

컴퓨터 비전

[HW10]

학번	201203393
분반	00
이름	김현겸
과제번호	10

제출일 : 2016년 5월 29일 일요일

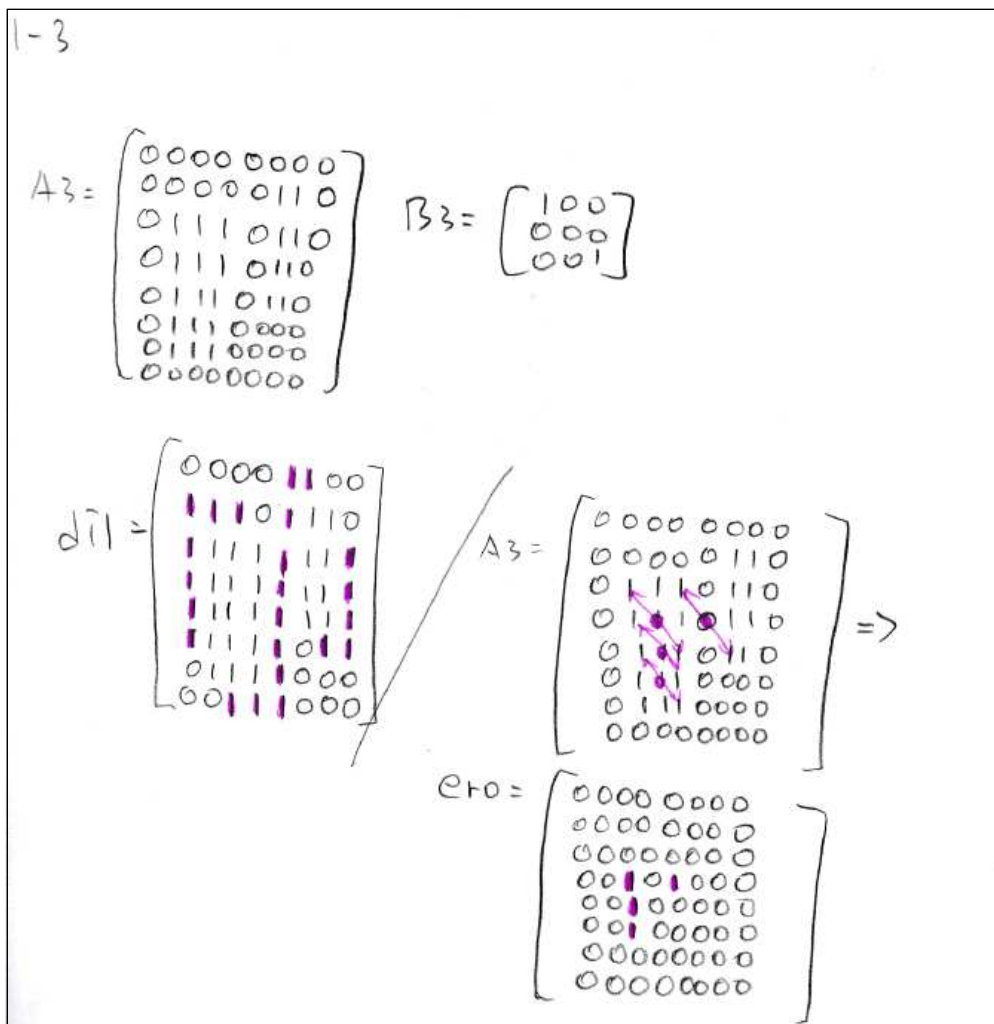
- Compute the results by hand

$$A1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad B1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$
$$d\hat{t} = \begin{bmatrix} 000 & 111 & 0 \\ 00 & 111 & 1 \\ 0 & 11 & 111 \\ 11 & 111 & 1 \\ 11 & 1 & 111 & 0 \\ 1 & 1 & 11 & 00 \\ 0 & 11 & 1 & 000 \end{bmatrix}$$

$A1 \Rightarrow C10 =$

$$A_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$
$$B_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$
$$d\vec{r} = \begin{bmatrix} dx \\ dy \\ dz \end{bmatrix}$$

$\alpha_0 = \beta_2$ 에 해당하는 픽셀이 존재하지 않는다



- Implement the code for binary dilation and erosion by yourself, and then apply your code into exercise 1.

```
function output = func_dilation(inputA, inputB)
    a_size = size(inputA);
    b_size = size(inputB);

    w_pad = floor(b_size(1)/2);
    h_pad = floor(b_size(2)/2);
    output = zeros(a_size(1) + (w_pad*2), a_size(2) + (h_pad*2));

    output(w_pad+1:a_size(1)+w_pad, h_pad+1:a_size(2)+h_pad) = inputA;

    for i = w_pad+1 : a_size(1)+w_pad
        for j = h_pad+1 : a_size(2)+h_pad
            if inputA(i-1,j-1) == 1
                output(i-w_pad:i+w_pad, j-h_pad:j+h_pad) = output(i-w_pad:i+w_pad, j-h_pad:j+h_pad) | inputB;
            end
        end
    end
    output = output(w_pad+1:a_size(1)+w_pad, h_pad+1:a_size(2)+h_pad);
end
```

