分辨率和图像分辨率。
- 图像显示分辨率是指屏幕上能够显示出的像素数目。例如，显示分辨率为1024×768像素表示显示屏分为768行，每行显示1024个像素，整个显示屏有786432个像素点。屏幕能够显示的像素越多，表明显示设备的分辨率越高，所显示的图像质量就越好。
- 图像分辨率是图像中像素密度的度量方法，它表示图像的细微部分能被正确地显示、重现出来并给人清晰印象的程度。同样大小的一幅图像，如果组成该图像的像素数目越多，就说明图像的分辨率越高。图像分辨率取决于图像摄录器材的基本性能和技术指标。如用扫描仪扫描图像时需要指定图像的输入分辨率，一般dpi（Dot Per Inch）即每英寸点数来表示，用300dpi来扫描一幅（8×10）英寸的图像，就得到一幅2400×3000个像素的图像。图像通过打印机输出时也会涉及一个打印机分辨率的问题，又称为输出分辨率，指的是打印输出的分辨率极限，它的高低决定了输出质量，目前激光打印机的分辨率可达600dpi、1200dpi。

- 5.数字图像的主要研究内容
- 数字图像处理所包括的内容很广泛，从研究目的来讲大致可以分为图像预处理和图像分析两大类。图像预处理通常是为了改善图像的质量，使图像中的某部分信息更加突出，以满足某种应用的需要；图像分析则是从图像中提取有用信息，实现应用的过程，具体包括的内容有以下几个方面：
- （1）图像变换
- 图像变换的方法包括傅里叶变换，沃尔什变换、离散余弦变换，小波变换等，图像从空间域转换到变换域后，不仅可以减少计算量，而且可以获得更加有效的处理。例如小波变换在频域具有良好的局部化特征，在图像编码、图像融合中获得了广泛而有效的应用。

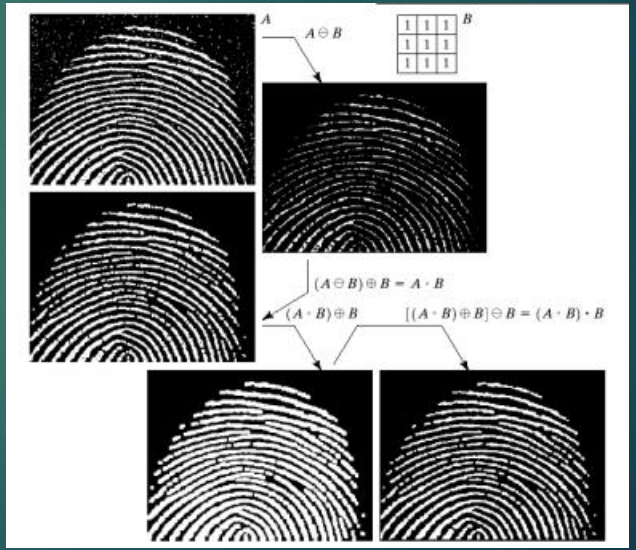
- （2）图像增强
- 由于成像系统是个高度复杂的系统，图像在产生和传输的过程中总会受到各种干扰而产生畸变和噪声，使得图像质量下降，而图像增强正是为了提高图像的质量，如抑制噪声，提高对比度，边缘锐化等，以便于观察、识别和进一步的分析处理。增强后的图像与原图像不再一致，也许会损失一些有用信息，但如果这些信息是人眼无法感知的，这样的处理就是合理的。



