

Đ4. Kỹ thuật lọc ảnh

Quá trình số hoá ảnh thực có thể gây nhiễu cho ảnh số. Nhiễu trong ảnh số đa dạng và phức tạp. Trong phần này ta sẽ hiểu nhiễu là những phần tử ảnh mà giá trị của nó trội so với các phần tử xung quanh. Xét theo tần số, các phần tử nhiễu có tần số cao so với các điểm xung quanh.

Tuy nhiên, có thể thấy rõ là rất khó phân biệt điểm đặc biệt của ảnh với nhiễu. Ví dụ, vết nhăn trên quần áo và vết gấp của ảnh có trước khi số hoá.

Cơ sở để xử lý điểm ảnh bị nhiễu là dùng thông tin của các điểm ảnh lân cận. Thay thế giá trị điểm ảnh cần xử lý bằng tổ hợp giá trị các điểm ảnh lân cận. Việc thay thế dựa trên giả định là các điểm ảnh lân cận có giá trị gần giống với điểm ảnh cần xét.

Về kỹ thuật, người ta sử dụng một mặt nạ di chuyển khắp ảnh gốc. Ở mỗi vị trí của ảnh, tính toán theo các điểm trong mặt nạ và thay vào giá trị cho điểm ở tâm mặt nạ. Theo các loại mặt nạ khác nhau mà có các cách tính khác nhau, tổ hợp giá trị các điểm lân cận điểm được xét

1. Lọc tuyến tính

Công thức tính giá trị mới cho điểm ảnh tại (x,y):

$$G(x,y) = W_1M_1 + W_2M_2 + W_3M_3 + W_4M_4 + W_5M_5 + W_6M_6 + W_7M_7 + W_8M_8 + W_9M_9$$

trong đó W_k , M_k là các ma trận

$$W = \begin{bmatrix} W_1 & W_2 & W_3 \\ W_4 & W_5 & W_6 \\ W_7 & W_8 & W_9 \end{bmatrix} \quad M = \begin{bmatrix} M_1 & M_2 & M_3 \\ M_4 & M_5 & M_6 \\ M_7 & M_8 & M_9 \end{bmatrix}$$

Đặt mặt nạ sao cho tâm của mặt nạ, M_5 trùng với điểm (x,y), khi này M_1 trùng với điểm (x-1, y-1), M_9 trùng với điểm (x+1,y+1). Khi này $W_5 = f(x,y)$; $W_1 = f(x-1,y-1)$,

$$W = \begin{bmatrix} W_1 & W_2 & W_3 \\ W_4 & W_5 & W_6 \\ W_7 & W_8 & W_9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f(x-1,y-1) & f(x,y-1) & f(x+1,y-1) \\ f(x-1,y) & f(x,y) & f(x+1,y) \\ f(x-1,y+1) & f(x,y+1) & f(x+1,y+1) \end{bmatrix}$$

Một số mặt nạ thường được sử dụng:

$$H_1 = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$H_2 = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$H_3 = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Kỹ thuật thực hiện:

7	7	7	7	7	7	7	7	7	6
6	6	6	6	7	7	7	7	7	7
5	5	5	6	7	7	7	7	7	7
5	5	5	6	7	1	1	7	7	7
4	4	5	6	7	7	7	7	7	7
4	4	5	6	6	7	7	7	6	6
3	3	4	5	6	7	7	7	6	6
4	4	5	6	7	7	0	7	6	6
4	4	5	6	7	7	7	7	6	6
4	4	5	6	7	7	7	7	6	6

ảnh gốc I

Tính g(6,4) theo H1:

Các giá trị trong cửa sổ khi đặt tâm cửa sổ vào điểm (6,4), hàng 4, cột 6:

7 7 7
7 7 1
7 7 7

$$\begin{aligned} G(4,6) &= \\ [(7+7+7+7+1+1+7+7+7)/9] &= \\ = [51/9] &= \\ = [5.66] &= \\ = 6 \end{aligned}$$

7	7	7	7	7	7	7	7	7	6
6	6	6	6	7	7	7	7	7	7
5	5	5	6	7	7	7	7	7	7
5	5	5	6	7	7	1	7	7	7
4	4	5	6	7	7	7	7	7	7
4	4	5	6	6	7	7	7	6	6
3	3	4	5	6	7	7	7	6	6
4	4	5	6	7	7	0	7	6	6
4	4	5	6	7	7	7	7	6	6
4	4	5	6	7	7	7	7	6	6