binary 이미지에 대해서 dilation을 한다. 우선 dilation을 하면 확장되므로 zero padding을

해준 뒤, 모든 픽셀들에 대해서 1이라면 주어진 구조요소와 or 연산을 하여 그 값들을 원본 데이터에 넣도록 하였다.

```
function output = func_erosion(inputA, inputB)
    a_size = size(inputA);
    b_size = size(inputB);

    w_pad = floor(b_size(1)/2);
    h_pad = floor(b_size(2)/2);
    output = zeros(a_size);

    for i = w_pad+1 : a_size(1)-w_pad
        for j = h_pad+1 : a_size(2)-h_pad
            a_mask = inputA(i-w_pad:i+w_pad, j-h_pad:j+h_pad);
            masked = a_mask - inputB;
            nonnegative_num = 0;
            if masked(:) ~= -1
                nonnegative_num = 1;
            end
            if nonnegative_num == 1
                output(i,j) = 1;
            end
        end
    end
end
```

erosion을 구현한다. 따로 경계부분에 대한 패딩 처리는 해주지 않았다. 만약 패딩처리를 한다면 미리 패딩을 하여 처리하면 될 것이다. 우선 inputA의 pixel 들을 기준으로 inputB의 절반 크기만큼씩 mask 된 매트릭스 a_mask를 구한다. 그리고 이 매트릭스에서 inputB를 빼면, 만약 음수가 존재할 시에 inputB가 포함될 수 없다는 의미가 된다. 따라서 -1이 존재하는지에 대한 여부를 검사한 뒤, 만약 가능하다면 해당 지점의 픽셀 값을 1로 만들어 준다.


```
ans =

    0     0     0     0     1     1     0     0
    1     1     1     0     1     1     1     0
    1     1     1     1     1     1     1     1
    1     1     1     1     1     1     1     1
    1     1     1     1     1     1     1     1
    1     1     1     1     1     0     1     1
    0     1     1     1     1     0     0     0
    0     0     1     1     1     0     0     0

ans =

    0     0     0     0     0     0     0     0
    0     0     0     0     0     0     0     0
    0     0     0     0     0     0     0     0
    0     0     1     0     1     0     0     0
    0     0     1     0     0     0     0     0
    0     0     1     0     0     0     0     0
    0     0     0     0     0     0     0     0
    0     0     0     0     0     0     0     0
```

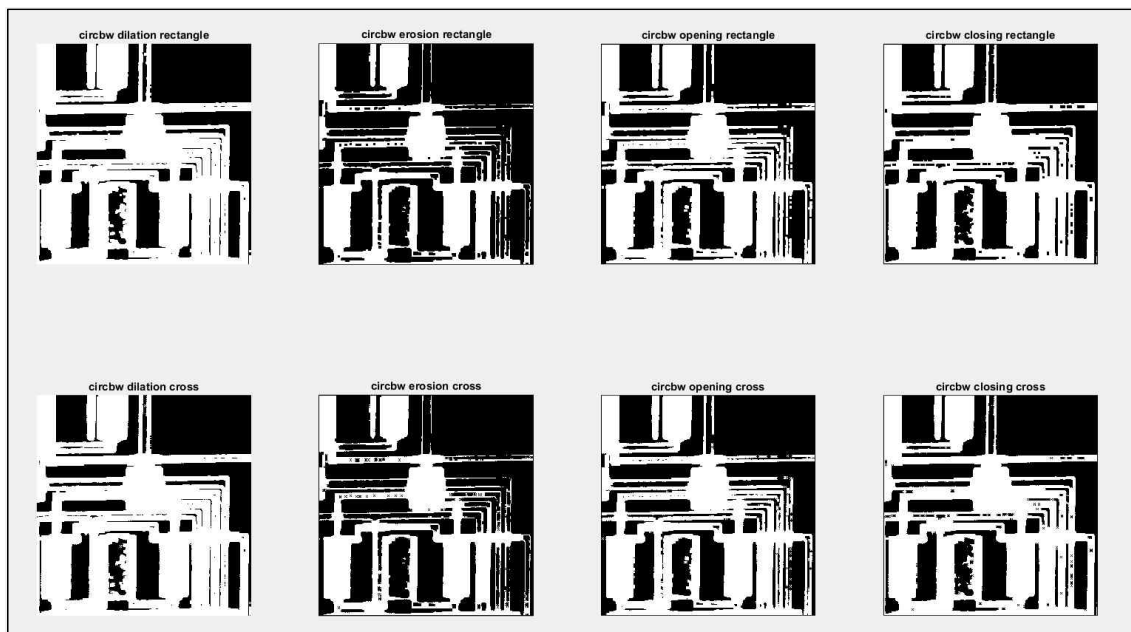
2. (MATLAB) Exercise 4

- Perform the binary dilation, erosion, opening, and closing using your own code implemented in homework1 with the images of exercise 4

