

# Image Super-Resolution

Tuan Phan, Tung Pham

AI For Everyone

Ngày 10 tháng 3 năm 2022

# Outline

---

## 1. Bài toán image super-resolution

## 2. Image Interpolation

- 2.1 Nearest-neighbor interpolation
- 2.2 Bilinear interpolation
- 2.3 Bicubic interpolation

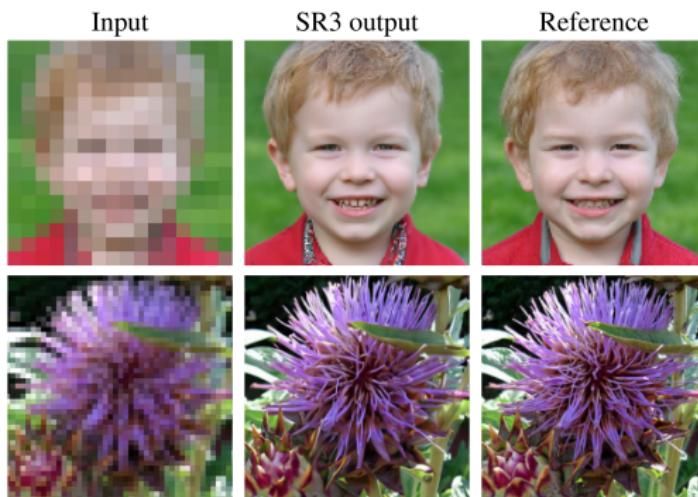
## 3. CNN for Super-Resolution

- 3.1 SRCNN
- 3.2 ResNet Super Resolution
- 3.3 Autoencoder Super Resolution

## 4. Tổng kết

# Bài toán image super-resolution

Cho ảnh  $X$  là một ảnh high-resolution (HR),  $Y$  là ảnh low-resolution (LR) tương ứng của  $X$ . Gọi hàm dùng để upscale ảnh LR thành HR là  $F$ . Bài toán image super-resolution hướng đến việc tìm  $F$  sao cho  $F(Y) \approx X$ . Hay ảnh upscale từ  $Y$  giống  $X$  nhất có thể



Hình 1: Ví dụ về bài toán image super-resolution

# Mục tiêu project

---

Upscale ảnh với độ phân giải gấp đôi và tăng chi tiết của ảnh



Hình 2: Upscale ảnh (169, 255, 3) thành (338, 510, 3)

# Dataset

---

Bộ dữ liệu sử dụng: DIV2K

DIV2K bao gồm 1000 ảnh 2K trong đó:

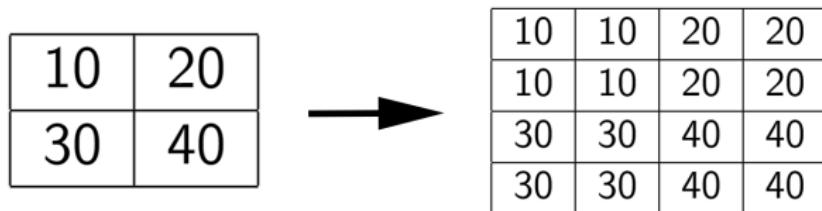
- 800 ảnh cho training
- 100 ảnh cho validation
- 100 ảnh cho testing

# Image Interpolation

# Image Interpolation

---

- Nearest-neighbor interpolation: là phương pháp đơn giản nhất. Trong phương pháp này, các pixel trong ảnh  $F(Y)$  sẽ dùng giá trị của pixel trong ảnh  $Y$  gần nó nhất.



Hình 3: Nearest-neighbor interpolation

# Image Interpolation

---

- Bilinear interpolation: phương pháp này sẽ nội suy giá trị của một pixel bằng cách tính trung bình có trọng số 4 (2x2) pixel lân cận.

10	20		
30	40		

→

10	12.5	17.5	20
15	17.5	22.5	25
25	27.5	32.5	35
30	32.5	37.5	40

Hình 4: Bilinear interpolation

# Image Interpolation

---

- Bicubic interpolation: phương pháp này, các pixel trong ảnh  $F(Y)$  sẽ dùng giá trị của pixel trong ảnh  $Y$  gần nó nhất.