ảnh gốc I

7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
6	6	6	6	7	7	7	7	7	7
5	5	6	6	7	6	6	6	7	7
5	5	5	6	7	6	6	6	7	7
4	5	5	6	7	6	6	6	7	7
4	4	5	6	6	7	7	7	7	6
4	4	5	6	6	6	6	6	6	6
4	4	5	6	6	6	6	6	6	6
4	4	5	6	7	6	6	6	6	6
4	4	5	6	7	7	7	7	6	6

ảnh I qua mặt nạ H1

7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
6	6	6	6	7	7	7	7	7	7
5	5	6	6	7	6	6	6	7	7
5	5	5	6	7	6	6	6	7	7
4	5	5	6	7	6	6	6	7	7
4	4	5	6	6	7	7	7	7	6
4	4	5	6	6	6	6	6	6	6
4	4	5	6	7	6	6	6	6	6
4	4	5	6	7	6	6	6	6	6
4	4	5	6	7	6	6	6	6	6

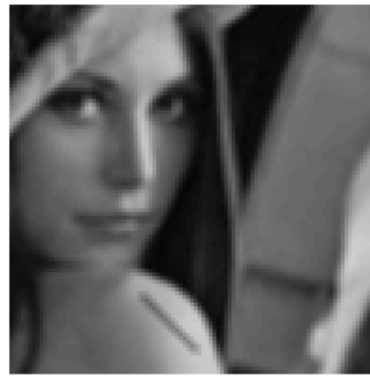
7	7	7	7	7	7	7	7	7	6
6	6	6	6	7	7	7	7	7	7
5	5	5	6	7	7	6	7	7	7
5	5	5	6	7	6	6	6	7	7
4	4	5	6	7	7	6	7	7	7
4	4	5	6	6	7	7	7	6	6
4	4	5	5	6	6	6	6	6	6
4	4	5	6	7	6	6	6	6	6
4	4	5	6	7	7	6	6	6	6
4	4	5	6	7	7	6	6	6	6

4 4 5 6 7 7 7 6 6
 ảnh I qua mặt nạ H2

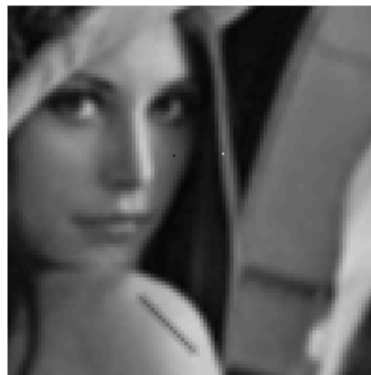
4 4 5 6 7 7 7 6 6
 ảnh I qua mặt nạ H3



A)
 Hình A) ảnh gốc;

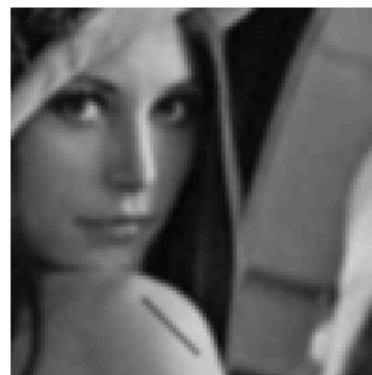


B)
 B) ảnh qua lọc H_1



C

Hình C) ảnh lọc qua H_2



D

D) ảnh lọc qua H_3

2. Lọc phi tuyến

Kỹ thuật lọc phi tuyến coi một điểm ảnh kết quả không phải là tổ hợp tuyến tính của các điểm lân cận. Bộ lọc phi tuyến thường dùng là lọc trung vị.

a. Lọc trung vị

Khái niệm

Phần tử b của dãy có $2m+1$ phần tử

$$x_1, x_2, \dots, x_m, x_{m+1}, x_{m+2}, \dots, x_{2m}, x_{2m+1} \quad (1)$$

được gọi là trung vị nếu có m phần tử lớn hơn hoặc bằng b và m phần tử nhỏ hơn hoặc bằng b .

Ví dụ 1:

Dãy $\{1, 2, 9, 5, 4\}$ có trung vị bằng 4, vì có 2 phần tử $\{1, 2, 9, 5, \boxed{4}\}$ bé hơn và 2 phần tử $\{\underline{1}, \underline{2}, \textcolor{red}{9}, \textcolor{red}{5}, 4\}$ lớn hơn.