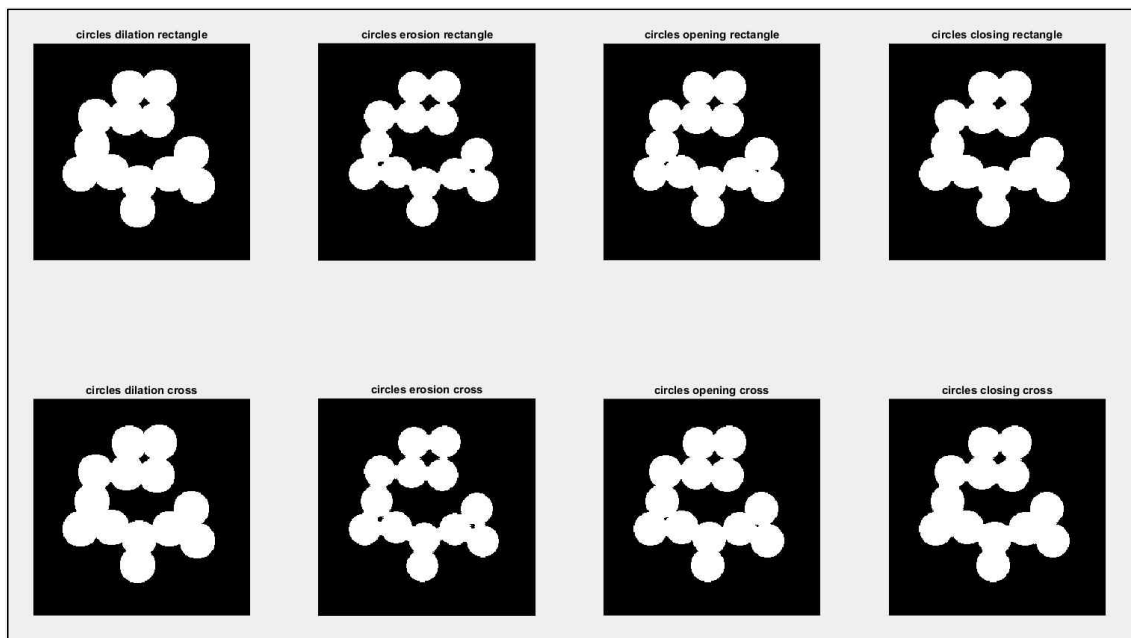
```
function output = func_opening(inputA, inputB)
    ero = func_erosion(inputA, inputB);
    output = func_dilation(ero, inputB);
end
```

```
function output = func_closing(inputA, inputB)
    dil = func_dilation(inputA, inputB);
    output = func_erosion(dil, inputB);
end
```

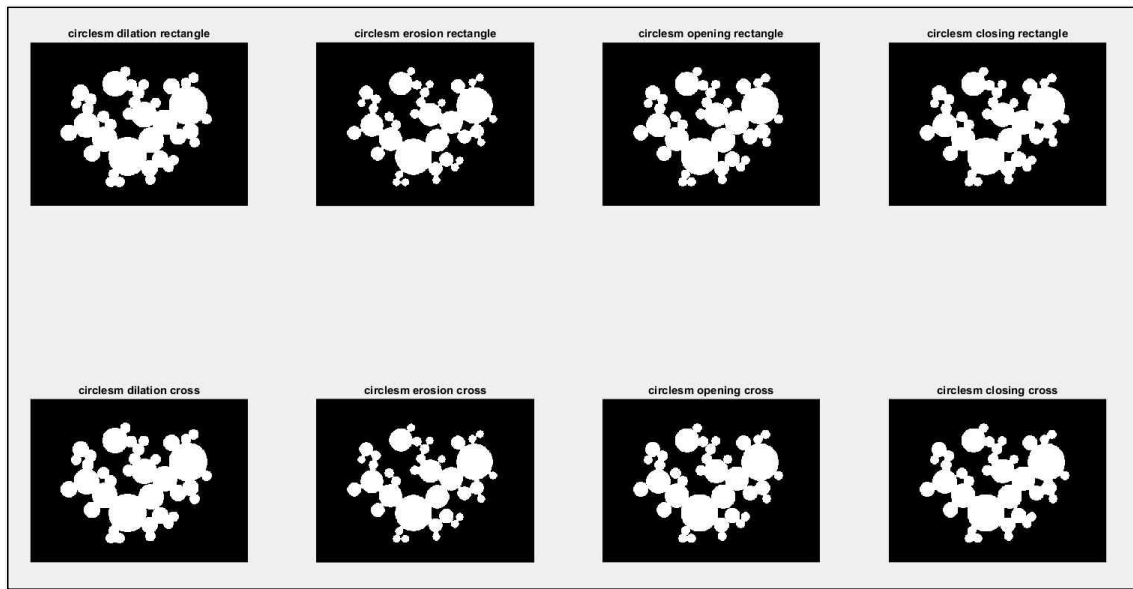
각각 opening과 closing은 dilation과 erosion의 조합으로 만들 수 있다.



circbw에 대한 결과들



circles에 대한 결과들



circlesm에 대한 결과

3. (Report and MATLAB) Exercise 11

- Compute the results by hand

3

$$\text{magic}(6) = \begin{bmatrix} 35 & 1 & 6 & 26 & 19 & 24 \\ 3 & 32 & 17 & 21 & 23 & 25 \\ 31 & 9 & 2 & 22 & 27 & 20 \\ 8 & 28 & 33 & 10 & 15 & 30 \\ 30 & 5 & 34 & 12 & 14 & 16 \\ 4 & 36 & 29 & 13 & 18 & 11 \end{bmatrix}$$

$$B1 = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 \\ 10 & 10 & 10 \\ 10 & 10 & 10 \end{bmatrix} \quad B2 = \begin{bmatrix} 5 & 20 & 5 \\ 20 & 5 & 20 \\ 5 & 20 & 5 \end{bmatrix}$$

dilation : 각각의 픽셀들에서 B1의 픽셀을 더하고 그중 최대 값을 찾아 해당 픽셀에 대입한다.

