

Ứng dụng phát hiện biên ảnh và chuyển ảnh thành sketch

Presentation

Presented by Nguyễn Mạc Quang Anh

TỔNG QUAN DỰ ÁN

a. Mục tiêu

→ Mục tiêu #1

Xây dựng ứng dụng web chuyển đổi ảnh thành sketch (ảnh phác thảo bút chì)

→ Mục tiêu #2

Áp dụng các thuật toán xử lý ảnh cơ bản

→ Mục tiêu #3

Áp dụng kiến thức học phần Xử lý ảnh



TỔNG QUAN DỰ ÁN

b. Tính năng chính



5 thuật toán xử lý ảnh:
Convolution, Gaussian Blur,
Sobel, Canny Edge, Morphology

2 phương pháp chuyển đổi:
Dodge-Burn Sketch và
Combined Sketch

Giao diện web Flask thân thiện

KIẾN TRÚC HỆ THỐNG

Bước	Mô tả	Thuật toán
1	Upload Image	-
2	Chuyển Grayscale	cvtColor
3	Sketch Conversion	Dodge-Burn / Combined
4	Enhancement	Morphological Opening
5	Output Sketch	-



THUẬT TOÁN 1: CONVOLUTION 2D

Nền tảng của xử lý ảnh

- Phép tích chập 2D - nền tảng cho mọi thuật toán xử lý ảnh

Công thức toán học

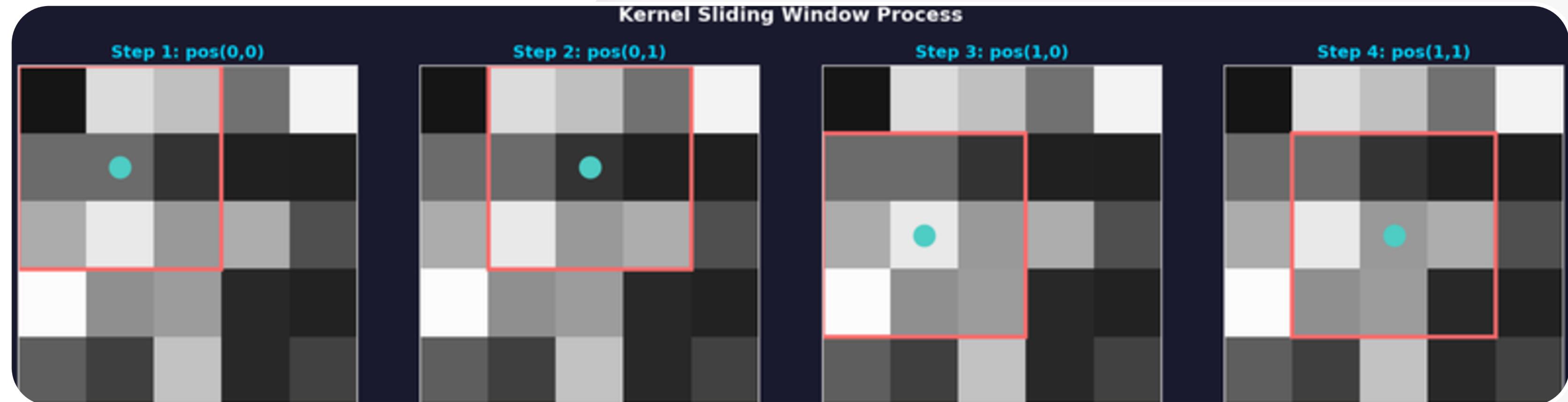
$$G(x, y) = \sum_i \sum_j K(i, j) \times I(x + i, y + j)$$

Trong đó:

- G: Ảnh output
- K: Kernel (bộ lọc)
- I: Ảnh input

CONVOLUTION 2D - CÁCH HOẠT ĐỘNG

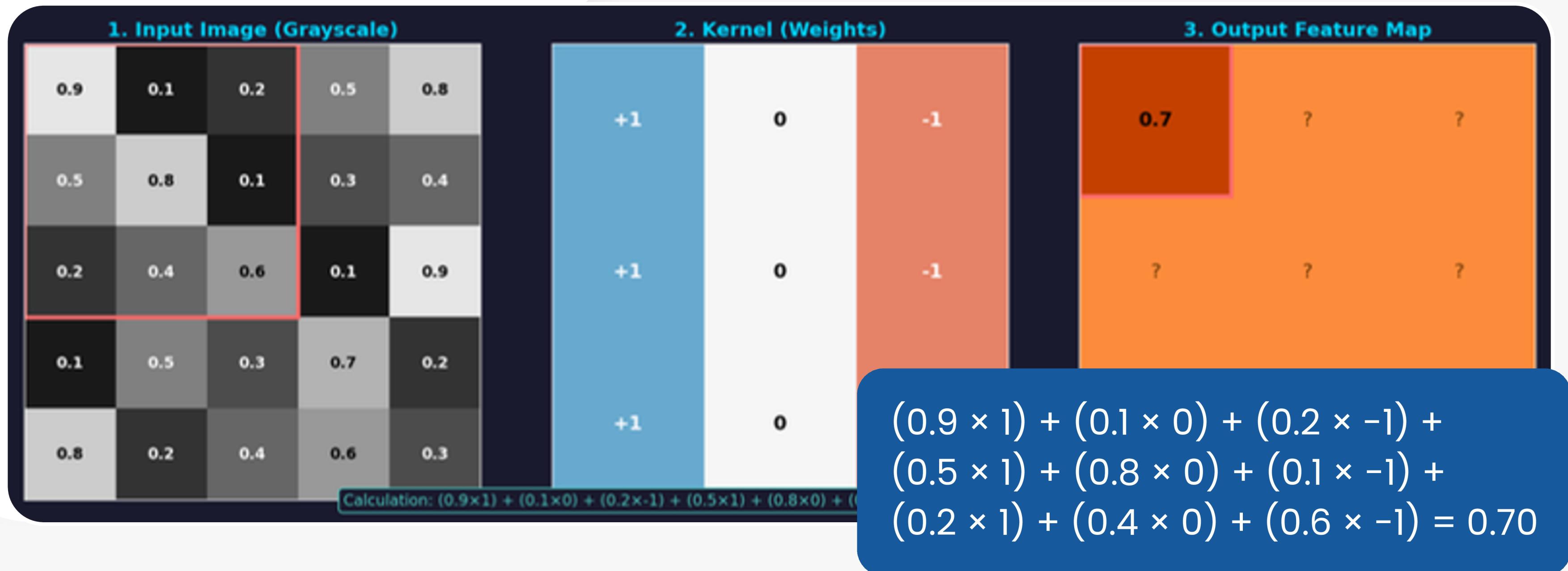
Bước 1: Duyệt qua từng vị trí có thể đặt kernel



Kernel 3×3 trượt qua từng vị trí trên ảnh input, từ góc trên trái đến góc dưới phải.

