

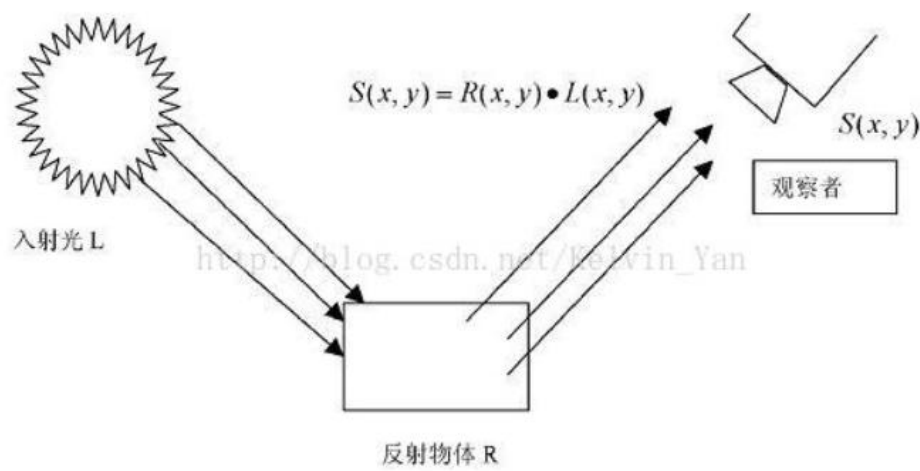
# 基于本征图像分解的人脸光照迁移实验报告

**摘要：**运用基于中心环绕函数的 Retinex 算法实现对图像的照射成分和反射成分的估计分离；并在分离照射成分和反射成分的基础上，实现人脸光照迁移。

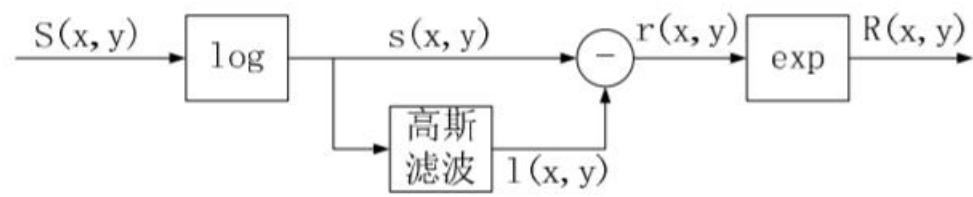
**关键词：**单尺度 Retinex (SSR) 算法、反射成分、入射成分、人脸迁移

## 一、实验原理

一幅给定的图像  $S(x, y)$  可以分解为两个不同的图像：反射图像  $R(x, y)$  和亮度图像  $L(x, y)$ 。 $R$  又称为反射分量， $L$  又称为入射分量，也就是对应着图像中物体的属性成分以及光照成分，在频域上分别对应着图像的高频成分和低频成分。Retinex 的基本思想是，在  $S$  中，降低  $L$  的影响，从而尽量保留物体本质的反射属性，即  $R$ 。



求解  $R$  是一个奇异问题，只能通过数学方法近似估算。Retinex 是一个框架，采用不同的亮度图像估计算法，其具体形式也不同，但基本流程如下：



SSR 算法的具体计算公式如下：

$$S(x, y) = R(x, y)L(x, y)$$

$$r(x, y) = \log R(x, y) = \log \frac{S(x, y)}{L(x, y)}$$

$$r(x, y) = \log S(x, y) - \log[F(x, y) * S(x, y)]$$

上述公式中， $r(x, y)$  代表单尺度图像处理后的结果，然后再对  $r(x, y)$  做指数运算，由对数域变换到实数域，获得反射分量的图像  $R(x, y)$ 。 $S(x, y)$  为原始图像， $F(x, y)$  代表对入射分量  $L(x, y)$  进行估计的中心环绕函数，SSR 算法的环绕函数一般选用高斯低通函数，其数学表达式为：

$$F(x, y) = k \bullet \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)$$

在高斯低通函数表达式中，系数  $k$  是一个常数，而且  $k$  的取值是有条件的，当公式  $\iint F(x, y) dx dy = 1$  时，即对卷积后的灰度值进行了归一化，所以

$$k = \frac{1}{\iint \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) dx dy}；$$