Ví dụ 2:

Dãy $\{15, 17, 18, 16, 78, 17, 17, 15, 20\}$ có trung vị bằng $\boxed{17}$, vì có 4 phần tử (viết nhỏ hơn và gạch chân) bé hơn hoặc bằng

$$\{\underline{15}, \underline{17}, 18, \underline{16}, 78, 17, \boxed{17}, \underline{15}, 20\}$$

và 4 phần tử (được đánh dấu bằng màu đỏ) lớn hơn hoặc bằng:

$$\{\underline{15}, \underline{17}, \textcolor{red}{18}, \underline{16}, \textcolor{red}{78}, \textcolor{red}{17}, \boxed{17}, \underline{15}, \textcolor{red}{20}\}$$

Thuật toán:

Di chuyển một cửa sổ 3×3 trên mặt phẳng ảnh, từ trái qua phải, từ trên xuống dưới. Mỗi lần di chuyển một cột — từ trái qua phải, hết một hàng, di chuyển một hàng — từ trên xuống dưới.

Tại mỗi vị trí, xét 9 phần tử ảnh trong cửa sổ, thay thế phần tử ở giữa bằng trung vị của 9 phần tử trong cửa sổ.

Ngoài cửa sổ 3×3 có thể sử dụng cửa sổ kích thước 5×5 hoặc 7×7 . Thủ tục lọc có thể được thực hiện nhiều lần, cho đến khi thủ tục lọc không làm thay đổi ảnh. Thông thường, cửa sổ 3×3 hay được lựa chọn để sử dụng.

Ví dụ 3:

	Cột x		
Hàng y	15	17	18
	16	78	17
	17	15	20

Đặt cửa sổ sao cho tâm trùng với điểm (x,y) . Giá trị của phần tử ảnh tại (x,y) là 78. Các phần tử ảnh trong cửa sổ có giá trị lập thành dãy

15, 17, 18, 16, 78, 17, 17, 15, 20

Theo ví dụ trên, trung vị của dãy này là 17. Giá trị mới của phần tử ảnh tại điểm (x,y) sẽ là 17.

	Cột x		
	15	17	18
Hàng y	16	17	17
	17	15	20

Kỹ thuật thực hiện:

- a) Sắp xếp thành một dãy X tăng dần hoặc giảm dần các giá trị lấy được trong cửa sổ:

15	15	16	17	17	17	18	20	78
1	2	3	4	5	6	7	8	9

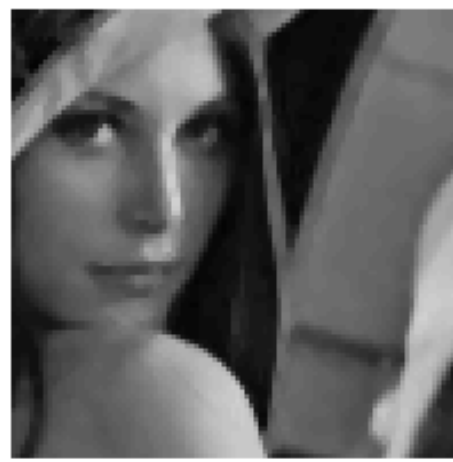
- b) Đặt lại $f(x,y) := X(5)$

Lưu ý rằng ảnh mới qua xử lý khác với ảnh gốc.



E

Hình E) ảnh gốc



F

F) ảnh qua lọc trung vị

b. Lọc giả trung vị

Với lọc trung vị, số lượng tính toán khá lớn (có thể bằng số mũ của kích thước cửa sổ lọc). Vì vậy, để khắc phục nhược điểm này, người ta dùng một phương pháp khác lọc giả trung vị (Pseudo —

Median Filter). Thí dụ với dãy số: a, b, c, d, e lọc giả trung vị được định nghĩa như sau:

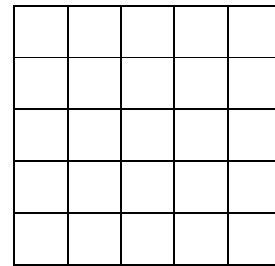
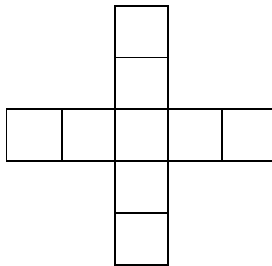
$$\text{Giả trung vị}(a,b,c,d,e) = \frac{1}{2} \left\{ \text{MAX}[\text{Min}(a,b,c), \text{Min}(b,c,d), \text{Min}(c,d,e)] + \text{MIN}[\text{Max}(a,b,c), \text{Max}(b,c,d), \text{Max}(c,d,e)] \right\}$$

Thuật toán:

1. Lấy các phần tử trong cửa sổ ra mảng một chiều (L phần tử).
2. Tìm min của lần lượt các chuỗi con rồi lấy max: gọi m1 là giá trị này.
3. Tìm max của lần lượt các chuỗi con rồi lấy min: gọi m2 là giá trị tìm được.
4. Gán giá trị điểm đang xét là trung bình cộng của m1 và m2.