CONVOLUTION 2D - TÍNH TÍCH CHẬP

Bước 2: Nhân từng phần tử với kernel và cộng lại



CONVOLUTION 2D - TỐI ƯU HÓA

Separabile Convolution

- Nhiều kernel 2D có thể tách thành tích của 2 vector 1D:

$$K_{2D} = K_y \times K_x^T$$

Ưu điểm về độ phức tạp:

Phương pháp	Độ phức tạp
Convolution thường	$O(n \times k^2)$
Separable	$O(n \times 2k)$

Ví dụ: Gaussian 5×5

- Thay vì 25 phép nhân → chỉ cần 10 phép nhân
- Tăng tốc ~2.5 lần

THUẬT TOÁN 2: GAUSSIAN BLUR

Mục đích:

- Làm mờ ảnh dựa trên phân phối Gaussian (phân phối chuẩn)

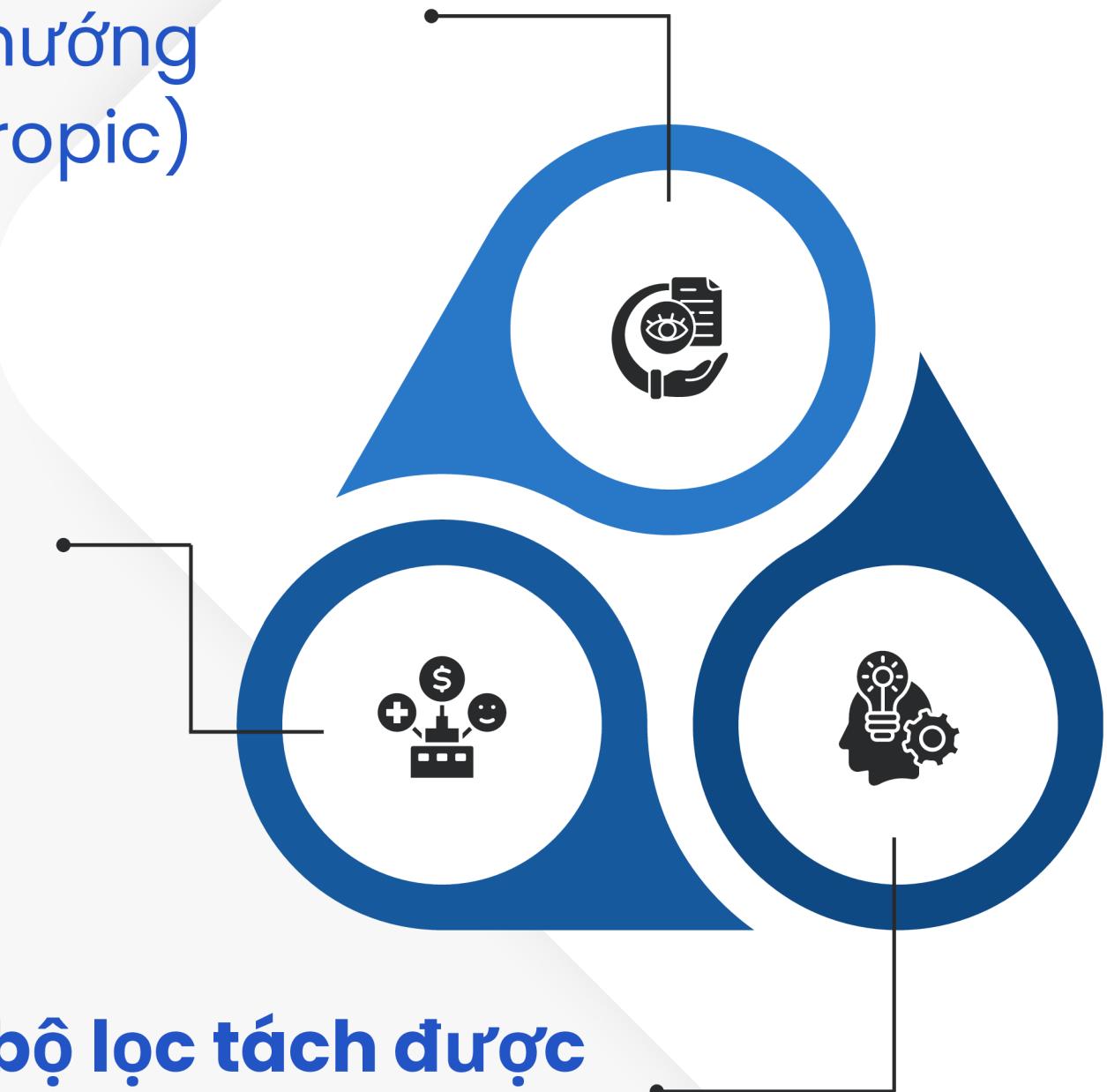
Công thức toán học

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \times e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}}$$