参数  $\sigma$  代表高斯低通函数的标准差，它是函数  $F(x, y)$

的尺度参数。

$\sigma$  取值会影响到 SSR 算法对低照度彩色图像处理后的效果。当  $\sigma$  越小时，得到的图像被滤掉的高频成分越多，但是剩下的低频成分越少。也就是能够把边缘细节信息能够很好地凸显出来，图像的动态压缩功能增强，但不能很好地保留图像的色彩信息；当  $\sigma$  越大时，保留的低频成分越多，但是滤掉的高频成分越少。即高斯函数对图像像素作用的范围就比较大，周围像素对图像像素的影响较小，而处理后图像的细节信息表现的不是很明显，图像的动态压缩功能减弱，处理后的图像有了较好的平滑效果，图像的色彩信息也能够很好地表现出来。为能够有效的估计图像的低频入射分量，然后计算得到高频的反射分量， $\sigma$  不能太小以及太大。

SSR 算法的具体实现步骤包括以下五步：

1) 读取原始待增强图像  $S(x, y)$ ，并进行数据类型变换，将整型变换为 double 型；

2) 确定尺度参数  $\sigma$  的大小，并根据公式  $k = \frac{1}{\iint \exp(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}) dx dy}$  来确定系

数  $k$  的取值；

3) 根据公式  $r(x, y) = \log S(x, y) - \log[F(x, y) * S(x, y)]$  来求取  $r(x, y)$  的值；

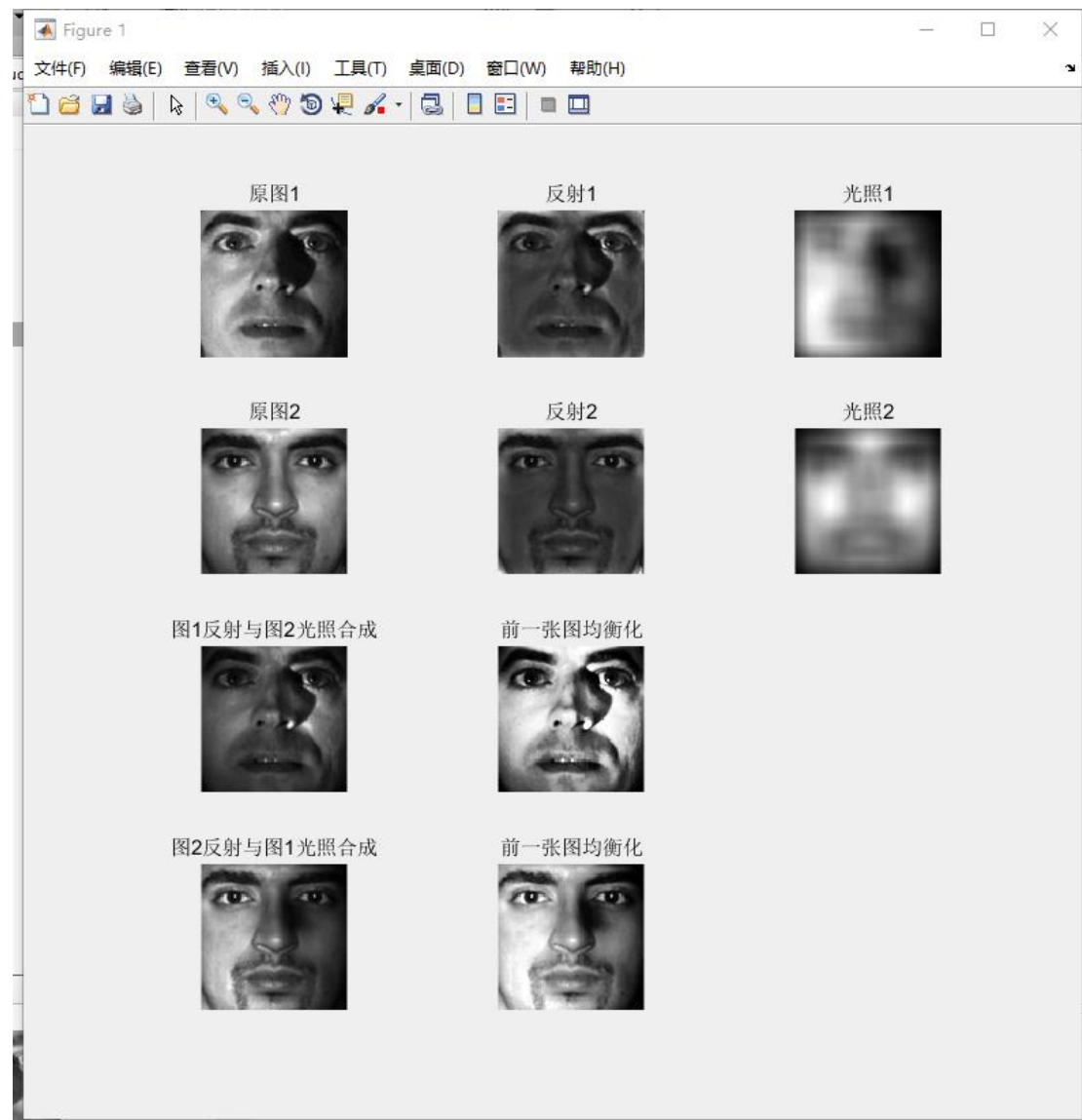
4) 对  $r(x, y)$  通过指数计算，在实数域中进行计算获得图像  $R(x, y)$ 。