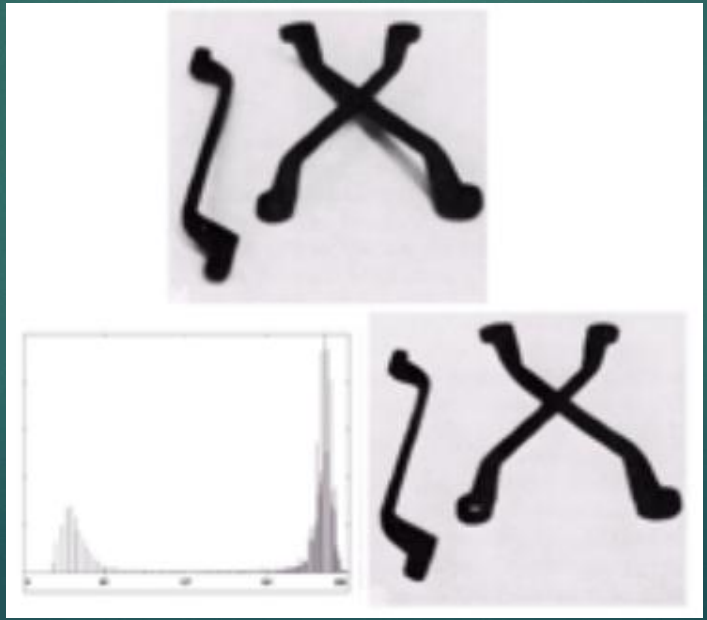
- （3）图像复原
- 大气湍流、摄像机与被摄物体之间的相对运动都会造成图像的模糊，图像复原是指把退化、模糊了的图像尽可能的恢复到原图像的模样，它要求对图像退化的原因有所了解，建立相应的“退化模型”，再采用某种滤波方法，恢复或重建原来的图像。



- （4）图像编码与压缩
- 图像编码压缩技术主要是利用图像信号的统计特性和人类视觉的生理学及心理学特性，对图像信号进行编码，有效减少描述图像的冗余数据量，以便于图像传输、存储和处理。压缩技术在日常的生活中随处可见，如许多视频文件都采用了MPEG-4技术进行压缩，在满足一定保真度的前提下，大大减小了存储空间，网络上的JPEG文件也都采取了压缩编码技术，减小了文件的字节数从而有利于在网络上的传输。



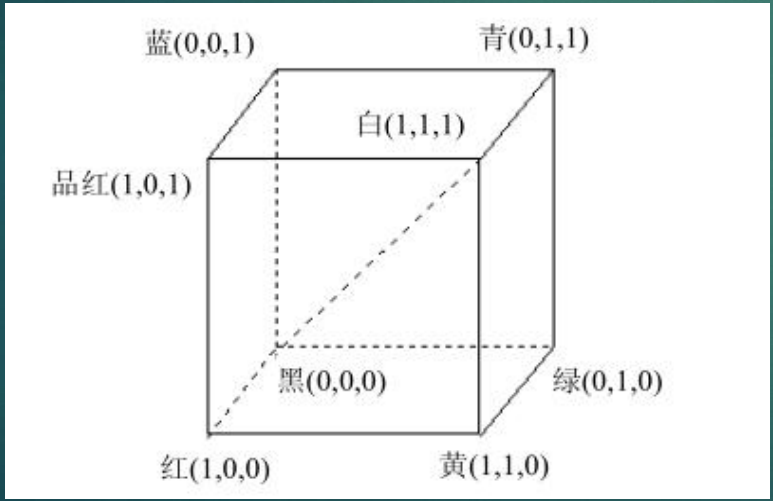
- （5）图像分割
- 图像分割是将感兴趣的目标从背景中分离出来，便于提取出目标的特征和属性，进行目标识别，为最终的决策提供依据。图像自动分割是图像处理领域中的难题，人类视觉系统能够将所观察的复杂场景中的对象一一分开，并识别出每个物体，但利用计算机进行分割往往还需要人工提供必需的信息才能实现。