Giảm nhiễu hiệu quả, Bảo toàn cấu trúc tổng thể

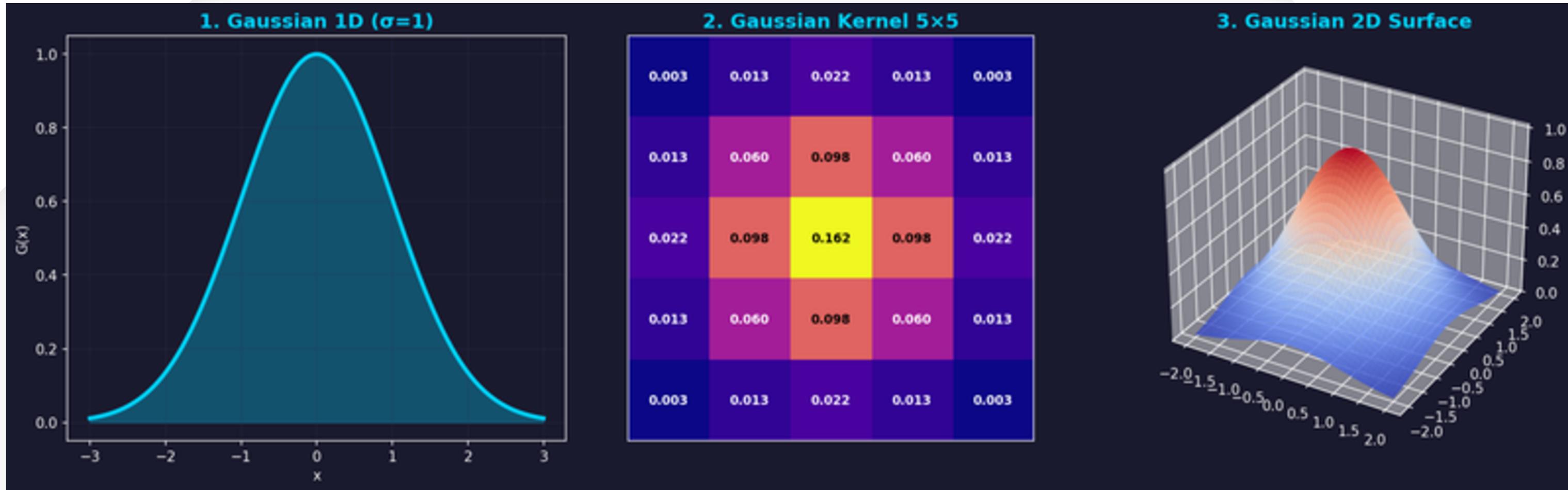
Làm mờ đều theo mọi hướng (isotropic)

Là bộ lọc tách được
→ tối ưu tính toán



GAUSSIAN BLUR - TẠO KERNEL

Kernel Gaussian 1D và 2D



Đặc điểm kernel:

- Giá trị cao ở trung tâm → pixel gần trọng số lớn
- Giá trị thấp ở biên → pixel xa trọng số nhỏ
- Tổng tất cả giá trị = 1 (bảo toàn độ sáng)

GAUSSIAN BLUR - ẢNH HƯỞNG CỦA SIGMA

So sánh các giá trị sigma khác nhau

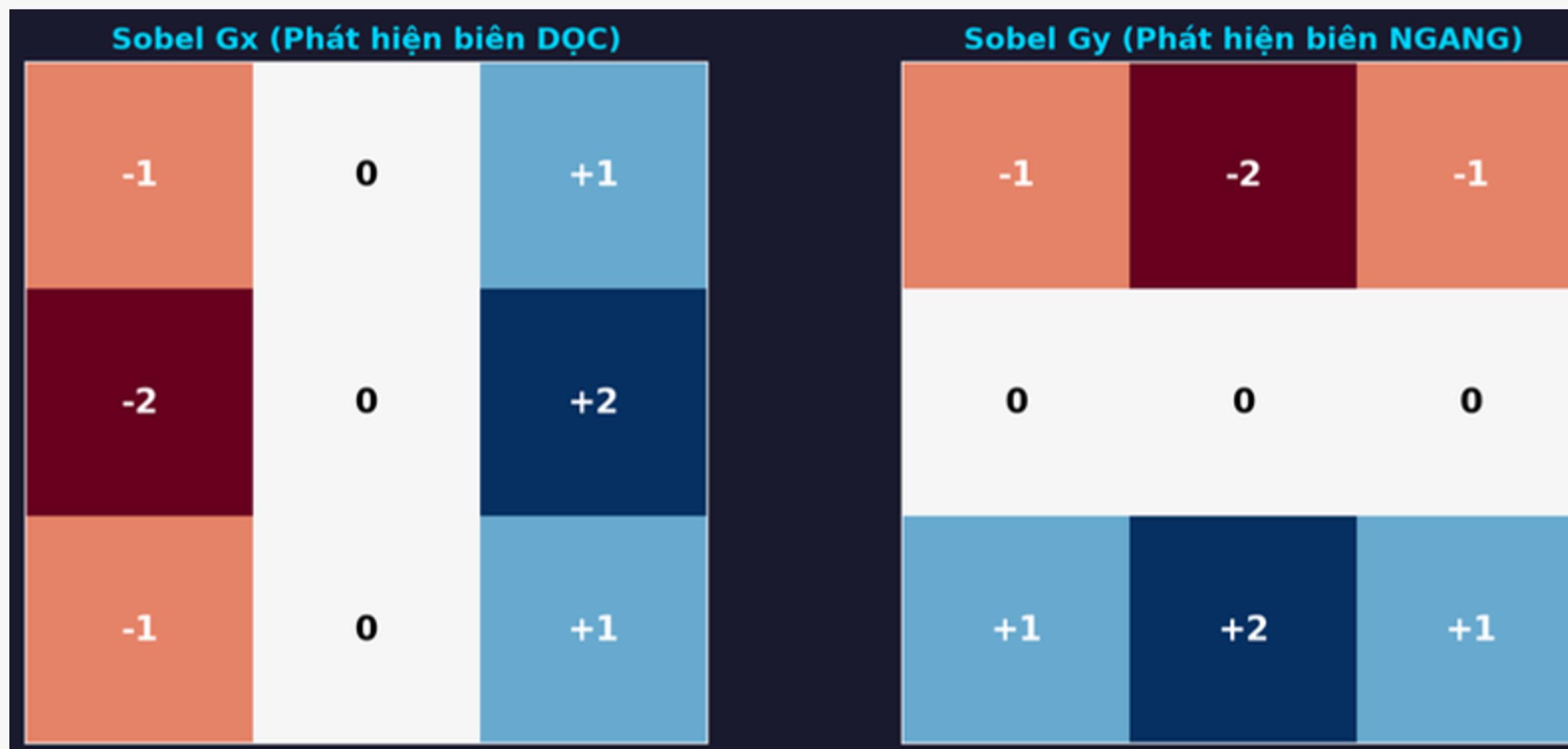


Sigma	Hiệu ứng
$\sigma = 1$	Mờ nhẹ, giữ chi tiết
$\sigma = 3$	Mờ trung bình
$\sigma = 5$	Mờ mạnh, mất chi tiết