10	20		
30	40		

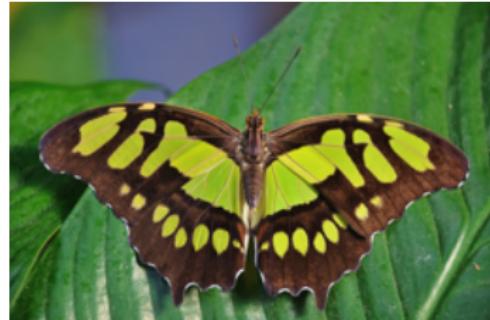


6.84	10.16	15.63	18.95
13.48	16.80	22.27	25.59
24.41	27.73	33.20	36.52
31.05	34.38	39.84	43.16

Hình 5: Bicubic interpolation

# Image Interpolation

---



Hình 6: Ảnh high-resolution và low-resolution

# Image Interpolation

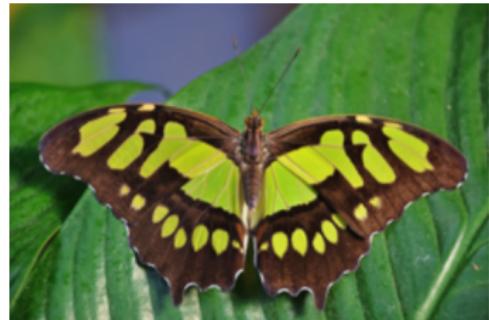
---



Hình 7: Ảnh high-resolution và Nearest-neighbor interpolation

# Image Interpolation

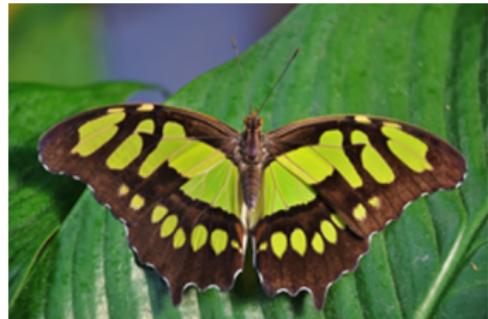
---



Hình 8: Ảnh high-resolution và Bilinear interpolation

# Image Interpolation

---

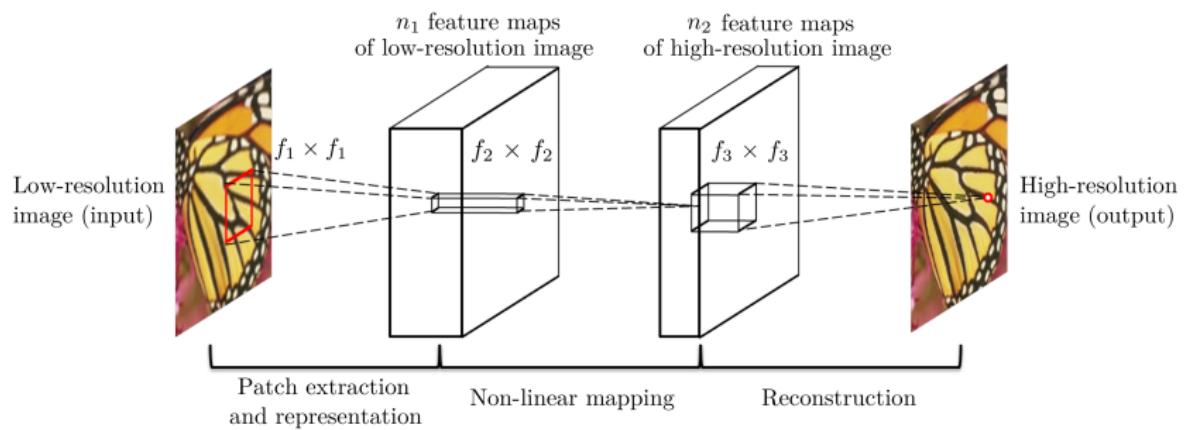


Hình 9: Ảnh high-resolution và Bicubic interpolation

# CNN for Super-Resolution

# **SRCNN**

# Kiến trúc mạng



Hình 10: Kiến trúc mạng SRCNN

# Patch extraction and representation

---

Lấy các patch overlap nhau ở input bằng cách cho một kernel trượt trên ảnh đầu vào. Số lượng feature map sẽ tương ứng với số chiều của vector. Phép toán được thực hiện ở layer đầu tiên là:

$$F_1(\mathbf{Y}) = \max(0, W_1 \circledast \mathbf{Y} + B_1)$$

Trong đó:

- $W_1$  là filter, kích thước  $f_1 \times f_1 \times c$ , có  $n_1$  filter như này.
- $B_1$  là bias
- $\circledast$  là phép conv

Output của layer này là một vector  $n_1$  chiều tương ứng với  $n_1$  feature map.