$$(1,1) = \begin{matrix} 49 & 15 \\ 13 & 42 \end{matrix} = 45, \quad (1,2) = \begin{matrix} 45 & 11 & 16 \\ 13 & 42 & 17 \end{matrix} = 45, \quad (1,3) = \begin{matrix} 11 & 16 & 36 \\ 42 & 17 & 31 \end{matrix} = 42$$

$$(1,4) = \begin{matrix} 16 & 36 & 29 \\ 17 & 31 & 33 \end{matrix} = 36, \quad (1,5) = \begin{matrix} 36 & 29 & 34 \\ 31 & 33 & 35 \end{matrix} = 36, \quad (1,6) = \begin{matrix} 29 & 34 \\ 33 & 35 \end{matrix} = 35$$

$$(2,1) = \begin{matrix} 45 & 11 \\ 13 & 42 \\ 41 & 19 \end{matrix} = 45, \quad (2,2) = \begin{matrix} 45 & 11 & 16 \\ 13 & 42 & 17 \\ 41 & 19 & 12 \end{matrix} = 45, \quad (2,3) = \begin{matrix} 11 & 16 & 36 \\ 42 & 17 & 31 \\ 19 & 12 & 32 \end{matrix} = 42$$

$$(2,4) = \begin{matrix} 16 & 36 & 29 \\ 17 & 31 & 33 \\ 12 & 32 & 37 \end{matrix} = 37, \quad (2,5) = \begin{matrix} 36 & 29 & 34 \\ 31 & 33 & 35 \\ 32 & 37 & 30 \end{matrix} = 37, \quad (2,6) = \begin{matrix} 29 & 34 \\ 33 & 35 \\ 37 & 30 \end{matrix} = 37$$

$$(3,1) = \begin{matrix} 13 & 42 \\ 41 & 19 \\ 18 & 38 \end{matrix} = 42, \quad (3,2) = \begin{matrix} 13 & 42 & 17 \\ 41 & 19 & 12 \\ 18 & 38 & 43 \end{matrix} = 43, \quad (3,3) = \begin{matrix} 42 & 17 & 31 \\ 19 & 12 & 32 \\ 38 & 43 & 27 \end{matrix} = 43$$

$$(3,4) = \begin{matrix} 17 & 31 & 33 \\ 12 & 32 & 37 \\ 43 & 27 & 20 \end{matrix} = 43, \quad (3,5) = \begin{matrix} 31 & 33 & 35 \\ 32 & 37 & 30 \\ 27 & 20 & 25 \end{matrix} = 37, \quad (3,6) = \begin{matrix} 33 & 35 \\ 37 & 30 \\ 20 & 25 \end{matrix} = 37$$

$$(4,1) = \begin{matrix} 41 & 19 \\ 18 & 38 \\ 40 & 15 \end{matrix} = 41, \quad (4,2) = \begin{matrix} 41 & 19 & 12 \\ 18 & 38 & 43 \\ 40 & 15 & 44 \end{matrix} = 44, \quad (4,3) = \begin{matrix} 19 & 12 & 32 \\ 38 & 43 & 27 \\ 15 & 44 & 12 \end{matrix} = 44$$

$$(4,4) = \begin{matrix} 12 & 32 & 37 \\ 43 & 27 & 20 \\ 44 & 22 & 24 \end{matrix} = 44, \quad (4,5) = \begin{matrix} 32 & 37 & 30 \\ 27 & 20 & 25 \\ 22 & 24 & 26 \end{matrix} = 37, \quad (4,6) = \begin{matrix} 37 & 30 \\ 20 & 25 \\ 24 & 26 \end{matrix} = 37$$

$$(5,1) = \begin{matrix} 18 & 38 \\ 40 & 15 \\ 14 & 46 \end{matrix} = 46, \quad (5,2) = \begin{matrix} 18 & 38 & 43 \\ 40 & 15 & 44 \\ 14 & 46 & 39 \end{matrix} = 46, \quad (5,3) = \begin{matrix} 38 & 43 & 27 \\ 15 & 44 & 12 \\ 46 & 39 & 23 \end{matrix} = 46$$

$$(5,4) = \begin{matrix} 43 & 27 & 20 \\ 44 & 22 & 24 \\ 39 & 23 & 28 \end{matrix} = 44, \quad (5,5) = \begin{matrix} 27 & 20 & 25 \\ 22 & 24 & 26 \\ 23 & 28 & 21 \end{matrix} = 28, \quad (5,6) = \begin{matrix} 20 & 25 \\ 24 & 26 \\ 28 & 21 \end{matrix} = 28$$

$$(6,1) = \begin{matrix} 40 & 15 \\ 14 & 46 \end{matrix} = 46, (6,2) = \begin{matrix} 40 & 15 & 44 \\ 14 & 46 & 39 \end{matrix} = 46, (6,3) = \begin{matrix} 15 & 44 & 12 \\ 46 & 39 & 23 \end{matrix} = 46$$

$$(6,4) = \begin{matrix} 44 & 22 & 24 \\ 39 & 23 & 28 \end{matrix} = 44, (6,5) = \begin{matrix} 22 & 24 & 26 \\ 23 & 28 & 21 \end{matrix} = 28, (6,6) = \begin{matrix} 24 & 26 \\ 28 & 21 \end{matrix} = 28$$

$$\Rightarrow \text{dil-BI} = \begin{bmatrix} 45 & 45 & 42 & 36 & 36 & 35 \\ 45 & 45 & 42 & 37 & 37 & 37 \\ 42 & 43 & 43 & 43 & 37 & 37 \\ 41 & 44 & 44 & 44 & 37 & 37 \\ 46 & 46 & 46 & 44 & 28 & 28 \\ 46 & 46 & 46 & 44 & 28 & 28 \end{bmatrix}$$