5) 对  $R(x, y)$  进行校正处理，并且这种校正非线性的，校正后的图像为算法增强图像。

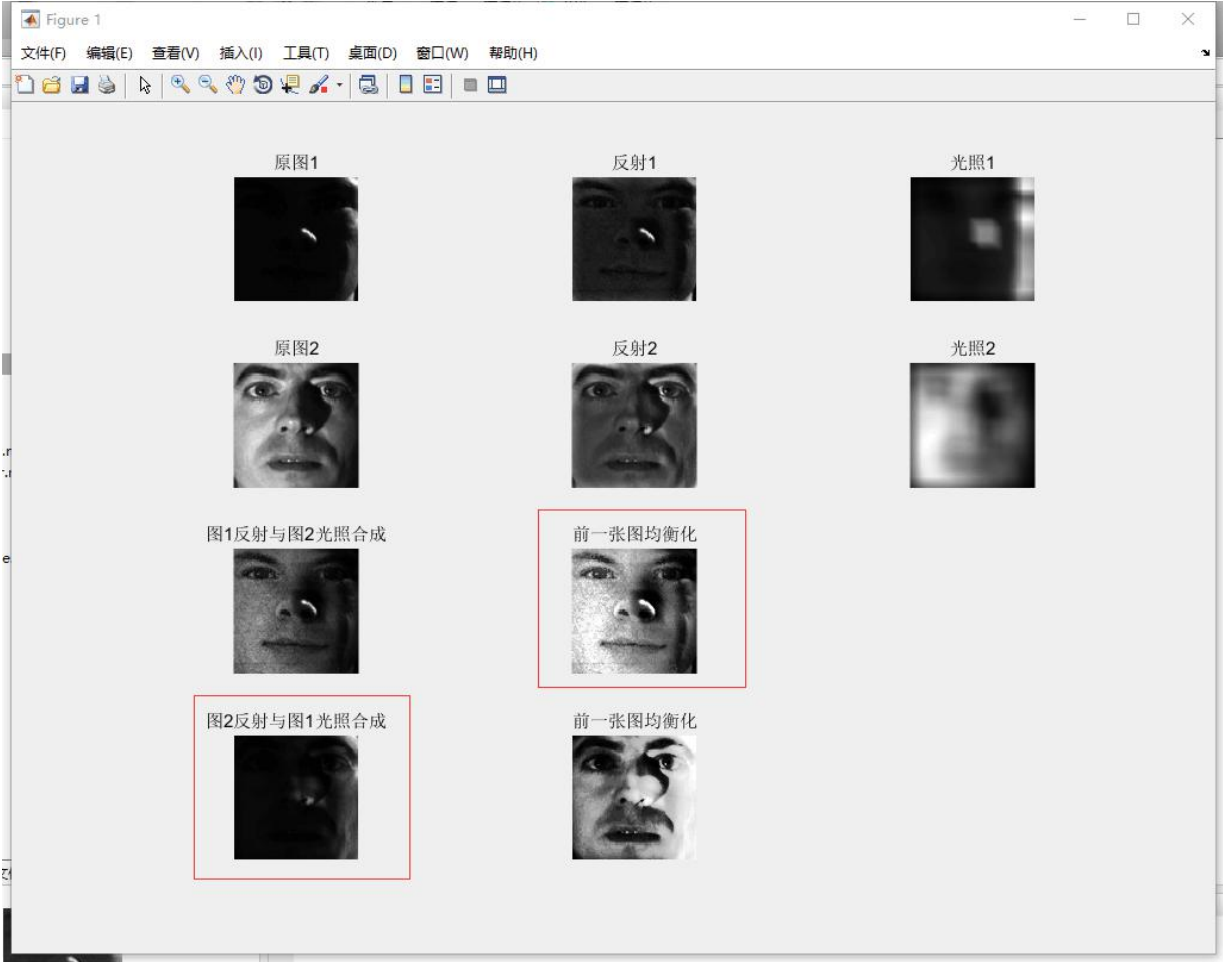
## 二、实验结果以及分析取尺度参数

取  $\sigma=80$ ， $F(x,y)$  的大小为  $19 \times 19$  的实验结果。将第一、二幅图分解为反射分量和反射分量，然后将第一幅图的反射成分加入第二幅图的入射成分，将第一幅图的入射成分加到第二幅图的反射成分。