# Non-linear mapping

---

Ánh xạ vector  $n_1$  chiều sang vector  $n_2$  chiều

$$F_2(\mathbf{Y}) = \max(0, W_2 \circledast F_1(\mathbf{Y}) + B_2)$$

Trong đó:

- $W_2$  là filter, kích thước  $f_2 \times f_2 \times n_1$ , có  $n_2$  filter như này.
- $B_2$  là bias

**Câu hỏi đặt ra:** Có nên thêm nhiều layer này để tăng tính non-linear?

# Reconstruction

---

Phục hồi ảnh từ vector  $n_2$  chiều

$$F_3(\mathbf{Y}) = W_3 \circledast F_2(\mathbf{Y}) + B_3$$

Trong đó:

- $W_3$  là filter, kích thước  $n_2 \times f_3 \times n_3$ , có  $c$  filter như này.
- $B_3$  là bias

# Training

---

Loss function:

$$L(\Theta) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \|F(\mathbf{Y}_i; \Theta) - \mathbf{x}_i\|^2$$

Với n là số sample được dùng để train

# Kiến trúc SRCNN

---

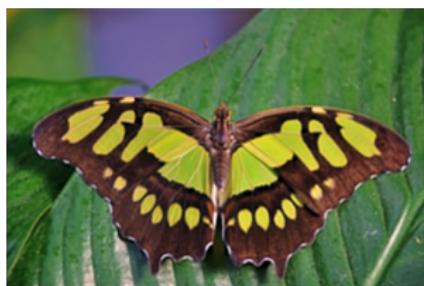
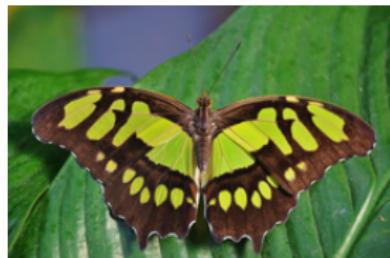
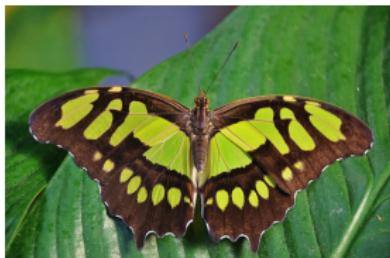
Block	Đầu vào	Phép toán	Số channel
$X_1$	(Input)	Interpolation	3
$X_2$	AxBx3	Conv2D	64
$X_3$	AxBx64	Batch Normalization	
$X_4$	AxBx64	Conv2D	32
$X_5$	AxBx32	Batch Normalization	
$X_6$	AxBx32	Conv2D	3

Bảng 1: Kiến trúc SRCNN

**Tổng tham số:** 20,483

# Kết quả

---



Hình 11: Ảnh high-resolution, low-resolution và output SRCNN

# ResNet Super Resolution

# Kiến trúc SRResNet

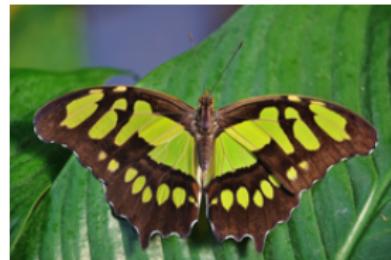
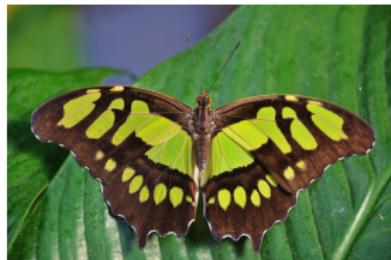
---

Block	Đầu vào	Phép toán	Số channel
$X_1$	(Input)	Interpolation	3
$X_2$	AxBx3	Conv2D	64
$X_3$	AxBx64	residual_block	64
$X_4$	AxBx64	residual_block	64
$X_5$	AxBx64	residual_block	64
$X_6$	AxBx64	residual_block	64
$X_7$	AxBx64	residual_block	64
$X_8$	AxBx64	residual_block	64
$X_9$	AxBx64	Add[ $X_2, X_8$ ]	
$X_{10}$	AxBx64	Conv2D	3

