

Point Processing Report

2017013632 石大川

INDEX

Increase Brightness & Decrease Brightness.....	2
Increase Contrast & Decrease Contrast.....	3
Gamma Compression & Gamma Expansion.....	5
Histogram Equalization.....	6
Histogram Matching.....	7
Conlusion.....	8

Increase Brightness & Decrease Brightness

- *Purpose*: 均匀增大/减小亮度
- *LUT*: 对每个像素的每个通道的亮度加上/减去同一个值, 且保证运算后的值 $\in [0, 255]$

$$J_k(r, c) = \begin{cases} 0, & \text{if } I_k(r, c) - g < 0 \\ I_k(r, c) - g, & \text{if } I_k(r, c) \geq 0 \end{cases}$$

$g \geq 0$ and $k \in \{1, 2, 3\}$ is the band index.

Figure 1. LUT for increasing brightness.

$$J_k(r, c) = \begin{cases} 0, & \text{if } I_k(r, c) - g < 0 \\ I_k(r, c) - g, & \text{if } I_k(r, c) \geq 0 \end{cases}$$

$g \geq 0$ and $k \in \{1, 2, 3\}$ is the band index.

Figure 2. LUT for decreasing brightness.

- *Example & Analysis*: 如 [Figure 3](#) 所示, 对于中间的原图分别增加和较少 60 的亮度值, 均值和方差的变化为:

$$\begin{array}{l} \text{Mean: } 65.38 \xleftarrow{\text{brightness}-60} 118.55 \xrightarrow{\text{brightness}+60} 175.36 \\ \text{Std Dev: } 57.76 \xleftarrow{\text{brightness}-60} 66.50 \xrightarrow{\text{brightness}+60} 61.82 \end{array}$$

可见:

- 均值变化的绝对值约为 60
- 方差变化较小

这是符合预期的。此外均值变化的绝对值并非准确的 60 是因为一些运算后 $\notin [0, 255]$ 的值被截断了。

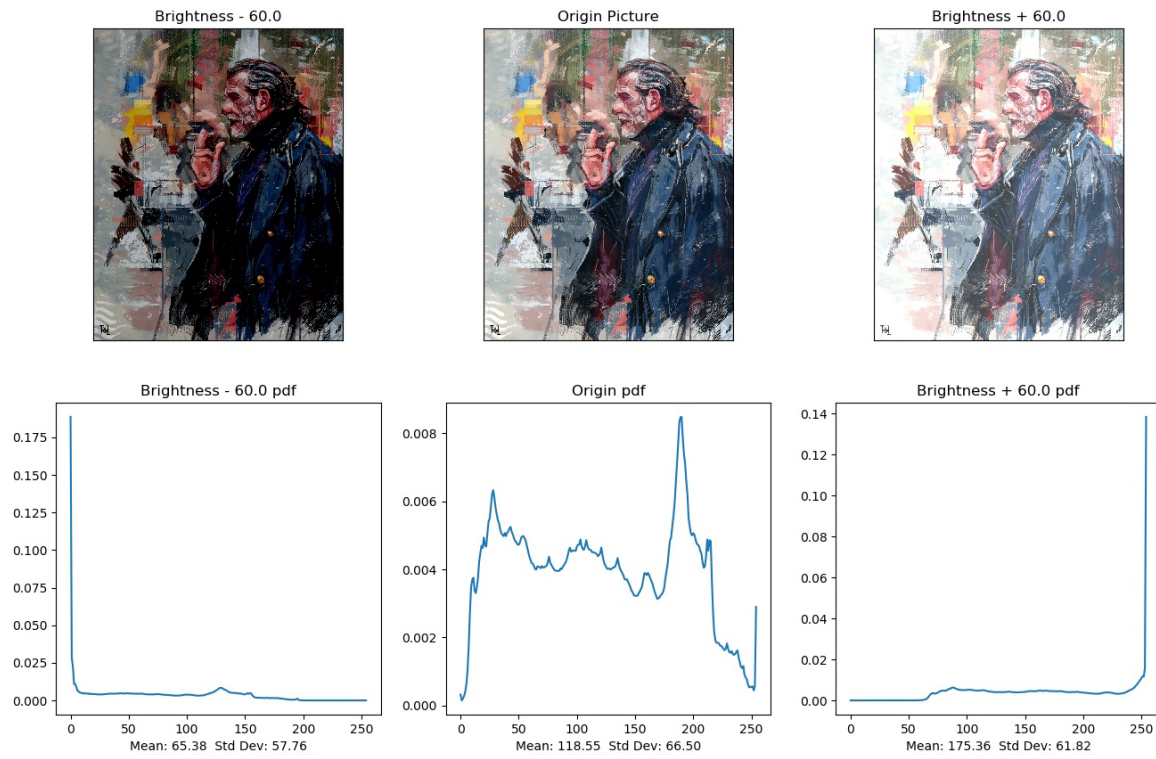


Figure 3. Images and corresponding pdfs for point processing with respect to brightness.