$$(1,1) = \begin{matrix} 40 & 21 \\ 23 & 37 \end{matrix} = 40, (1,2) = \begin{matrix} 55 & 6 & 26 \\ 8 & 52 & 12 \end{matrix} = 55, (1,3) = \begin{matrix} 21 & 71 & 46 \\ 37 & 27 & 26 \end{matrix} = 46$$

$$(1,4) = \begin{matrix} 26 & 31 & 34 \\ 12 & 41 & 28 \end{matrix} = 41, (1,5) = \begin{matrix} 46 & 24 & 44 \\ 26 & 43 & 30 \end{matrix} = 46, (1,6) = \begin{matrix} 39 & 29 \\ 28 & 45 \end{matrix} = 45$$

$$(2,1) = \begin{matrix} 55 & 6 \\ 8 & 52 \end{matrix} = 55, (2,2) = \begin{matrix} 40 & 21 & 11 \\ 23 & 37 & 20 \end{matrix} = 40, (2,3) = \begin{matrix} 6 & 26 & 31 \\ 52 & 12 & 41 \end{matrix} = 52$$

$$(2,4) = \begin{matrix} 11 & 46 & 24 \\ 27 & 26 & 43 \end{matrix} = 46, (2,5) = \begin{matrix} 31 & 39 & 29 \\ 41 & 28 & 45 \end{matrix} = 47, (2,6) = \begin{matrix} 24 & 44 \\ 43 & 30 \end{matrix} = 44$$

$$(3,1) = \begin{matrix} 23 & 37 \\ 36 & 29 \end{matrix} = 37, (3,2) = \begin{matrix} 8 & 52 & 12 \\ 51 & 14 & 22 \end{matrix} = 52, (3,3) = \begin{matrix} 37 & 27 & 26 \\ 29 & 7 & 42 \end{matrix} = 53$$

$$(3,4) = \begin{matrix} 12 & 41 & 28 \\ 22 & 27 & 47 \end{matrix} = 47, (3,5) = \begin{matrix} 26 & 43 & 30 \\ 42 & 37 & 40 \end{matrix} = 43, (3,6) = \begin{matrix} 28 & 45 \\ 47 & 25 \end{matrix} = 47$$

$$(4,1) = \begin{matrix} 51 & 14 \\ 13 & 48 \end{matrix} = 51, (4,2) = \begin{matrix} 36 & 29 & 9 \\ 28 & 33 & 53 \end{matrix} = 53, (4,3) = \begin{matrix} 14 & 22 & 27 \\ 48 & 38 & 37 \end{matrix} = 54$$

$$(4,4) = \begin{matrix} 7 & 42 & 32 \\ 53 & 22 & 30 \end{matrix} = 53, (4,5) = \begin{matrix} 27 & 47 & 24 \\ 37 & 15 & 35 \end{matrix} = 47, (4,6) = \begin{matrix} 32 & 40 \\ 30 & 20 \end{matrix} = 40$$

$$(5,1) = \begin{matrix} 28 & 33 \\ 35 & 25 \end{matrix} = 41, (5,2) = \begin{matrix} 13 & 48 & 38 \\ 50 & 10 & 54 \end{matrix} = 56, (5,3) = \begin{matrix} 33 & 53 & 22 \\ 25 & 39 & 32 \end{matrix} = 53$$

$$(5,4) = \begin{matrix} 38 & 37 & 15 \\ 54 & 17 & 34 \end{matrix} = 54, (5,5) = \begin{matrix} 22 & 30 & 20 \\ 32 & 19 & 36 \end{matrix} = 30, (5,6) = \begin{matrix} 41 & 49 & 18 \\ 15 & 35 \end{matrix} = 35$$

$$(6,1) = \begin{matrix} 50 & 10 \\ 9 & 56 \end{matrix} = 56, (6,2) = \begin{matrix} 35 & 25 & 39 \\ 24 & 41 & 49 \end{matrix} = 49, (6,3) = \begin{matrix} 2 & 3 & 31 \\ 10 & 54 & 17 \end{matrix} = 56$$

$$(6,4) = \begin{matrix} 39 & 32 & 19 \\ 59 & 18 & 38 \end{matrix} = 49, (6,5) = \begin{matrix} 17 & 34 & 21 \\ 33 & 23 & 31 \end{matrix} = 34, (6,6) = \begin{matrix} 19 & 36 \\ 38 & 16 \end{matrix} = 30$$

$\Rightarrow \text{dil} - B2 :$

40	55	46	41	46	45
55	40	52	46	47	44
37	52	53	47	43	47
51	53	54	53	47	40
41	56	53	54	38	35
56	49	56	49	34	38

erosion, 0부터 003 까지 잘라버린다

$$(1,1) = \begin{matrix} 25 & 9 \\ -7 & 22 \end{matrix} = -9, (1,2) = \begin{matrix} 25 & 9 & -4 \\ -7 & 22 & -3 \end{matrix} = -9, (1,3) = \begin{matrix} -9 & -4 & 16 \\ 22 & -3 & 11 \end{matrix} = -9$$

$$(1,4) = \begin{matrix} -4 & 16 & 9 \\ -3 & 11 & 13 \end{matrix} = -4, (1,5) = \begin{matrix} 16 & 9 & 14 \\ 11 & 13 & 15 \end{matrix} = 9, (1,6) = \begin{matrix} 9 & 14 \\ 13 & 15 \end{matrix} = 9$$

