

任务要求（共 20 分）

一、多帧超分辨率方法的实现（共 18 分）

使用基于子像素位移的多帧超分辨率方法，补全`main.py`，生成高分辨率重建图像，如图1所示。该任务包含以下 5 个部分：

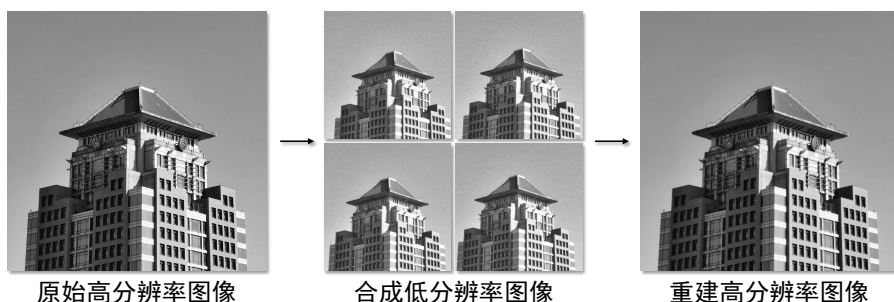


图 1: 超分辨率任务示例

1. 熟悉图像退化模型。补全`lr_generation()`函数，使用附件中的原始高分辨率图像合成退化后低分辨率图像（包含几何变换、图像模糊、降采样、图像噪声等退化步骤，可使用矩阵间的卷积替代矩阵与向量的乘法）；（4 分）
2. 实现基于最大似然估计的求解方法。补全`grad_L1()`和`grad_L2()`函数，实现迭代过程中的梯度计算，补全`grad_descent()`函数，分别基于 \mathcal{L}_1 范数和 \mathcal{L}_2 范数实现高分辨率图像的优化求解；（6 分）

注意事项如下：

- 补全`mv_est()`函数，取低分辨率图像序列中的第一张作为基准，估计它与其他图像之间的相对运动（推荐使用 Lucas-Kanade 光流算法 [3]，对应`cv2.calcOpticalFlowPyrLK()`函数）；
 - 图像模糊与降采样方式可与数据合成时一致；
3. 实现基于最大后验概率估计的求解方法。补全`grad_BTV()`函数，基于 \mathcal{L}_1 范数使用双边全变分正则项实现高分辨率图像的优化求解；（2 分）
 4. 基于上述高分辨率图像重建的实验效果，计算重建图像和原始高分辨率图像的峰值信噪比（Peak signal-to-noise ratio, PSNR）[1] 和结构

相似度 (Structural similarity index, SSIM) [4] 指标 (使用 `skimage` 库中的对应函数), 对比不同优化求解方法的重建效果, 并简要分析重建结果差异的原因; (3 分)

5. 选定一种优化方案, 探究图像退化程度对于重建效果的影响, 例如不同图像模糊程度、不同图像噪声类型的影响。(3 分)

二、利用深度学习的单帧超分辨率方法实现 (共 2 分)

从以下两篇论文任选其一:

1. LapSRN [2]¹

2. RCAN [5]²

完成如下任务:

阅读论文, 运行论文代码, 使用任务一的合成数据进行测试, 并与基于多帧图像的方法进行对比。(1 分)

使用手机或相机拍摄 5 组真实数据进行测试, 根据测试结果指出深度学习方法存在的不足。(1 分)

附件说明

附件分为两部分:

`main.py`: 需要补全实现的 Python 代码。

`ori.jpg`: 用于数据合成的原始高分辨率图像。

¹官方实现: <https://github.com/twtgqyy/pytorch-LapSRN>

²官方实现: <https://github.com/yulunzhang/RCAN>

作业提交

1. PDF 格式的实验报告，应包含以下内容：

- (a) 任务一步骤 1：合成的低分辨率图像序列以及第一张低分辨率图像对应的高分辨率图像；
- (b) 任务一步骤 2：基于 \mathcal{L}_1 范数和 \mathcal{L}_2 范数重建的高分辨率图像；
- (c) 任务一步骤 3：基于 \mathcal{L}_1 范数使用双边全变分正则项重建的高分辨率图像；
- (d) 任务一步骤 4：使用不同方法进行重建的指标对比与分析；
- (e) 任务一步骤 5：使用不同退化程度进行数据合成对应的重建结果的指标对比与分析；
- (f) 任务二：深度学习方法在合成和实拍数据上的重建结果，并对于模型结果进行适当讨论与分析；

2. 完整的实验代码和使用到的额外数据，应包含以下内容：

- (a) 补全后的代码文件`main.py`（可选其他语言实现，如果是，请提交相应代码文件并说明运行环境、运行方式）；
- (b) 如果引入额外的环境配置，请说明运行方式；
- (c) 任务二中使用到的实拍数据。如果还使用了其他公开数据集，应当一并给出，或在文档说明中给出下载链接。

参考文献

- [1] Quan Huynh-Thu and Mohammed Ghanbari. Scope of validity of psnr in image/video quality assessment. *Electronics letters*, 44(13):800–801, 2008.
- [2] Wei-Sheng Lai, Jia-Bin Huang, Narendra Ahuja, and Ming-Hsuan Yang. Deep laplacian pyramid networks for fast and accurate super-resolution. In *Proc. of Computer Vision and Pattern Recognition*, 2017.
- [3] Bruce D. Lucas and Takeo Kanade. An iterative image registration technique with an application to stereo vision. In *Proc. of International Joint Conferences on Artificial Intelligence Organization*, 1981.

- [4] Zhou Wang, Eero P Simoncelli, and Alan C Bovik. Multiscale structural similarity for image quality assessment. In *The Thrity-Seventh Asilomar Conference on Signals, Systems & Computers*, 2003.
- [5] Yulun Zhang, Kunpeng Li, Kai Li, Lichen Wang, Bineng Zhong, and Yun Fu. Image super-resolution using very deep residual channel attention networks. In *Proc. of European Conference on Computer Vision*, 2018.