Increase Contrast & Decrease Contrast

- *Purpose*: 增加/减小亮度值之间的区别程度
- *LUT*: 以(127,127)为中心旋转 LUT 曲线

$$\text{Let } T_k(r, c) = a[I_k(r, c) - 127] + 127, \text{ where } a > 1.0$$

$$J_k(r, c) = \begin{cases} 0, & \text{if } T_k(r, c) < 0, \\ T_k(r, c), & \text{if } 0 \leq T_k(r, c) \leq 255, \\ 255, & \text{if } T_k(r, c) > 255. \end{cases} \quad k \in \{1, 2, 3\}$$

Figure 4. LUT for increasing contrast.

$$T_k(r, c) = a[I_k(r, c) - 127] + 127,$$

where $0 \leq a < 1.0$ and $k \in \{1, 2, 3\}$.

Figure 5. LUT for decreasing contrast.

- *Example & Analysis:*

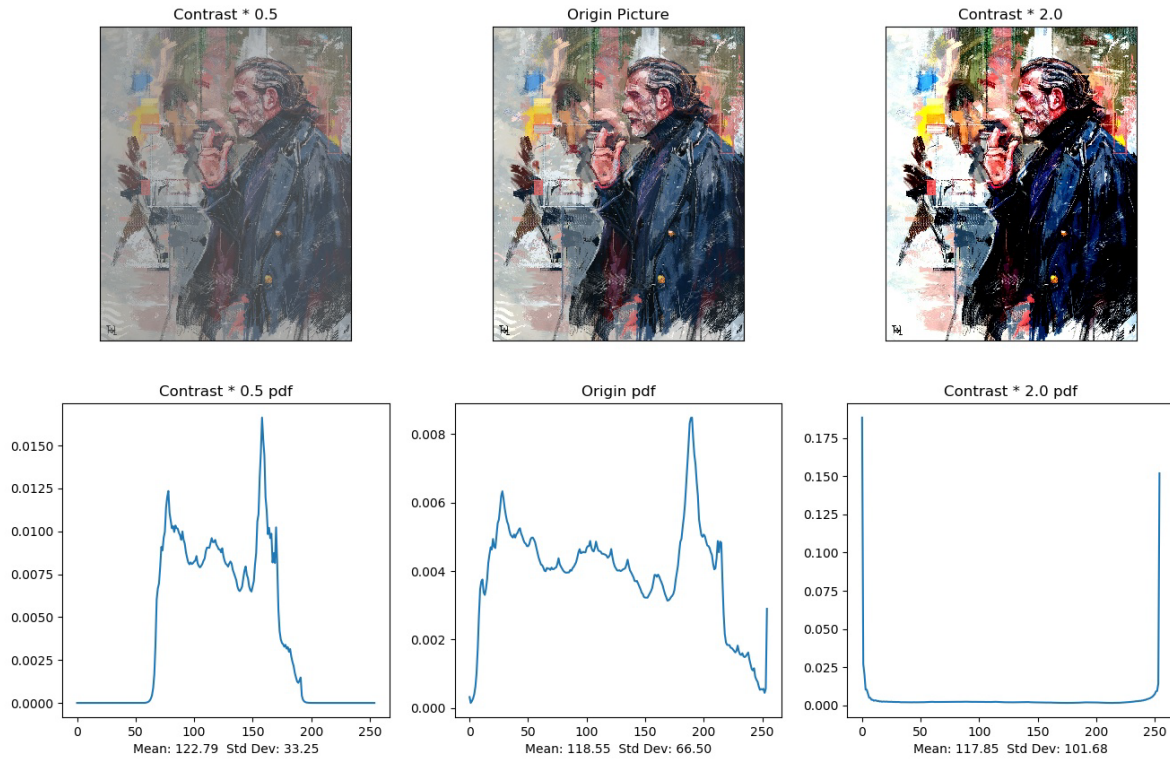


Figure 6. Images and corresponding pdfs for point processing with respect to contrast.