$$(2,1) = \begin{matrix} 25 & 9 \\ -7 & 22 \\ 21 & -1 \end{matrix} = -9, (2,2) = \begin{matrix} 25 & 9 & -4 \\ -7 & 22 & -3 \\ 21 & -1 & 8 \end{matrix} = -9, (2,3) = \begin{matrix} -9 & -4 & 16 \\ 22 & -3 & 11 \\ -1 & -8 & 12 \end{matrix} = -9$$

$$(2,4) = \begin{matrix} -4 & 16 & 9 \\ -3 & 11 & 13 \\ -8 & 12 & 17 \end{matrix} = -8, (2,5) = \begin{matrix} 16 & 9 & 14 \\ 11 & 13 & 15 \\ 12 & 17 & 10 \end{matrix} = 9, (2,6) = \begin{matrix} 9 & 14 \\ 13 & 15 \\ 17 & 10 \end{matrix} = 9$$

$$(3,1) = \begin{matrix} -7 & 22 \\ 21 & -1 \\ -2 & 18 \end{matrix} = -7, (3,2) = \begin{matrix} -7 & 22 & -3 \\ 21 & -1 & 8 \\ -2 & 18 & 23 \end{matrix} = -8, (3,3) = \begin{matrix} 22 & -3 & 11 \\ -1 & -8 & 12 \\ 18 & 23 & 7 \end{matrix} = -8$$

$$(3,4) = \begin{matrix} -3 & 11 & 13 \\ -8 & 12 & 17 \\ 23 & 7 & 0 \end{matrix} = -8, (3,5) = \begin{matrix} 11 & 13 & 15 \\ 12 & 17 & 10 \\ 7 & 0 & 5 \end{matrix} = 0, (3,6) = \begin{matrix} 13 & 15 \\ 17 & 10 \\ 7 & 0 & 5 \end{matrix} = 0$$

$$(4,1) = \begin{matrix} 21 & -1 \\ -2 & 18 \\ 20 & -5 \end{matrix} = -5, (4,2) = \begin{matrix} 21 & -1 & -8 \\ -2 & 18 & 23 \\ 20 & -5 & 24 \end{matrix} = -8, (4,3) = \begin{matrix} -1 & -8 & 12 \\ 18 & 23 & 7 \\ -5 & 24 & 2 \end{matrix} = -8$$

$$(4,4) = \begin{matrix} -8 & 12 & 17 \\ 23 & 7 & 0 \\ 24 & 2 & 4 \end{matrix} = -8, (4,5) = \begin{matrix} 12 & 17 & 10 \\ 7 & 0 & 5 \\ 2 & 4 & 6 \end{matrix} = 0, (4,6) = \begin{matrix} 17 & 10 \\ 7 & 0 & 5 \\ 4 & 6 \end{matrix} = 0$$

$$(5,1) = \begin{matrix} -2 & 18 \\ 20 & -5 \\ -6 & 26 \end{matrix} = -6, (5,2) = \begin{matrix} -2 & 18 & 23 \\ 20 & -5 & 24 \\ -6 & 26 & 19 \end{matrix} = -6, (5,3) = \begin{matrix} 18 & 23 & 7 \\ -5 & 24 & 2 \\ 26 & 19 & 3 \end{matrix} = -5$$

$$(5,4) = \begin{matrix} 23 & 7 & 0 \\ 24 & 2 & 4 \\ 19 & 3 & 8 \end{matrix} = 0, (5,5) = \begin{matrix} 17 & 10 & 5 \\ 2 & 4 & 6 \\ 3 & 8 & 1 \end{matrix} = 0, (5,6) = \begin{matrix} 7 & 0 & 5 \\ 4 & 6 \\ 8 & 1 \end{matrix} = 0$$

$$(6,1) = \begin{matrix} 20 & -5 \\ -6 & 26 \end{matrix} = -6, (6,2) = \begin{matrix} 20 & -5 & 24 \\ -6 & 26 & 19 \end{matrix} = -6, (6,3) = \begin{matrix} -5 & 24 & 2 \\ 26 & 19 & 3 \end{matrix} = -5$$

$$(6,4) = \begin{matrix} 24 & 2 & 4 \\ 19 & 3 & 8 \end{matrix} = 2, (6,5) = \begin{matrix} 2 & 4 & 6 \\ 3 & 8 & 1 \end{matrix} = 1, (6,6) = \begin{matrix} 4 & 6 \\ 8 & 1 \end{matrix} = 1$$

$$\text{ero}_- \beta I = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 9 & 9 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 9 & 9 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$(1,1) = \begin{matrix} 30 & -19 \\ -17 & 27 \end{matrix} = -19, (1,2) = \begin{matrix} 15 & -4 & -14 \\ -2 & 12 & 2 \end{matrix} = -14, (1,3) = \begin{matrix} -19 & 1 & 6 \\ 27 & -13 & 16 \end{matrix} = 49$$

$$(1,4) = \begin{matrix} 14 & 21 & -1 \\ 2 & 1 & 18 \end{matrix} = -14, (1,5) = \begin{matrix} 6 & 14 & 4 \\ 16 & 3 & 20 \end{matrix} = 7, (1,6) = \begin{matrix} -1 & 19 \\ 18 & 5 \end{matrix} = -1$$

$$(2,1) = \begin{matrix} 15 & -4 \\ -2 & 12 \end{matrix} = 4, (2,2) = \begin{matrix} 30 & -19 & 1 \\ -17 & 27 & -13 \end{matrix} = -17, (2,3) = \begin{matrix} -4 & -14 & 21 \\ 12 & 2 & 1 \end{matrix} = -18$$