Bảng 2: Kiến trúc SRResNet

# Kết quả

Tổng tham số: 449,731



Hình 12: Ảnh high-resolution, low-resolution và output SRResNet

# Kiến trúc SRResNet(lite)

---

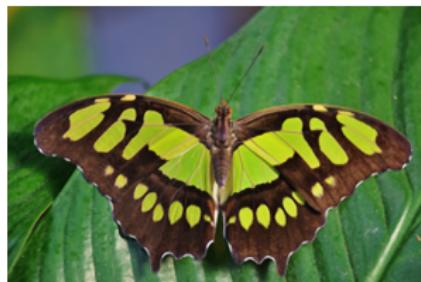
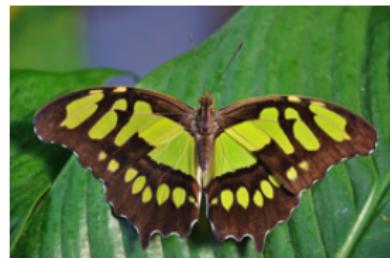
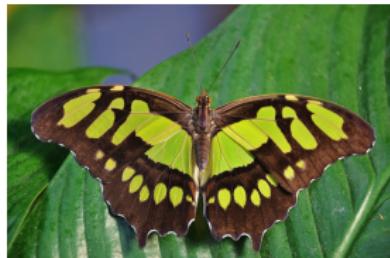
Block	Đầu vào	Phép toán	Số channel
$X_1$	(Input)	Interpolation	3
$X_2$	AxBx3	Conv2D	32
$X_3$	AxBx32	Conv2D	32
$X_4$	AxBx32	Batch Normalization	
$X_5$	AxBx32	Conv2D	32
$X_6$	AxBx32	Batch Normalization	
$X_7$	AxBx32	Add[ $X_6, X_2$ ]	
$X_8$	AxBx32	Add[ $X_7, X_2$ ]	
$X_9$	AxBx32	Conv2D	64
$X_3$	AxBx64	Conv2D	3

Bảng 3: Kiến trúc SRResNet(lite)

# Kết quả

---

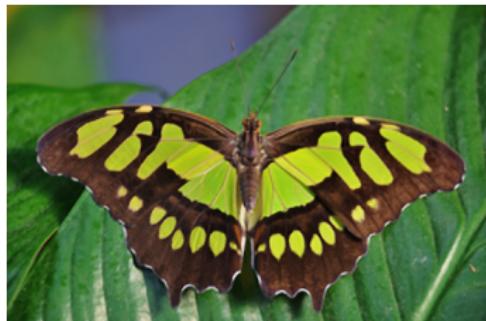
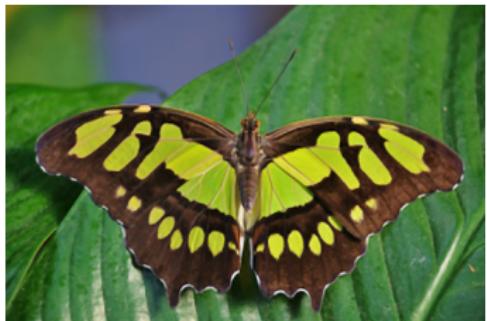
Tổng tham số: 39,875



Hình 13: Ảnh high-resolution, low-resolution và output SRResNet(lite)

# SRResNet và SRResNet(lite)

---



Hình 14: Ảnh SRResnet và SRResNet(lite)

# Autoencoder Super Resolution

# Kiến trúc SRAutoencoder

---

Block	Đầu vào	Phép toán	Số channel
$X_1$	(Input)	Interpolation	3
$X_2$	AxBx3	Conv2D	64
$X_3$	AxBx64	Conv2D	64
$X_4$	AxBx64	MaxPooling2D	
$X_5$	$(A/2) \times (B/2) \times 64$	Conv2D	128
$X_6$	$(A/2) \times (B/2) \times 128$	Conv2D	128
$X_7$	$(A/2) \times (B/2) \times 128$	MaxPooling2D	
encoder	$(A/4) \times (B/4) \times 128$	Conv2D	256