如 [Figure 6](#) 所示，对于中间的原图分别将对比度 LUT 函数的斜率设为 0.5 和 2.0，均值和方差的变化为：

$$\begin{aligned} \text{Mean: } 122.79 &\xleftarrow{\text{contrast} \times 0.5} 118.55 \xrightarrow{\text{contrast} \times 2.0} 117.85 \\ \text{Std Dev: } 33.25 &\xleftarrow{\text{contrast} \times 0.5} 66.50 \xrightarrow{\text{contrast} \times 2.0} 101.68 \end{aligned}$$

可见：

- 均值变化幅度较小
- 对比度 * 0.5 时区别程度减小，pdf 图表现为向中间聚拢，方差较小

- 对比度* 2.0时区别程度增大，pdf图表现为向两端扩散，方差较大

这是符合预期的。

Gamma Compression & Gamma Expansion

- *Purpose*: 拉伸图像图像高亮/高暗部分，压缩图像高暗/高亮部分
- *LUT*: 按照公式做指数变换

$$J(r, c) = 255 \cdot \left[\frac{I(r, c)}{255} \right]^\gamma \quad \text{for } \gamma < 1.0$$

Figure 7. LUT for gamma compression.

$$J(r, c) = 255 \cdot \left[\frac{I(r, c)}{255} \right]^\gamma \quad \text{for } \gamma > 1.0$$

Figure 8. LUT for gamma expansion.

- *Example & Analysis*:

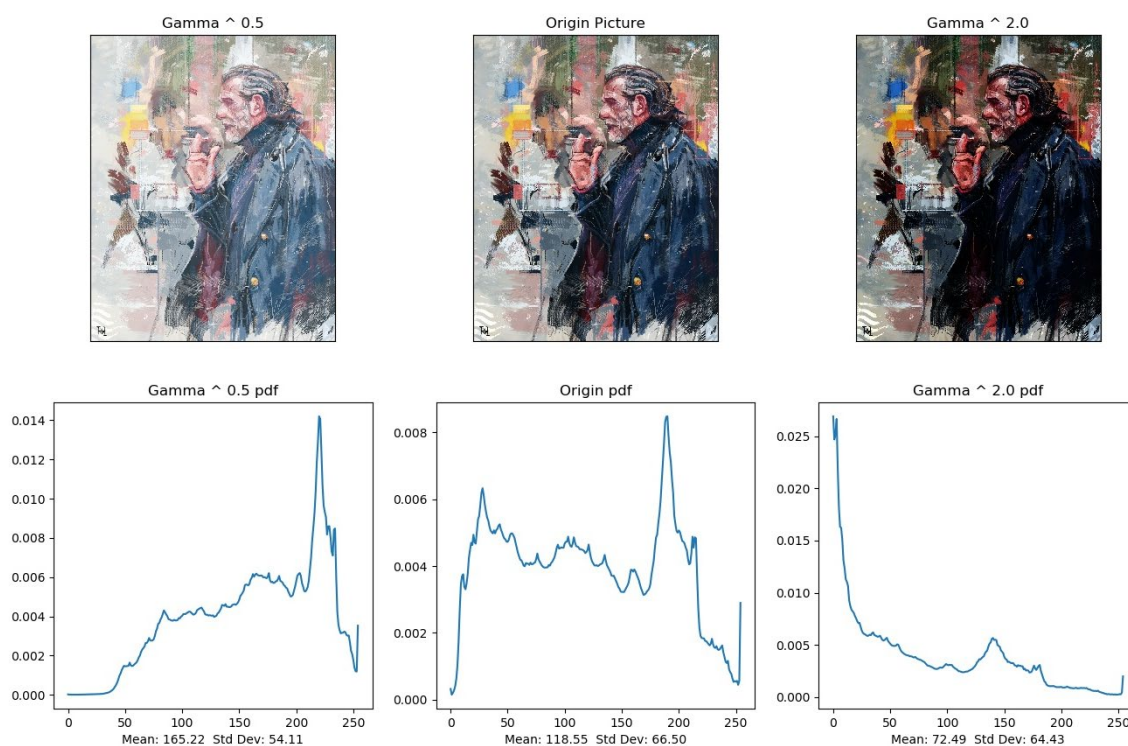


Figure 9. Images and corresponding pdfs for point processing with respect to gamma.