2.1.3 色彩空间

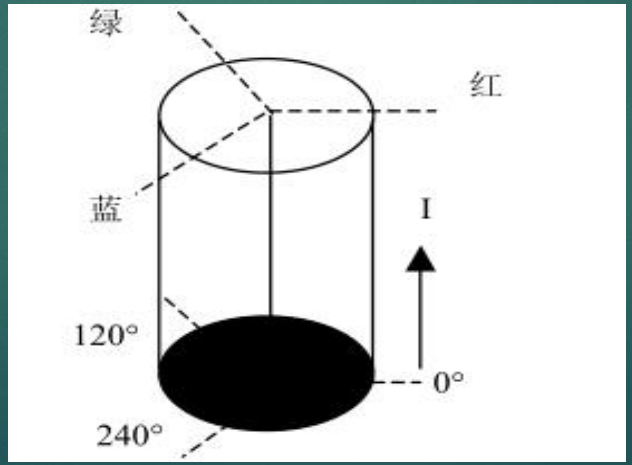
- “色彩空间”一词源于英文“Color Space”，又称为“色域”。色彩学中，人们建立了多种色彩模型，以一维、二维、三维甚至四维空间坐标来表示某一色彩，这种坐标系统所能定义的色彩范围即色彩空间。
- 为了科学地定量描述和使用颜色，人们提出了各种颜色模型。最常见的是RGB模型，它主要面向诸如视频监视器、彩色摄像机或打印机之类的硬件设备；另一种常用模型是HSI模型，它主要面向以彩色处理为目的的应用，如动画中的彩色图形。另外，在印刷工业和电视信号传输中，经常使用CMYK和YUV色彩系统。

- 1.RGB颜色模型
- RGB颜色模型是由国际照明委员会（CIE）制定的。如图所示，RGB颜色模型就是三维直角坐标颜色系统的一个单位正方体，原点为黑色，距离原点最远的顶点（1，1，1）对应的颜色为白色，两个点之间的连线是正方体的主对角线，从黑到白的灰度值分布在主对角线线上，该线称为灰色线。正方体的其他六个角点分别为红、黄、绿、青、蓝和品红。在三维空间的任一点都表示一种颜色，这个点有三个分量，分别对应了该点颜色的红、绿、蓝亮度值。



RGB颜色模型称为与设备相关的颜色模型，不同的扫描仪扫描同一幅图像，会得到不同颜色的图像数据；不同型号的显示器显示同一幅图像，也会有不同的颜色显示结果。这是因为显示器和扫描仪使用的RGB模型与CIE RGB真实三原色表示系统空间是不同的，后者是与设备无关的颜色模型。

- 2.HSI颜色模型
- HSI模型反映了人的视觉系统观察彩色的方式，其中，H表示色调（Hue），S表示饱和度（Saturation），I表示明度（Intensity）。人的视觉系统经常采用HSI模型，它比RGB颜色模型更符合人的视觉特性。HSI模型的三个属性定义了一个三维柱形空间，如图所示。灰度阴影沿着轴线从底部的黑变到顶部的白，具有最高亮度。最大饱和度的颜色位于圆柱上顶面的圆周上。



- HSI颜色模型和RGB模型只是同一种物理量的不同表示法，因此它们之间存在着转换关系。对任何3个[0，1]范围内的R，G、B值都可以用下面的公式转换为对应HSI模型中的I、S、H分量：

$$I=\frac{1}{3}(R+G+B)$$

$$S=I-\frac{3}{(R+G+B)}[\min(R,G,B)]$$

$$H=\arccos\left\{\frac{[(R-G)+(R-B)]/2}{\left[(R-G)^2+(R-B)(G-B)\right]^{1/2}}\right\}$$

- 由上式计算得到的*H*值应该是一个位于[0°，360°]之间的数，若*S*=0时对应的是无色彩的中心点，此时*H*值没有意义，定义为0。当*I*=0时，*S*也没有意义。

- 3.CMYK颜色模型
- 彩色印刷或彩色打印的纸张是不能发射光线的，因而印刷机或打印机就只能用一些能够吸收特定的光波来反射其他光波的油墨或颜料。油墨或颜料的三基色是青色（Cyan），品红（Magenta）和黄色（Yellow），简称为CMY，这三基色能够合成吸收所有颜色并产生黑色。实际上因为所有打印油墨都会包含一些杂质，这三种油墨混合实际上生成的是土灰色，必须与黑色油墨（Black ink）混合才能产生真正的黑色，所以这种颜色模型称为CMYK。CMYK模型被称为减色模型，是因为它减少了为视觉系统识别颜色所需要的反射光。
- CMYK空间正好与RGB空间互补，即用白色减去RGB空间中的某一颜色值就等于同样颜色在CMYK空间中的值。

