**数字图像处理实验指导书**

**实验一、自适应Gamma校正**

**一、实验目的**

1. 掌握图像亮度调整的基本原理，理解Gamma校正的非线性特性。
2. 学习在不同颜色空间（如YCbCr）中分离亮度通道并进行自适应参数估计的方法。
3. 掌握数值优化算法（如二分法）在图像处理中的应用。
4. 分析自适应Gamma校正对图像亮度控制的精确度及误差来源。

**二、实验原理**

1. **Gamma校正原理**  
   通过非线性变换调整图像亮度，公式为：

Yout=Yinγ*Y*out​=*Y*in*γ*​

其中，γ>1*γ*>1 时图像变暗，γ<1*γ*<1 时图像变亮。

1. **自适应参数估计**  
   根据输入图像的平均亮度 μin*μ*in​ 与目标亮度 μtarget*μ*target​，通过数值优化方法求解满足以下方程的Gamma值：

1N∑i=1NYiγ=μtarget*N*1​*i*=1∑*N*​*Yiγ*​=*μ*target​

1. **颜色空间转换**  
   在YCbCr颜色空间中，亮度（Y）与色度（Cb、Cr）分离，避免调整亮度时产生色偏。
2. **亮度均值计算**  
   对归一化后的亮度通道（Y ∈ [0,1]）求均值，作为当前亮度指标。

#### ****三、实验内容****

1. 实现图像颜色空间转换（RGB ↔ YCbCr），提取并处理亮度通道。
2. 编写代码计算输入图像的亮度均值，并通过二分法求解自适应Gamma值。
3. 对亮度通道应用Gamma校正，合并色度通道后转换回RGB空间。
4. 评估输出图像亮度均值与目标值的误差，分析不同图像内容对校正精度的影响。

#### ****四、实验步骤****

1. **输入与初始化**
   * 选择图像文件，程序读取并转换为RGB格式（若输入为多通道图像）。
   * 设置默认参数：亮度范围**Lmin=0**、**Lmax=255**，显示标志**bDisplay**。
2. **颜色空间选择与亮度提取**
   * 选择颜色空间（RGB/YCbCr/HSV/Gray）。
   * 根据颜色空间提取亮度通道：
     1. **RGB**：取RGB三通道的最大值作为亮度。
     2. **YCbCr**：提取Y通道（亮度），并设置标准范围**Lmin=16**、**Lmax=235**。
     3. **HSV**：提取V通道（明度）。
     4. **Gray**：直接处理灰度图像。
3. **Gamma值计算**
   * **RGB空间**：分别计算R、G、B通道的Gamma值，取最大值或均值。
   * **其他颜色空间**：
     1. 归一化亮度：**uniformMat = (img\_gray - Lmin) / (Lmax - Lmin)**。
     2. 计算平均亮度均值**AvguniMat**。
     3. 使用公式：

γ=log⁡10(0.5)log⁡10(AvguniMat)*γ*=log10​(*AvguniMat*)log10​(0.5)​

* + 将平均亮度映射到0.5（目标亮度）。

1. **Gamma校正与后处理**
   * 应用公式：**gamaMat = uniformMat.^gamma**，反归一化后得到校正亮度。
   * 合并色度通道并转换回RGB空间（若需要）：
     1. **YCbCr**：调整Cb/Cr通道增益（×1.5），可能引入色偏。
     2. **HSV**：仅调整V通道后转换回RGB。
2. **结果显示与调试**
   * 显示输入图像与校正后图像（通过**imtool**）。
   * 绘制Gamma曲线（输入亮度与校正后亮度的关系）。

**6. 关键代码解析**

* **Gamma计算逻辑**

matlab

复制

gamma = log10(0.5) / log10(AvguniMat)

该公式假设目标亮度为0.5（归一化值），通过调整Gamma使得校正后的平均亮度接近0.5。但未处理**AvguniMat**接近0或1的极端情况，可能导致计算溢出。

* **颜色空间处理差异**
  + **YCbCr**：Y通道范围调整（16~235），但Cb/Cr通道被手动缩放（×1.5），可能导致色度失真。
  + **RGB**：对三通道分别计算Gamma，但最终取最大值，可能导致过度增强。

#### ****五、思考题****

1. **颜色空间选择**  
   若改用HSV或Lab颜色空间调整亮度（V或L通道），实验结果会有何差异？试分析原因。
2. **优化算法对比**  
   将二分法替换为牛顿迭代法或黄金分割法，比较计算效率和精度变化。
3. **误差分析**  
   实验中发现某些图像（如大面积纯黑或纯白）的校正误差较大，可能是什么原因？如何改进？
4. **实际应用限制**  
   若直接将本方法用于监控摄像头自动亮度调节，可能存在哪些问题？提出解决方案。

#### ****六、实验报告要求****

1. 提交完整代码、测试图像及结果对比图（输入/输出）。
2. 记录不同目标亮度下的误差数据，绘制误差随目标值变化的曲线图。
3. 结合思考题，分析实验方法的优缺点及改进方向。