

# 《数字图像处理》期末速通教程

## 2. 数字图像处理基础

### 2.1 人眼视觉系统与色度学基础

#### 2.1.1 人眼视觉系统

(了解) p10 起.

(看一眼) p14 视觉暂留.

[例 2.1.1.1] 用人眼视觉系统的知识, 解释“黑白陀螺转起来呈现彩色”的原理.

[答] “黑白陀螺转起来呈现彩色”这一现象, 实际上是由人眼视觉系统的特性和大脑的处理机制共同导致的. 这种现象被称为“Benham's top”或“Benham's disk”效应. 以下是其原理解释:

##### (1) 人眼视觉系统的特性

人眼的视觉系统对不同颜色的光有不同的反应速度, 特别是对红、绿、蓝三种主要颜色. 视锥细胞 (cone cells) 是人眼中负责色觉的感光细胞, 分为三种类型, 分别对短波长 (蓝色)、中波长 (绿色) 和长波长 (红色) 光最为敏感.

##### (2) 视锥细胞的反应速度

不同类型的视锥细胞对光刺激的反应速度不同:

- ① 对红光敏感的视锥细胞反应较慢.
- ② 对绿光敏感的视锥细胞反应速度居中.
- ③ 对蓝光敏感的视锥细胞反应最快.

##### (3) 视觉暂留效应

当陀螺快速旋转时, 黑白图案在视网膜上形成的图像不断变化. 由于视觉暂留效应, 人眼无法分辨出每一瞬间的细节, 而是将这些快速变化的图案整合为一个持续的视觉体验.

##### (4) Benham's Disk效应

Benham's Disk是一种特殊的黑白图案, 当旋转时会让人看到彩色的条纹. 这种效应利用了视锥细胞对不同颜色反应速度的差异. 当黑白图案快速变化时, 不同类型的视锥细胞对这些变化的响应不同, 导致大脑将这些不同的响应解读为颜色.

##### (5) 具体机制

- ① 快速变化的黑白图案: 当黑白图案旋转时, 视锥细胞接收到的光刺激不断变化.
- ② 不同响应时间: 由于红、绿、蓝视锥细胞对光刺激的响应时间不同, 这些细胞在不同时间点对黑白图案的反应强度不同.
- ③ 颜色感知: 大脑根据视锥细胞的不同响应强度, 将这些变化整合为颜色的感知. 因此, 即使原图案是黑白的, 人眼也会在旋转时感知到颜色.

## (6) 实际观察

实际观察到的颜色取决于图案的设计、旋转速度以及观察者的视觉系统. 例如, 有些人可能看到红色和蓝色的条纹, 而另一些人可能看到绿色和黄色的条纹. 这种个体差异主要由于每个人的视锥细胞对光刺激的敏感性和响应速度略有不同.

---

### 2.1.2 颜色匹配

(了解) p16 起.

---

## 2.2 颜色模型

(了解) p16 起.

稍微重点: RGB、CMYK、相互转换 (p22)、YCbCr (p25).

---

## 2.3 数字图像的生成与表示

(看一眼) p26 起.

(看一眼) p29 彩色图像的灰度化.

**[例 2.3.1]** 图像信号的数字化包含哪些步骤? 数字化在哪些方面影响图像的质量?

**[答]**

(1) 图像信号的数字化步骤

① 采样 (Sampling)

采样是将连续的图像信号在空间上分成一系列离散的点 (像素). 在这个步骤中, 需要决定采样率, 即单位距离内采集的像素数. 采样率越高, 图像的空间分辨率越高.

② 量化 (Quantization)

量化是将每个采样点的光强度值 (通常是灰度值或颜色值) 转换为离散的数值. 量化级数 (bit-depth) 决定了每个像素的可能灰度或颜色值的数量. 例如, 8-bit 量化意味着每个像素有256个可能的值 (从0到255).

③ 编码 (Encoding)

编码是将量化后的数值转换为数字信号的过程. 编码方式有很多种, 例如二进制编码、压缩编码等. 编码的选择会影响到图像数据的存储和传输效率.

(2) 数字化对图像质量的影响

① 采样率对图像质量的影响

分辨率: 采样率越高, 图像的分辨率越高, 细节越清晰. 低采样率会导致图像模糊, 细节丢失, 甚至产生锯齿状的失真 (aliasing).

空间分辨率: 高采样率可以捕捉到更多的细节, 使图像在放大时仍保持清晰度.

## ② 量化级数对图像质量的影响

颜色深度: 量化级数越高, 颜色或灰度的表现越精细. 低量化级数会导致颜色带 (color banding), 即颜色过渡不平滑, 出现明显的分界线.

灰度级: 较低的量化级数可能不足以表示图像中细微的亮度变化, 导致细节丢失.

## ③ 编码对图像质量的影响

压缩: 有损压缩 (如JPEG) 会减少文件大小, 但可能引入压缩伪影 (compression artifacts), 如块状失真、模糊等; 无损压缩 (如PNG) 保留图像质量, 但文件大小较大.

算法选择: 不同的编码算法对图像质量的影响不同, 选择合适的编码算法可以在图像质量和存储效率之间取得平衡.

## ④ 其他因素

信噪比 (SNR): 在数字化过程中, 如果信号中混入噪声, 会影响图像的质量, 降低图像的清晰度和细节表现.

处理过程中的误差: 量化误差、采样误差等会导致图像质量下降, 这些误差通常表现为图像失真、模糊等.

## (3) 综合影响

图像的数字化过程中的每一步都会对最终的图像质量产生影响. 高采样率和高量化级数通常可以保证较好的图像质量, 但会增加数据量. 编码方式的选择也需要在压缩效率和图像质量之间找到合适的平衡点. 因此, 在实际应用中, 需要根据具体需求 (如存储空间、传输带宽、显示设备的分辨率等) 进行合理的参数选择和优化.

---

# 2.4 数字图像的数值描述

## 2.4.1 常用的坐标系

(重点) p30 三种坐标系.

---

# 2.5 补充

## 2.5.1 亮度适应力

### [定义 2.5.1.1]

(1) 人从明亮的环境进入黑暗的环境的瞬间, 会感到一片漆黑, 稍等片刻便会恢复, 这种人眼适应暗环境的能力称为**暗适应性**, 适应过程需  $10 \sim 30 \text{ s}$ .

(2) 人从黑暗的环境进入明亮的环境时, 人眼有明适应性, 适应过程需  $1 \sim 2 \text{ s}$ .

---

## 2.5.2 视觉运动特性

[定义 2.5.2.1] 当快速运动物体从眼前通过时, 人眼只能有个粗略轮廓, 而很难看到其细节. 只有当物体细节大小、明暗对比度以及在人眼中呈现时间长短都比较合适时, 才能对物体细节有个清楚的认识.

[注] 人能感觉到的图像的颜色和亮度是眼睛的生理结构决定的. 电影和电视根据人眼的视觉特性发明.

**[定义 2.5.2.2]** 人在观察景象时注视点喜欢集中在图像中有特点区域:

- (1) 注视点主要集中在图像黑白交界的部分, 尤其集中在拐角处.
- (2) 用闭合的图形进行试验, 注视点容易向图形内侧移动.
- (3) 注视点容易集中在时隐时现、运动变化的部分.
- (4) 图像中若存在一些特别的不规则处, 也是注视点容易集中的地方.

**[定义 2.5.2.3]** 错觉是在特定条件下对客观事物产生的一种不正确的、歪曲的知觉 .

---

---