$$(2,4) = \begin{matrix} 1 & 6 & 4 \\ -13 & 16 & 3 \end{matrix} = -13, (2,5) = \begin{matrix} 21 & -1 & 19 \\ 1 & 18 & 5 \end{matrix} = -1, (2,6) = \begin{matrix} 14 & 4 \\ 2 & 20 \end{matrix} = 0$$

$$(3,1) = \begin{matrix} -17 & 27 \\ 26 & -11 \end{matrix} = -17, (3,2) = \begin{matrix} -2 & 12 & 2 \\ 11 & 4 & -10 \end{matrix} = -18, (3,3) = \begin{matrix} 27 & -13 & 16 \\ -11 & -3 & 2 \end{matrix} = -13$$

$$(3,4) = \begin{matrix} 2 & 1 & 18 \\ -18 & 17 & 7 \end{matrix} = -18, (3,5) = \begin{matrix} 16 & 3 & 20 \\ 2 & 22 & 0 \end{matrix} = 10, (3,6) = \begin{matrix} 18 & 5 \\ 7 & 15 \end{matrix} = -5$$

$$(4,1) = \begin{matrix} 11 & 4 \\ 3 & 8 \end{matrix} = 0, (4,2) = \begin{matrix} 26 & -11 & 3 \\ -12 & 23 & 13 \end{matrix} = -15, (4,3) = \begin{matrix} 4 & -18 & 17 \\ 8 & 28 & -3 \end{matrix} = -18$$

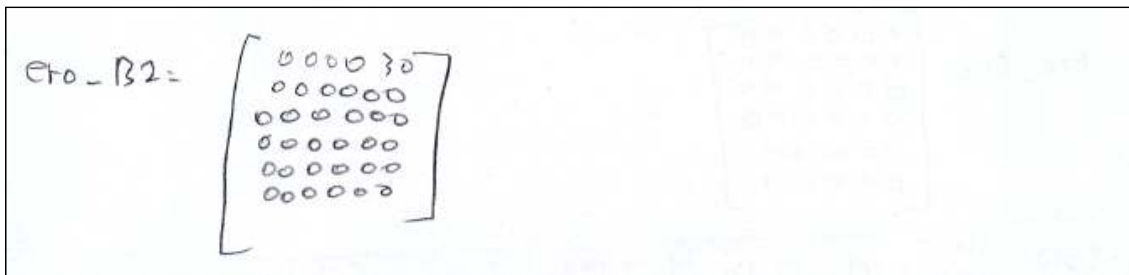
$$(4,4) = \begin{matrix} -3 & 2 & 22 \\ 13 & 12 & -10 \end{matrix} = -10, (4,5) = \begin{matrix} 17 & 7 & 15 \\ -3 & 5 & -5 \end{matrix} = -6, (4,6) = \begin{matrix} 22 & 0 \\ -10 & 10 \end{matrix} = -10$$

$$(5,1) = \begin{matrix} -12 & 23 \\ 25 & -15 \end{matrix} = -16, (5,2) = \begin{matrix} 3 & 8 & 28 \\ 10 & 0 & 14 \end{matrix} = -1, (5,3) = \begin{matrix} 23 & 13 & 12 \\ -15 & 29 & -8 \end{matrix} = -15$$

$$(5,4) = \begin{matrix} 28 & -3 & 5 \\ 14 & 7 & -6 \end{matrix} = -17, (5,5) = \begin{matrix} 12 & -10 & 10 \\ -8 & 9 & -4 \end{matrix} = -10, (5,6) = \begin{matrix} 5 & -5 \\ -6 & 11 \end{matrix} = -9$$

$$(6,1) = \begin{matrix} 10 & 0 \\ -1 & 16 \end{matrix} = -1, (6,2) = \begin{matrix} 25 & -15 & 29 \\ -16 & 31 & 9 \end{matrix} = -16, (6,3) = \begin{matrix} 0 & 14 & 0 \\ 16 & 24 & -7 \end{matrix} = -7$$

$$(6,4) = \begin{matrix} 29 & -8 & 9 \\ 9 & 8 & -2 \end{matrix} = -8, (6,5) = \begin{matrix} 7 & -6 & 11 \\ -7 & 13 & 9 \end{matrix} = -9, (6,6) = \begin{matrix} 21 & -4 \\ -2 & 6 \end{matrix} = -4$$



- Implement the code for grayscale dilation and erosion by yourself, and then apply your code into exercise 11.

```
function output = func_dilation_gray(inputA, inputB)
    a_size = size(inputA);
    b_size = size(inputB);

    w_pad = floor(b_size(1)/2);
    h_pad = floor(b_size(2)/2);
    temp = ones(a_size(1) + (w_pad*2), a_size(2) + (h_pad*2)).*-256;

    temp(w_pad+1:a_size(1)+w_pad, h_pad+1:a_size(2)+h_pad) = inputA;

    output = inputA;

    for i = w_pad+1 : a_size(1)+w_pad
        for j = h_pad+1 : a_size(2)+h_pad
            value = max(max((temp(i-w_pad:i+w_pad, j-h_pad:j+h_pad) + inputB)));
            if value > 255
                value = 255;
            end
            output(i-w_pad,j-h_pad) = value;
        end
    end
end
```