如 [Figure 9](#) 所示，对于中间的原图分别将 Gamma 变换 LUT 函数的指数设为 0.5 和 2.0，均值和方差的变化为：

$$\begin{array}{l} \text{Mean: } 165.22 \xleftarrow{\text{gamma}^{0.5}} 118.55 \xrightarrow{\text{gamma}^{2.0}} 72.49 \\ \text{Std Dev: } 54.11 \xleftarrow{\text{gamma}^{0.5}} 66.50 \xrightarrow{\text{gamma}^{2.0}} 64.43 \end{array}$$

可见：

- 做 Gamma Compression 时因为拉伸了高亮部分且压缩了高暗部分，亮度均值增加了
- 做 Gamma Expansion 时因为拉伸了高暗部分且压缩了高亮部分，亮度均值减小了
- 标准差变化较小

这是符合预期的。

Histogram Equalization

- *Purpose*: 对于每个通道将 cdf 拉成近似均匀分布
- *LUT*: 如下公式中 P_I 是输入的 cdf，先统计输入图像的 histogram，再累加得到该其 cdf，将图像输入到 cdf 中即得到近似均匀的 pdf

$$J(r, c) = 255 \cdot P_I[I(r, c) + 1].$$

Figure 10. LUT for gamma compression.

- *Example & Analysis*:

如 [Figure 11](#) 所示，对于左边的原图做 Histogram Equalization 均值和方差的变化为：

$$\begin{array}{l} \text{Mean: } 59.34 \xrightarrow{\text{Histogram Equalization}} 125.97 \\ \text{Std Dev: } 39.06 \xrightarrow{\text{Histogram Equalization}} 73.97 \end{array}$$

可见：

- 均值接近 0~255 的均值 127
- cdf 的拉伸使得标准差变大了
- 变换后 cdf 图的两个端点处出现了峰值，对于端点取值的处理可能还有不妥之处。

这是基本符合预期的。

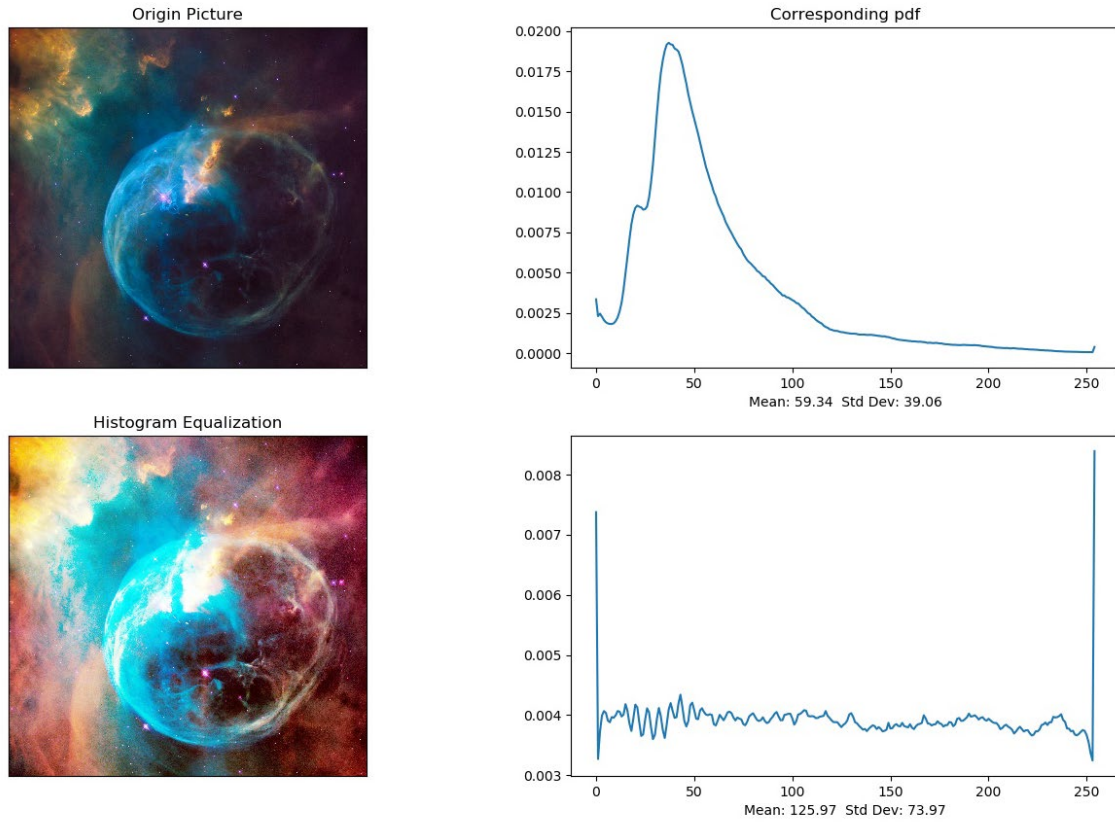


Figure 11. Images and corresponding pdfs for point processing with respect to histogram equalization.