THUẬT TOÁN 3: SOBEL OPERATOR

Mục đích: Tính gradient (đạo hàm) của ảnh - phát hiện biên

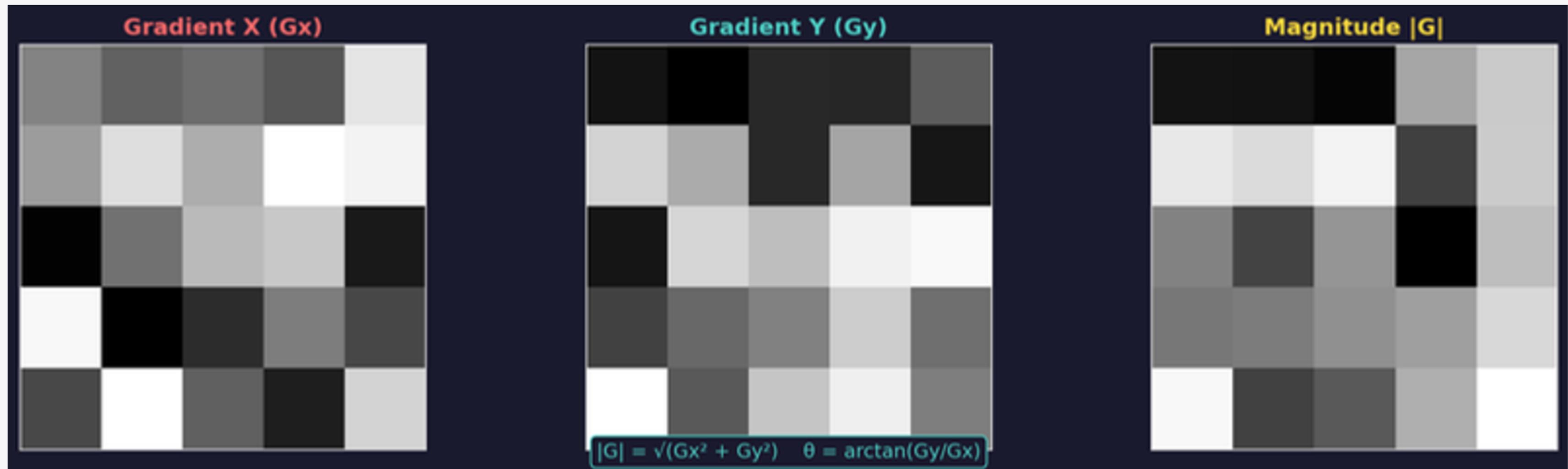
★ Kernel Sobel 3×3



- Gx: Phát hiện biên DỌC (thay đổi theo chiều ngang)
- Gy: Phát hiện biên NGANG (thay đổi theo chiều dọc)

SOBEL - TÍNH TOÁN OUTPUT

Các đại lượng được tính



SOBEL - TÍNH TOÁN OUTPUT

Các đại lượng được tính

Đại lượng	Công thức	Ý nghĩa
Gradient X	$G_x = \text{Image} \otimes \text{Kernel}_x$	Biến thiên ngang
Gradient Y	$G_y = \text{Image} \otimes \text{Kernel}_y$	Biến thiên dọc
Magnitude	$M = \sqrt{(G_x^2 + G_y^2)}$	Cường độ biên
Direction	$\theta = \arctan2(G_y, G_x)$	Hướng biên

THUẬT TOÁN 4: CANNY EDGE DETECTION

Good detection: Phát hiện đúng biên thuật

1

Good localization: Vị trí biên chính xác

2

Minimal response: Mỗi biên chỉ đánh dấu 1 lần

3

Canny được coi là "gold standard" vì:

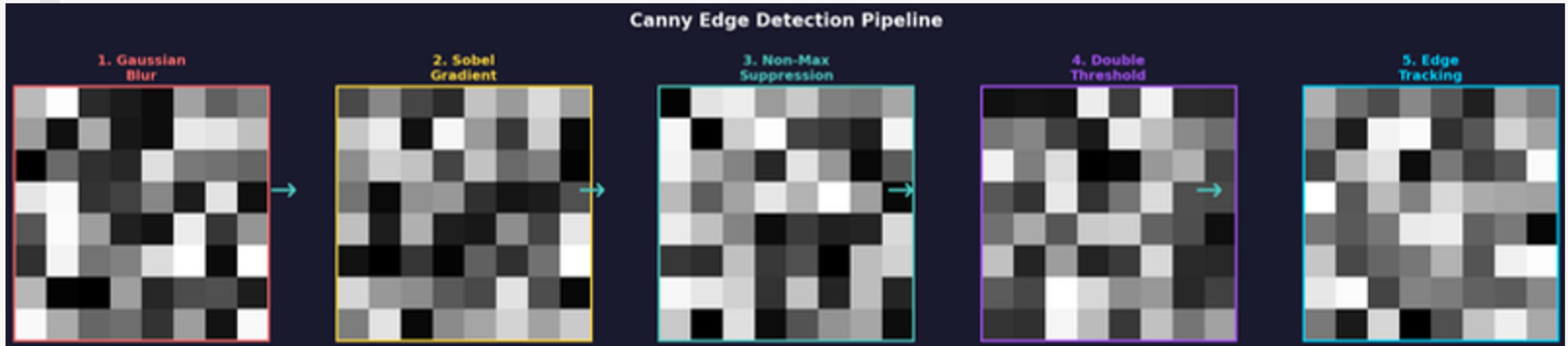
THUẬT TOÁN 4: CANNY EDGE DETECTION

5 BƯỚC CỦA CANNY

Bước	Tên	Mục đích
1	Gaussian Blur	Giảm nhiễu
2	Sobel Gradient	Tính đạo hàm
3	Non-max Suppression	Làm mỏng biên
4	Double Threshold	Phân loại biên
5	Hysteresis	Nối biên