grayscale에 대한 dilation을 구현한다. 우선 1로 패딩을 한 다음, 패딩되는 값에 -256을 곱하여 반드시 패딩 값은 최솟값이 되도록 한다. 그리고 A의 각 픽셀들에 대하여 inputB와 더한 뒤, 그 mask 중 최댓값을 찾아 이를 결과의 픽셀 값으로 준다. 단, 255를 넘어가는 값에 대해서는 255로 정해준다.


```

function output = func_erosion_gray(inputA, inputB)
    a_size = size(inputA);
    b_size = size(inputB);

    w_pad = floor(b_size(1)/2);
    h_pad = floor(b_size(2)/2);
    temp = ones(a_size(1) + (w_pad*2), a_size(2) + (h_pad*2)).*256;

    temp(w_pad+1:a_size(1)+w_pad, h_pad+1:a_size(2)+h_pad) = inputA;

    output = inputA;

    for i = w_pad+1 : a_size(1)+w_pad
        for j = h_pad+1 : a_size(2)+h_pad
            value = min(min((temp(i-w_pad:i+w_pad, j-h_pad:j+h_pad) - inputB)));
            if value < 0
                value = 0;
            end
            output(i-w_pad,j-h_pad) = value;
        end
    end
end

```

grayscale에 대한 erosion을 구현한다. 역시 1로 패딩을 한 다음, 256으로 만들어 절대로 패딩 된 값이 최솟값이 되지 않도록 한다. 그리고 A의 각 픽셀들에 대해서 inputB를 뺀 값들 중 최솟값을 찾아 결과의 픽셀 값에 넣는다. 단, 결과 값이 음수라면 0으로 강제 잘라내기를 한다.

```

ans =

    45    45    42    36    36    35
    45    45    42    37    37    37
    42    43    43    43    37    37
    41    44    44    44    37    37
    46    46    46    44    28    28
    46    46    46    44    28    28

ans =

    40    55    46    41    46    45
    55    40    52    46    47    44
    37    52    53    47    43    47
    51    53    54    53    47    40
    41    56    53    54    38    35
    56    49    56    49    34    38

```

magic(6)와 B1, B2에 대한 dilation결과

```

ans =

    0    0    0    0    9    9
    0    0    0    0    9    9
    0    0    0    0    0    0
    0    0    0    0    0    0
    0    0    0    0    0    0
    0    0    0    2    1    1

ans =

    0    0    0    0    3    0
    0    0    0    0    0    0
    0    0    0    0    0    0
    0    0    0    0    0    0
    0    0    0    0    0    0
    0    0    0    0    0    0

```

magic(6)와 B1, B2에 대한 erosion 결과

4. (MATLAB) Exercise 12

- Perform the grayscale dilation, erosion, opening, and closing using your own code implemented in homework3 with the images of exercise 12

```

function output = func_closing_gray(inputA, inputB)

    dil = func_dilation_gray(inputA, inputB);
    output = func_erosion_gray(dil, inputB);

end

```

```

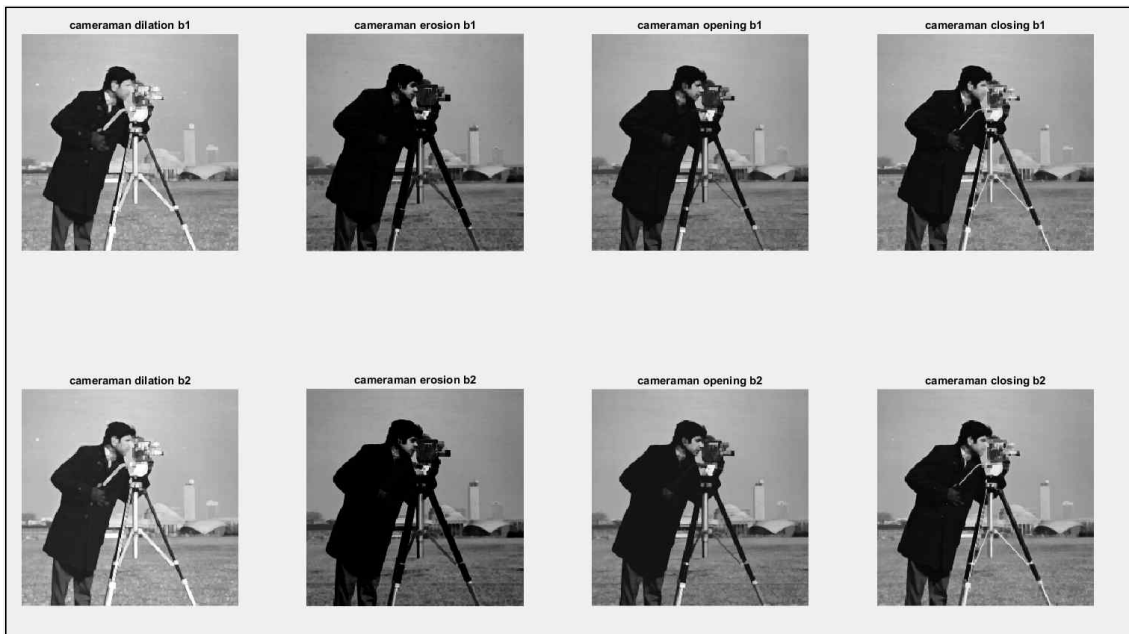
function output = func_opening_gray(inputA, inputB)

    ero = func_erosion_gray(inputA, inputB);
    output = func_dilation_gray(ero, inputB);

end

```

binary와 마찬가지로 erosion과 dilation의 조합을 통해 opening, closing을 구현한다.



cameraman.tif에 대해 dilation, erosion, opening, closing을 구현한 결과이다.