Lọc giả trung vị có nhiều điểm giống như lọc trung vị. Dãy lấy ra không cần sắp xếp và giá trị gọi là trung vị lại được tính theo trung bình cộng của max của min và min của max.

Hai loại mặt nạ hay dùng là mặt nạ vuông và mặt nạ chữ thập. Thực tế, mặt nạ vuông không làm biến dạng ảnh mà lại hiệu quả. Tuy nhiên trong lọc giả trung vị, mặt nạ chữ thập cho kết quả khả quan hơn nhiều.



a) Mặt nạ chữ thập

b) Mặt nạ vuông 5 x5

Các kỹ thuật lọc trình bày trên là lọc thông thấp. Nó được dùng để lọc nhiễu.

Ngoài lọc thông thấp, người ta còn sử dụng lọc thông cao. Lọc thông cao dùng để làm nổi bật các chi tiết có tần số thấp. Các phần tử có tần số không gian cao sẽ sáng hơn, còn các phần tử có tần số không gian thấp sẽ đen đi. Kỹ thuật lọc thông cao cũng được thực hiện nhờ thao tác nhân chập. Các mặt nạ hay được dùng như:

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

Bài 2. Nâng cao chất lượng ảnh.

Nâng cao chất lượng ảnh là một bước quan trọng, tạo tiền đề cho xử lý ảnh. Mục đích chính là làm nổi bật một số đặc tính của ảnh như thay đổi độ tương phản, lọc nhiễu, nổi biên, làm trơn ảnh, khuếch đại ảnh,...

I. Cải thiện ảnh dùng toán tử điểm

Toán tử điểm là toán tử không bộ nhớ, ở đó một mức xám $u \in [0, N]$ được ánh xạ sang một mức xám $v \in [0, N]$: $v=f(u)$. ánh xạ f tùy theo các ứng dụng khác nhau có các dạng khác nhau:

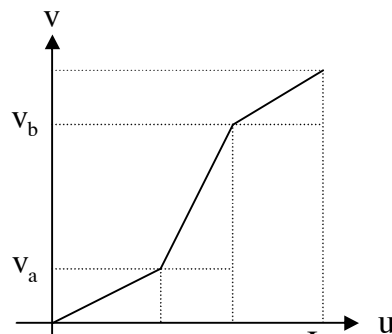
- Tăng độ tương phản.
- Tách nhiễu phân ngưỡng.
- Biến đổi âm bản.
- Cắt theo mức.
- Trích chọn bit.
- Trừ ảnh.
- Nén dải độ sáng.

1. Tăng độ tương phản.

Độ tương phản biểu diễn sự thay đổi độ sáng của đối tượng so với nền, hay nói cách khác, độ tương phản là độ nổi của điểm ảnh hay vùng ảnh so với nền.

ảnh số là tập hợp các điểm, mà mỗi điểm có giá trị độ sáng khác nhau. ở đây, độ sáng để mắt người dễ cảm nhận ảnh song không phải là quyết định. Thực tế chỉ ra rằng hai đối tượng có cùng độ sáng nhưng đặt trên hai nền khác nhau sẽ cho cảm nhận khác nhau. Vì vậy, ta có thể thay đổi độ tương phản của ảnh sao cho phù hợp.

Để điều chỉnh độ tương phản của ảnh, ta điều chỉnh biên độ của ảnh trên toàn dải hay trên dải có giới hạn bằng cách biến đổi tuyến tính biên độ đầu vào (dùng hàm biến đổi là hàm tuyến tính) hay phi tuyến (hàm mũ hay hàm logarit). Khi dùng hàm tuyến tính các độ dốc α , β , γ phải chọn lớn hơn 1 trong miền cần giãn. Các cận a , b có thể chọn khi xem xét lược đồ xám của ảnh.



$$f(u) = \begin{cases} \alpha u & 0 \leq u < a \\ \beta(u-a) + v_a & a \leq u < b \\ \gamma(u-b) + v_b & b \leq u \leq L \end{cases}$$

Chú ý: Nếu giãn độ tương phản bằng hàm tuyến tính ta có:

$\alpha = \beta = \gamma$ ảnh kết quả trùng với ảnh gốc.

$\alpha, \beta, \gamma > 1$ giãn độ tương phản.

$\alpha, \beta, \gamma < 1$ co độ tương phản.