CANNY - PIPELINE TỔNG QUAN

Các bước xử lý từ input đến output

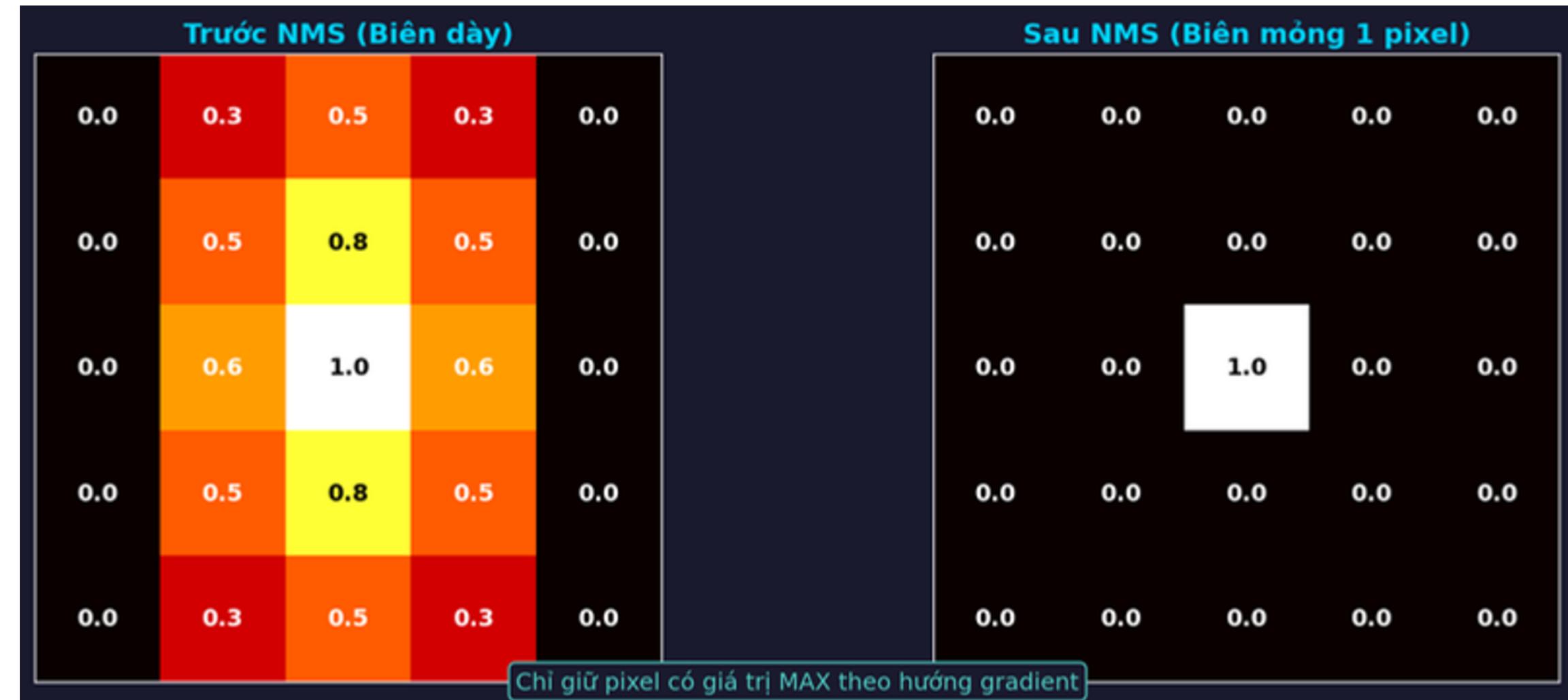


Qua 5 bước xử lý, ảnh có nhiễu được chuyển thành biên sắc, chính xác.

CANNY - BƯỚC 3: NON-MAXIMUM SUPPRESSION

Nguyên lý:

- Với mỗi pixel, so sánh với 2 pixel láng giềng theo hướng gradient
- Chỉ giữ nếu pixel đó là maximum cục bộ
- Kết quả: Biên dày → Biên mỏng 1 pixel