Bảng 4: Kiến trúc encoder

# Kiến trúc SRAutoencoder

---

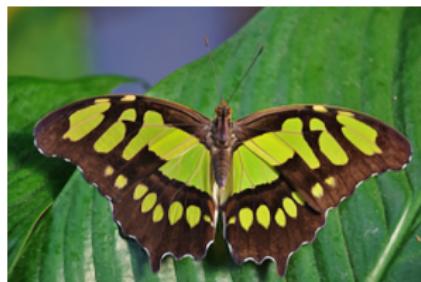
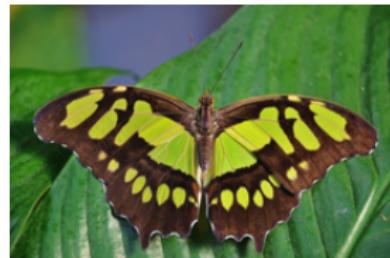
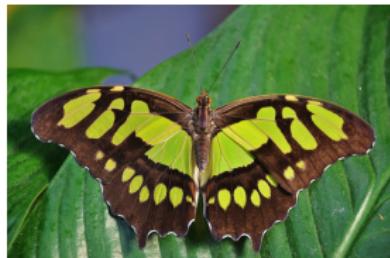
Block	Đầu vào	Phép toán	Số channel
$X_8$	$(A/4) \times (B/4) \times 256$	Conv2DTranspose	256
$X_9$	$(A/2) \times (B/2) \times 256$	Conv2D	128
$X_{10}$	$(A/2) \times (B/2) \times 128$	Conv2D	128
$X_{11}$	$(A/2) \times (B/2) \times 128$	Add[ $X_6, X_{10}$ ]	
$X_{12}$	$(A/2) \times (B/2) \times 128$	Conv2DTranspose	128
$X_{13}$	AxBx128	Conv2D	64
$X_{14}$	AxBx64	Conv2D	64
$X_{15}$	AxBx64	Add[ $X_3, X_{14}$ ]	
decoder	AxBx64	Conv2D	3

Bảng 5: Kiến trúc decoder

# Kết quả

---

Tổng tham số: 1,848,067



Hình 15: Ảnh high-resolution, low-resolution và output Autoencoder

# Tổng kết

# Tổng kết

---

Peak signal-to-noise ratio (PSNR): dùng để tính tỉ lệ giữa giá trị năng lượng tối đa của một tín hiệu và năng lượng nhiễu ảnh hướng đến độ chính xác của thông tin

PSNR được sử dụng để đo chất lượng tín hiệu khôi phục của các thuật toán nén có mất mát dữ liệu

Công thức:

$$PSNR = 10 * \log_{10} \left( \frac{MAX^2}{MSE} \right)$$

# Tổng kết

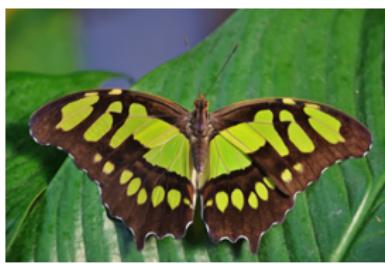
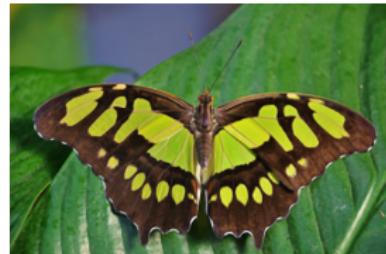
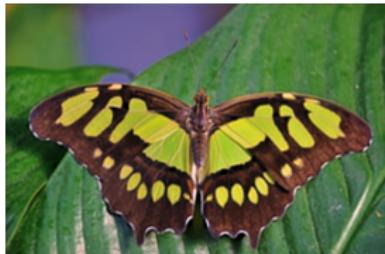
---

Kết quả đo được từ tập validation

Tên	Parameters	Loss (MSE)	PSNR	Thời gian
SRCNN	20,483	581.2148	21.2076	0.155355s
SRResnet(lite)	39,875	397.9567	23.1751	0.193009s
SRResnet	449,731	396.3909	23.3171	0.352079s
Autoencoder	1,848,067	382.0012	23.4283	2.352550s

# Tổng kết

---



Hình 16: SRCNN, SRResNet, SRResNet(lite) và SRAutoencoder

# Một số ảnh khác

---



Hình 17: Ảnh high-resolution và low-resolution

# Một số ảnh khác

---



Hình 18: SRCNN, SRResNet, SRResNet(lite) và Autoencoder

# Một số ảnh khác

---



Hình 19: Ảnh high-resolution và low-resolution

# Một số ảnh khác

---



# Kết thúc