Histogram Matching

- *Purpose*: 让 Origin Picture 的 cdf 尽量贴合 Target Picture 的 cdf
- *LUT*: 按上一节中的方法分别得到 Origin Picture 和 Target Picture 的 cdf, 然后对于 Origin Picture cdf 中的每个 bin 在 Target Picture cdf 中寻找向上取值最接近的 bin, 并记录此时两个 cdf 中相应 bin 的位置获得 LUT 的映射 map, 向其中代入 Origin Picture 得到 Remapped Picture

$$C(x, y) = g\{f[A(x, y)]\} = P_3^{-1}\{P_1[A(x, y)]\}$$

Figure 12. LUT for histogram matching.

- *Example & Analysis*:

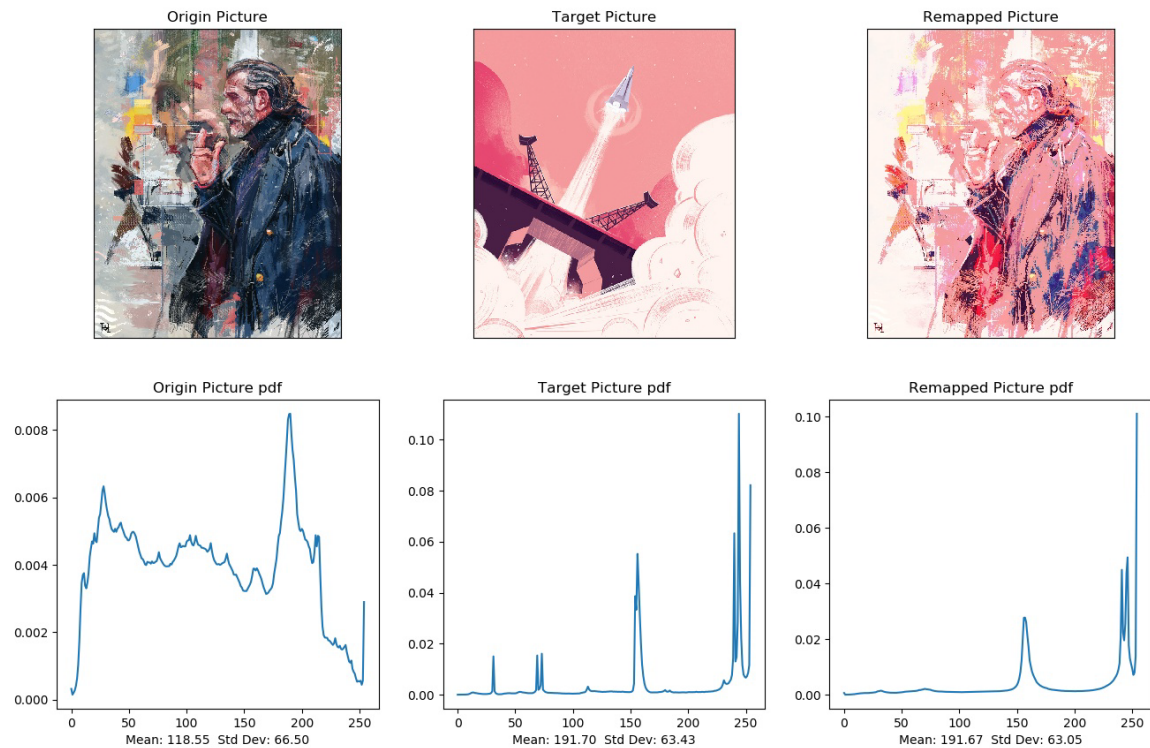


Figure 13. Images and corresponding pdfs for point processing with respect to histogram matching.

如 [Figure 13](#) 所示，对于左边的原图以中间的图为目标做 Histogram Matching，得到 Remapped Picture 后均值和方差的变化为：

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Mean: } 118.55 & \xrightarrow{\text{Histogram Matching Target To } 191.70} & 125.97 \\
 \text{Std Dev: } 39.06 & \xrightarrow{\text{Histogram Matching Target To } 63.43} & 73.97
 \end{array}$$

可见：

- Remapped Picture 的均值接近 Target Picture 的均值
- Remapped Picture 的方差接近 Target Picture 的方差
- 观感上 Remapped Picture 中掺入了 Target Picture 的风格

这是符合预期的。

- More Examples are shown in [Figure 14](#)

Conclusion

这次作业加深了我对于上述五种 point processing 原理的理解，也让我对这五种变换有了更具体，更直观的感受。此外也让我对于 numpy 的使用变得更加熟练了。



Origin Picture



Target Picture



Remapped Picture

Figure 14. More examples for histogram matching.