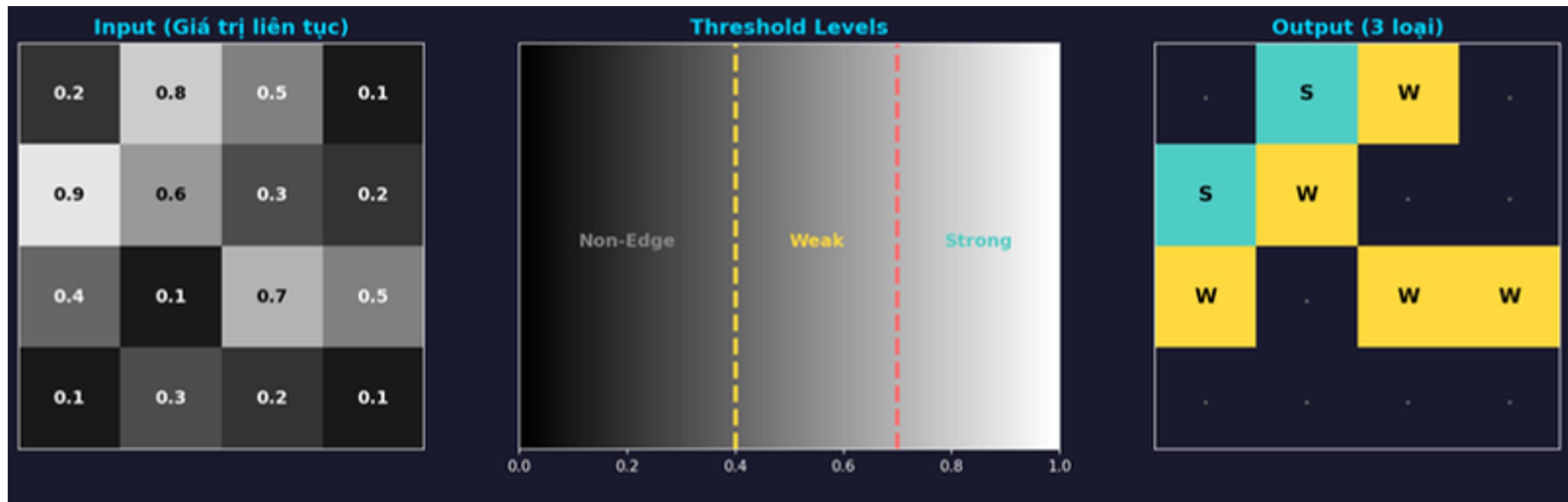


CANNY - BƯỚC 4: DOUBLE THRESHOLDING

Phân loại pixel thành 3 loại

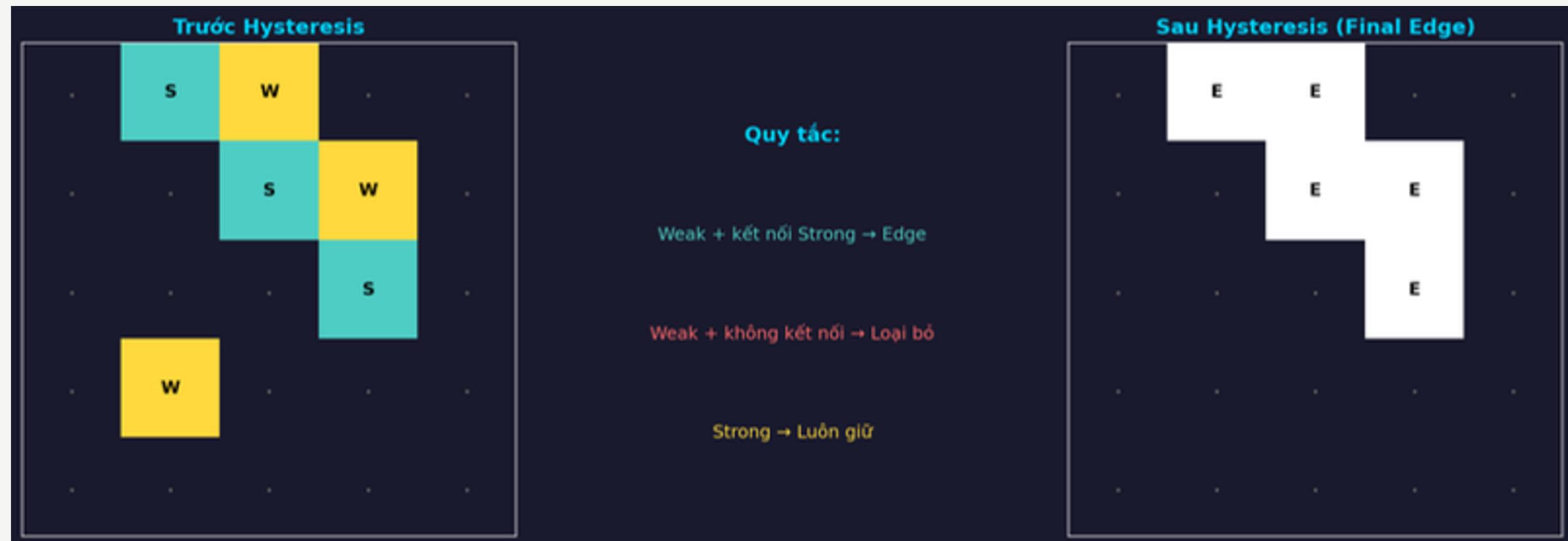
Loại	Điều kiện	Xử lý
Strong Edge	$\text{pixel} > \text{High}$	Chắc chắn là biên
Weak Edge	$\text{Low} < \text{pixel} < \text{High}$	Cần xác nhận
Non-Edge	$\text{pixel} < \text{Low}$	Loại bỏ

CANNY - BƯỚC 4: DOUBLE THRESHOLDING



CANNY - BƯỚC 5: HYSTERESIS

Kết nối biên yếu với biên mạnh

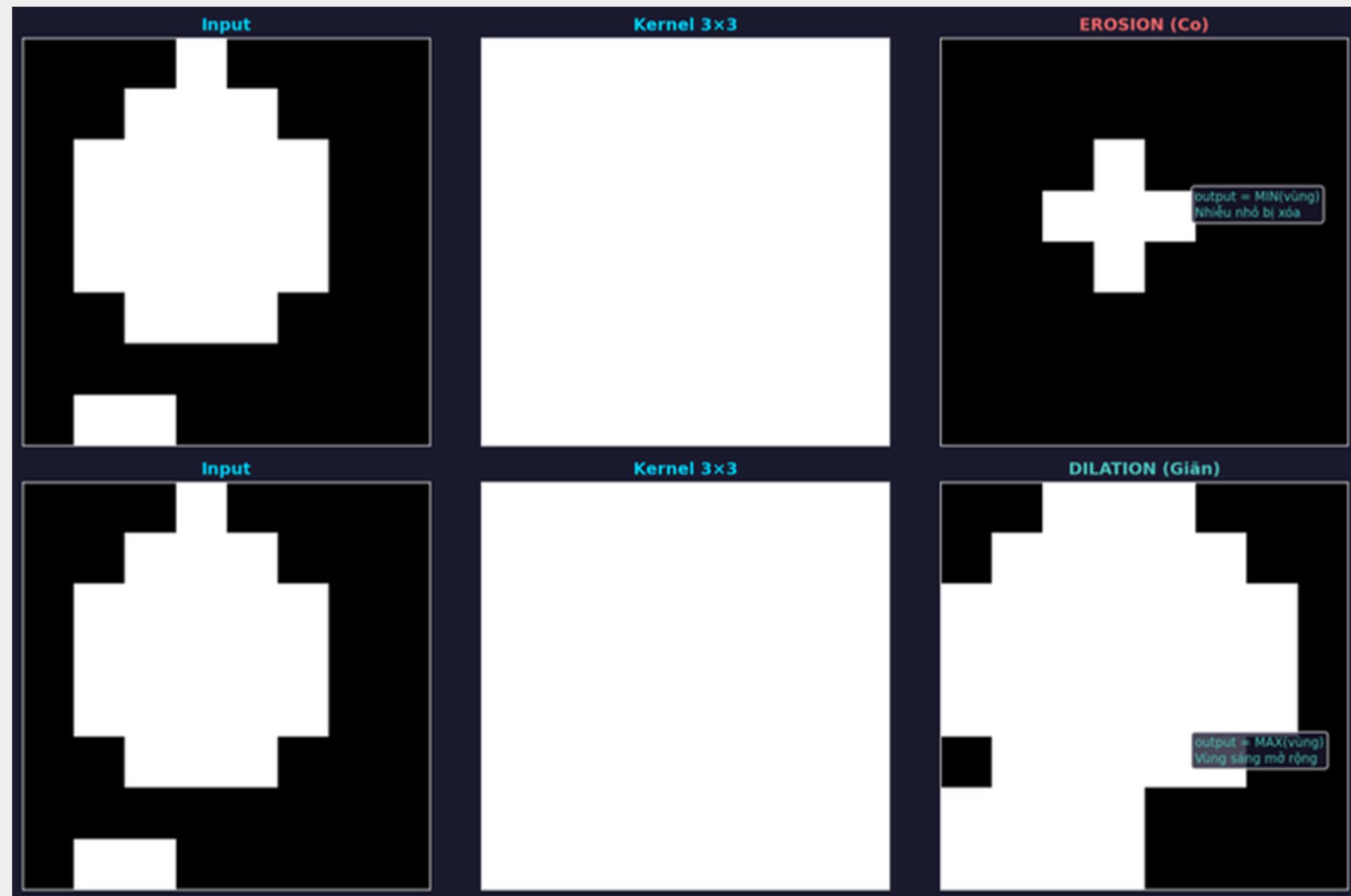


Nguyên lý:

- Weak edge kết nối với Strong → Giữ (chuyển thành Strong)
- Weak edge đứng riêng lẻ → Loại bỏ

