

Image Processing Homework #1: Spatial Image Enhancement

Chien-Hsun Chang 張健勳 (614410073)

Date Due: Nov. 7, 2025

Date Handed In: Sep. 30, 2025

1 Technical Description

本作業使用 Python 實作三種 Spatial Image Enhancement 方法：(1.1) Power-Law (Gamma) Transformation、(1.2) Histogram Equalization、(1.3) Image Sharpening Using the Laplacian Operator。以下分別介紹三者原理與實作細節，並於 (1.4) 說明 Implementation。

1.1 Power-Law (Gamma) Transformation

Power-Law 變換是一種影像強度映射，其數學表達為

$$s = c \cdot r^\gamma,$$

其中 r 為輸入像素強度（通常先正規化至 $[0, 1]$ ）， s 為輸出強度， c 為縮放常數（常設為 1）， γ 為控制參數。其映射特性如下：

- $\gamma < 1$ ：輸出偏亮，暗部細節被拉伸；
- $\gamma > 1$ ：輸出偏暗，亮部被壓縮；
- $\gamma = 1$ ：變換為線性（若 $c = 1$ 則為恆等映射）。

Gonzalez 與 Woods 指出，Power-Law 變換常亦稱為 Gamma 變換，用於影像亮度與對比度調整；在實際影像系統中，Gamma 校正（Gamma Correction / Encoding / Decoding）以相同之 Power-Law 形式補償裝置的非線性響應，使輸入與顯示之亮度關係更合理 [1]。

實作步驟範例：

1. 正規化： $r = r_{\text{orig}}/255$ （8-bit 影像）；
2. 套用： $s = c \cdot r^\gamma$ ；
3. 反正規化： $s_{\text{out}} = \text{clip}(\text{round}(255 \cdot s))$ 。

1.2 Histogram Equalization

（撰寫直方圖均化之理論與實作）

1.3 Image Sharpening Using the Laplacian Operator

（撰寫拉普拉斯算子銳化之理論與實作）

1.4 Implementation

1.4.1 Platform and Packages

（Python / 套件版本等）

1.4.2 Project Structure

(專案資料夾與檔案說明)

1.4.3 Parameter Settings

(各方法之參數)

1.4.4 Execution Flow

(執行流程圖或步驟)

1.4.5 Usage

(指令與使用說明)

2 Experimental Results

2.1 Power-Law (Gamma) Transformation Results

2.2 Histogram Equalization Results

2.2.1 Histograms (before / after)

2.3 Image Sharpening Results

2.4 Per-Image Observations

2.4.1 Cameraman

2.4.2 Jetplane

2.4.3 Lake

2.4.4 Peppers

3 Discussions

3.1 Comparison of Methods

3.2 Method Analysis

3.2.1 Advantages

3.2.2 Disadvantages

3.2.3 Limitations

3.2.4 Noise Amplification

3.3 Parameter Sensitivity

3.4 Possible Improvements

4 References

References

- [1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 4th ed. Pearson / Prentice Hall, 2018.

5 Appendix

(如有附錄)