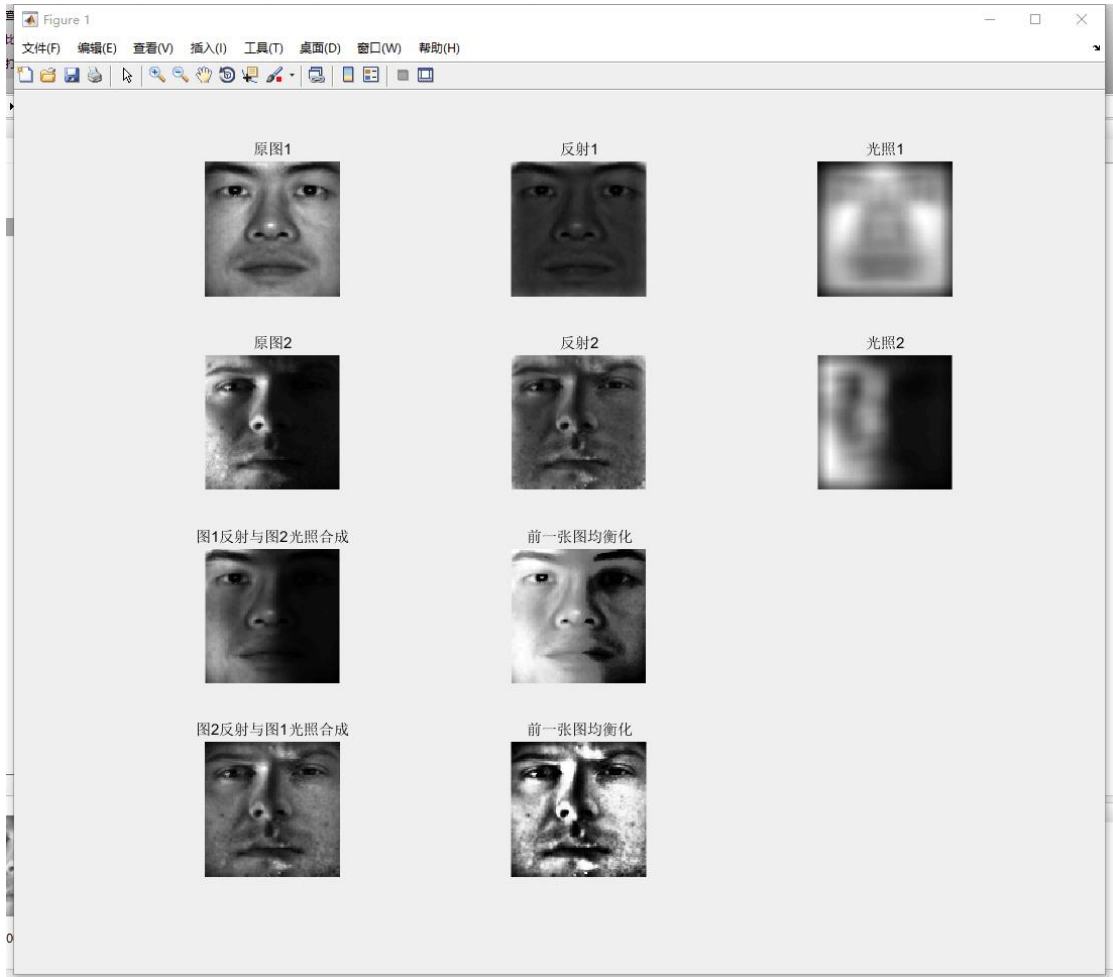
将原图 1 的鼻子旁边的光照阴影部分与反射 2 进行合成，得到新的人脸图像，其鼻子旁边也产生了阴影，符合光照 1 右侧照射的特性，效果显示良好；将原图 2 的正面光照分量与反射 1 进行合成，得到新的人脸图像，但由于原图 1 的光照分量估计得不够，反射 1 鼻子旁的仍然残留着阴影，所以得到的新的人脸图像的鼻子旁边仍然有阴影，导致光照 2 正面照射的实验效果不明显。



将原图 1 的反射成分与原图 2 的光照成分合成，得到的新的人脸图像，该人脸图像的鼻子旁产生了光照阴影，符合光照 2 右侧照射的特性，效果显示良好；将原图 1 的光照成分与原图 2 的入射成分，得到新的人脸图像中阴影占据了右半部分，符合光照 1 左侧照射的特性，效果显示良好。



将原图 1 的反射分量与原图 2 的入射分量进行合成，得到新的人脸图像，其阴影占据了右半部分，符合光照 2 右侧照射的特性，效果显示良好；将原图 1 的入射分量与原图 2 的反射分量进行合成，得到新的人脸图像，人脸显示没有阴影，符合光照 1 正面照射的特性，效果显示良好。



### 三、实验总结

(1) 本实验通过估计图像的入射分量，然后通过数学计算得到图像的反射分量。这样得到的反射分量能够保留原图的大部分细节。将两张图像的入射分量和反射分量进行分离后，并分别进行光照迁移，便可以得到原图中的人脸在其他光照射下的图像，得到的新图像显示了新的光照特性以及人脸细节。

(2) 本实验的实验原理 SSR 的思想比较容易理解。在对数域中，将原图像减去通过高斯低通函数对原图进行卷积从而估计出来的入射分量，便得到对数域中的反射分量，将其转换到实数域得到原图的反射分量。

附中文参考文献:

- [1] 基于本征图像分解的人脸光照迁移算法 刘 浩, 胡可鑫, 刘艳丽
- [2] 基于 Retinex 理论的低照度彩色图像增强算法研究 陈灿灿.