THUẬT TOÁN 5: MORPHOLOGICAL OPERATIONS

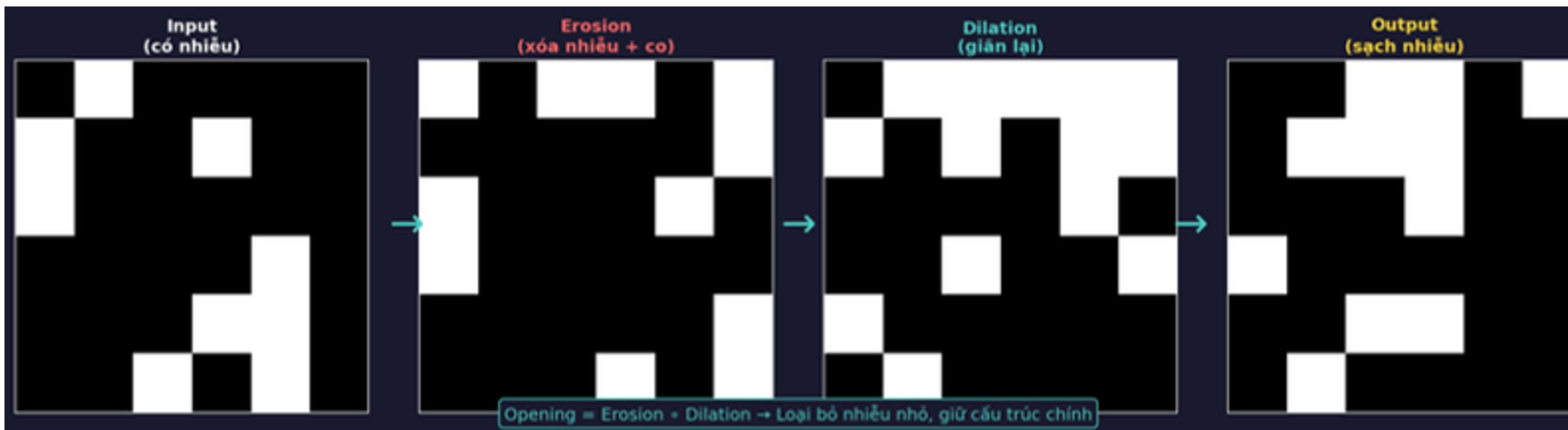
Phép toán hình thái học



Phép toán	Công thức	Tác dụng
Erosion	$output = \text{MIN}(\text{vùng})$	Co vùng sáng, loại nhiễu
Dilation	$output = \text{MAX}(\text{vùng})$	Giãn vùng sáng

MORPHOLOGY - OPENING

Opening = Erosion → Dilation

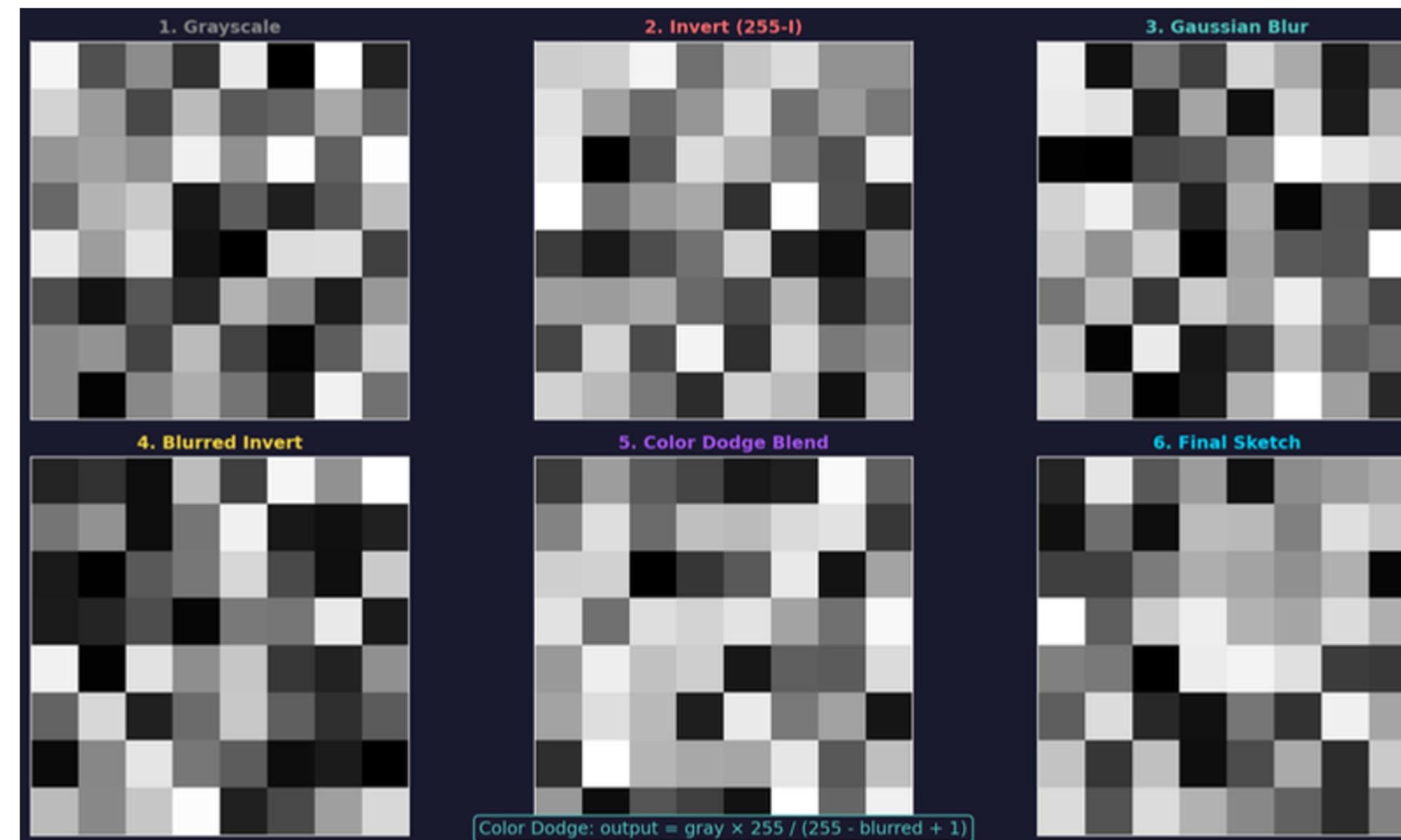


Tác dụng của Opening:

- Loại bỏ nhiễu nhỏ (điểm sáng nhỏ hơn kernel)
- Giữ nguyên cấu trúc lớn
- Sử dụng để denoise trong sketch

PHƯƠNG PHÁP 1: DODGE-BURN SKETCH

Kỹ thuật truyền
thống tạo hiệu
 ứng bút chì



PHƯƠNG PHÁP 1: DODGE-BURN SKETCH

Các bước xử lý

Bước	Công thức	Mô tả
1	$\text{inverted} = 255 - \text{gray}$	Đảo ngược ảnh
2	$\text{blurred} = \text{GaussianBlur}(\text{inverted})$	Làm mờ
3	$\text{inv_blur} = 255 - \text{blurred}$	Đảo ngược blur
4	$\text{sketch} = (\text{gray} \times 256) / \text{inv_blur}$	Divide blend

DODGE-BURN - TẠI SAO HIỆU QUẢ?