- 4.YUV颜色模型
- 在现代彩色电视系统中，通常采用彩色CCD摄像机，它把得到的彩色图像信号，经分色、分别放大校正得到RGB，再经过矩阵变换电路得到亮度信号Y和两个色差信号R-Y、B-Y，最后发送端将亮度和色差三个信号分别进行编码，用同一信道发送出去，这就是常用的YUV颜色空间。
- 采用YUV颜色模型的重要性是它的亮度信号Y和色度信号U、V是分离的。如果只有Y信号分量而没有U、V分量，那么这样表示的图就是黑白灰度图。彩色电视采用YUV空间正是为了用亮度信号Y解决彩色电视机和黑白电视机的兼容问题，使黑白电视机也能接收彩色信号。

2.1.4 图像存储

- 图像存储，指的是各种图形和影像在存储器中最多可以存储多少帧的视频信号。数字化图像数据有两种存储方式：位图存储（Bitmap）和矢量存储（Vector）。位图图像又称作点阵图像、位映射图像，它是由一系列像素组成的可识别的图像。矢量图形直接描述图像数据的每一个点，而是描述产生这些点的过程以及方法，通过数学方程来对图形的边线和内部填充描述以建立图形。图像的存储方式最直接的就是点阵方式，点阵即点的阵列，阵列中的点称为像素。图像中的像素越多，能表示的细节（如物体）也就越多，每个像素的表示范围越大，能表示的细节（如颜色，灰度）也就越多。通常是以图像分辨率（即像素点）和颜色数来描述数字像素的。例如一张分辨率为640×480，16位色的数字图片，就由2^16=65536种颜色的307200（=640×480）个像素点组成。

- 图像存储格式一般分为以下几种。
- （1）BMP格式
- BMP图像文件最早应用于微软公司推出的Microsoft Windows系统，是一种MS-windows标准的位图图像文件格式。此格式由于在存储过程中几乎不进行压缩，因此包含的图像信息非常丰富。该文件格式支持RGB、索引颜色、灰度和位图色彩模式，还支持I～32位的格式，其中对于4～8位的图像使用RLE（行程长度编码），这种压缩方案不会损失数据。它最大的缺点就是要占用大量的存储空间。
- （2）GIF格式
- GIF（Graphic Interchange Format图形交换格式）是由CompuServer公司设计的。该格式是在因特网上应用最广的图像文件格式之一。GIF格式的最大特点是压缩比高，文件占用存储空间较小。该格式由于受到8位存储格式的限制，因此要求图像中颜色的数量减少到256或更少，这是缩小文件大小、减少占用存储空间的一个主要因素。因为该格式存储的图像中颜色数量少。所以GIF格式通常用于没有太多颜色过渡的图像，只有索引色和灰度图像可以保存为GIF格式。虽然该格式受到存储格式的限制，但这种限制在传输速度至关重要的媒体中十分有利。

- （3）JPG/JPEG格式
- JPG/JPEG格式是由Joint Photographic Experts Group（联合图像专家组）开发的一种常见的图像文件格式，是目前网络可以支持的图像文件格式之一。实际上JPG/JPEG并不是一种格式，确切地说是一种位图图像压缩算法，其他一些文件格式如PICT格式和EPS格式，都使用了JPEG压缩算法存放数据。JPG/JPEG可以惊人的压缩位图减小文件的大小，标准压缩后的文件只有原文件大小的十分之一，压缩率最高可达到100：1。JPBG采用了有损压缩，被压缩后的文件里丢失了原始图像的一些不太引人注目的数据，如果压缩比设置为80左右，则几乎不会影响到图像的显示品质。但反复以JPEG格式保存图像将会降低图像的质量并出现人工处理的痕迹，甚至使图像明显地分裂成碎块，这一点要引起注意。由于该格式压缩比较大，故这种格式的图像文件不适合放大观看和制成印刷品。虽然该格式压缩比较大，但存储文件较小，所以应用较广。