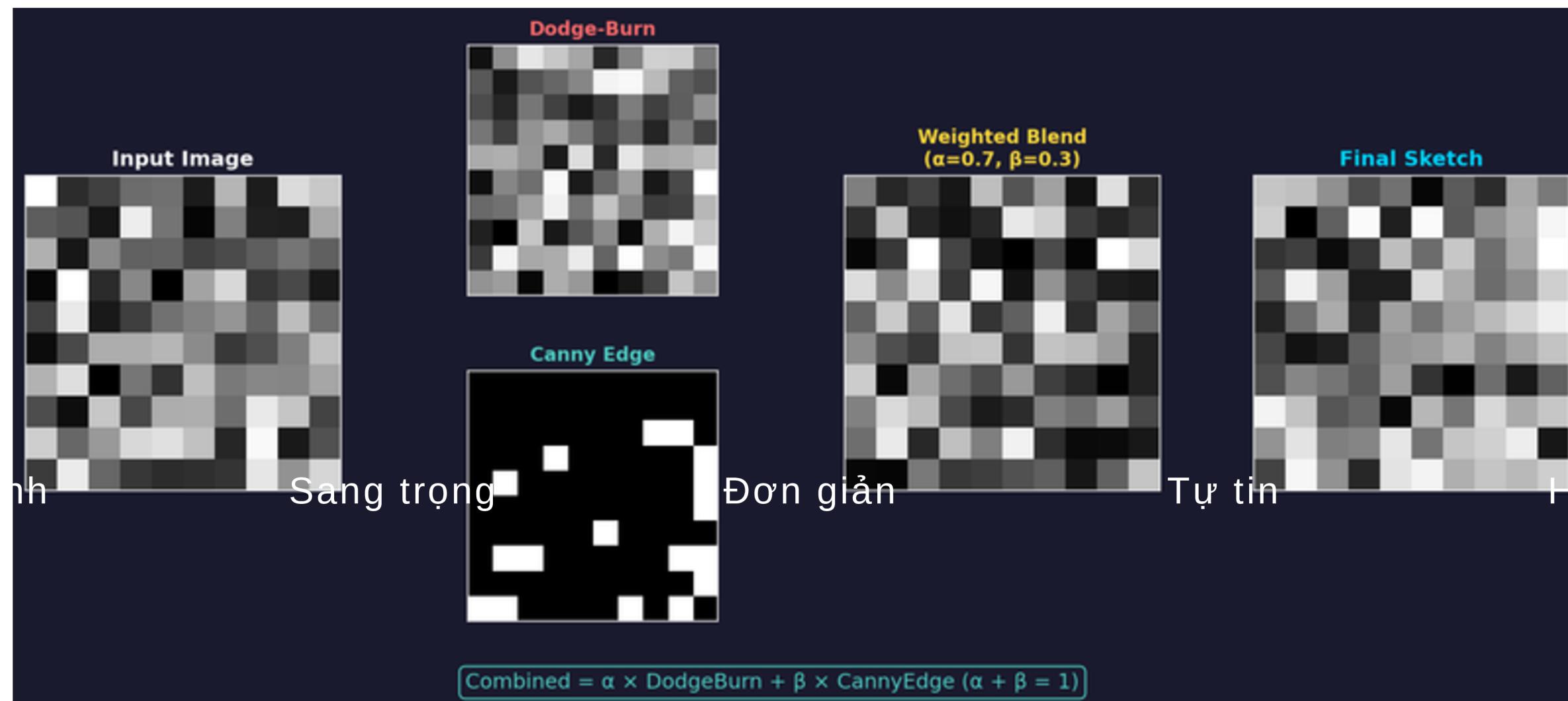
Công thức tạo hiệu ứng sketch

$$\text{sketch} = \frac{\text{gray} \times 256}{255 - \text{blurred}}$$

Vùng	Đặc điểm	Kết quả
Vùng tối	gray thấp	sketch tối (nét bút chì)
Vùng sáng	gray cao, blur cao	sketch sáng (nền trắng)
Vùng biên	gray ≠ blur nhiều	contrast cao (đường nét rõ)

PHƯƠNG PHÁP 2: COMBINED SKETCH

Kết hợp Dodge-Burn + Canny Edge



COMBINED - TẠI SAO KẾT HỢP?

So sánh ưu nhược điểm

Thành phần	Ưu điểm	Nhược điểm
Dodge-Burn	Shading mềm, tự nhiên	Biên không rõ
Canny Edge	Biên sắc nét	Không có shading
Combined	Cả hai ưu điểm	-

Kết quả: Sketch có shading mềm mại VÀ biên sắc nét.

POST-PROCESSING

Các bước nâng cao chất lượng

1. Bilateral Filter

- Làm mịn vùng phẳng
- Giữ nguyên biên (edge-preserving)

2. Unsharp Masking

$\text{sharp} = 1.3 \times \text{sketch} - 0.3 \times \text{GaussianBlur}(\text{sketch})$

- Tăng độ sắc nét bằng cách trừ đi ảnh mờ.

3. Gamma Correction

$$\text{output} = \left(\frac{\text{input}}{255} \right)^{1/\gamma} \times 255$$

Với $\gamma = 1.15 \rightarrow$ làm sáng nhẹ nền.

ENHANCEMENT: MORPHOLOGICAL DENOISE

Loại bỏ nhiễu bằng Opening

```
kernel = create_kernel('ellipse', 3) # Kernel ellipse 3x3  
cleaned = opening(sketch, kernel)    # Erosion + Dilation
```

Kết quả:

- Điểm nhiễu nhỏ bị loại bỏ
- Nét vẽ chính được giữ nguyên

TỔNG KẾT THUẬT TOÁN

#	Thuật toán	Chức năng
1	Convolution2D	Nền tảng xử lý ảnh
2	GaussianBlur	Làm mờ, giảm nhiễu
3	SobelOperator	Tính gradient, phát hiện biên
4	CannyEdgeDetector	Phát hiện biên chính xác
5	MorphologicalOps	Xử lý hình thái học

THANK YOU !