Hàm mũ hay dùng giãn độ tương phản có dạng

$F = (X[m,n])^p$; p thường chọn bằng 2

2. Tách nhiễu và phân ngưỡng.

$$f(u) = \begin{cases} 0 & 0 \leq u < a \\ \alpha u & a \leq u < b \\ L & b \leq u \end{cases}$$

Tách nhiễu là trường hợp đặc biệt của giãn độ tương phản khi hệ số góc $\alpha = \gamma = 0$. Tách nhiễu được ứng dụng trong trường hợp khi biết tín hiệu nằm trên khoảng $[a, b]$.

Phân ngưỡng là trường hợp đặc biệt của tách nhiễu khi $a = b = \text{const}$. Trong trường hợp này ảnh đầu ra là ảnh nhị phân (vì chỉ có hai mức). Phân ngưỡng hay dùng trong kỹ thuật in ảnh hai màu vì ảnh gần nhị phân không thể cho ra ảnh nhị phân khi quét ảnh bởi có sự xuất hiện của nhiễu do bộ cảm biến và sự biến đổi của nền. Thí dụ như trường hợp ảnh như sau.

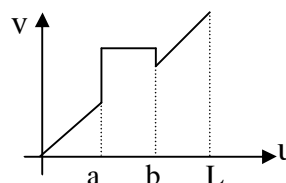
3. Biến đổi âm bản.

$$f(u) = L - u$$

Biến đổi âm bản rất có ích khi hiện các ảnh Y học.

4. Cắt theo mức.

Kỹ thuật này dùng hai phép ánh xạ khác nhau cho trường hợp có nền và không nền.

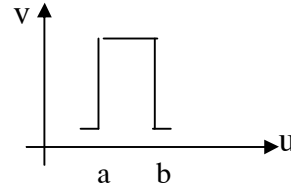


Có nền

$$f(u) = \begin{cases} L & a \leq u \leq b \\ u & \text{Khac di} \end{cases}$$

Không nền

$$f(u) = \begin{cases} L & a \leq u \leq b \\ 0 & \text{Khac di} \end{cases}$$



Biến đổi này cho phép phân đoạn một số mức xám từ phần còn lại của ảnh. Nó hữu dụng khi nhiều đặc tính khác nhau của ảnh nằm trên nhiều miền mức xám khác nhau.

5. Trích chọn bit.

Mỗi điểm ảnh được mã hoá trên B bit. Nếu B=8 có ảnh $2^8=256$ mức xám (ảnh nhị phân ứng với B=1). Trong các bit mã hoá này, người ta chia làm hai loại: bit bậc thấp và bit bậc cao. Với bit bậc cao, độ bảo toàn thông tin cao hơn nhiều so với bit bậc thấp.

$$U = k_1 2^{B-1} + k_2 2^{B-2} + \dots + k_{B-1} 2 + k_B$$

Nếu ta muốn trích chọn bit thứ n và hiện chúng, ta dùng biến đổi:

$$f(u) = \begin{cases} L & \text{neu } k_n = 1 \\ 0 & \text{Khac di} \end{cases}$$

6. Trừ ảnh

Trừ ảnh dùng để tách nhiễu khỏi nền. Ta quan sát ảnh ở hai thời điểm khác nhau, so sánh chúng để tìm ra sự khác nhau, sau đó dóng thẳng hai ảnh rồi trừ đi và thu được ảnh mới. ảnh mới đó chính là sự khác nhau. Kỹ thuật này hay được dùng trong dự báo thời tiết hay trong y học.

7. Nén dải độ sáng

Đôi khi do dải động của ảnh lớn, việc quan sát không thuận tiện, cần phải thu nhỏ dải độ sáng lại mà người ta gọi là nén dải độ sáng. Người ta dùng phép biến đổi Loga sau: $v(m,n) = c \log_{10} (\delta + u(m,n))$

Với c là hằng số tỷ lệ, δ rất nhỏ so với $u(m,n)$. Thường δ chọn cỡ 10^{-3} .

II. Cải thiện ảnh dùng toán tử không gian

Cải thiện ảnh là làm cho ảnh có chất lượng tốt hơn theo ý đồ sử dụng. Thường là ảnh thu nhận có nhiều cần phải loại bỏ nhiễu hay ảnh không sắc nét bị mờ hoặc cần làm rõ các chi tiết như biên.

Các toán tử không gian dùng trong kỹ thuật tăng cường ảnh được phân theo nhóm theo công dụng: làm trơn nhiễu, nổi biên. Để làm trơn nhiễu hay tách nhiễu người ta sử dụng các bộ lọc tuyến tính (lọc trung bình, thông thấp) hay lọc phi tuyến (trung vị, giả trung vị, lọc đồng hình). Do bản chất của nhiễu ứng với tần số cao và cơ sở lý thuyết của bộ lọc là bộ lọc chỉ cho tín hiệu có tần số nào đó thông qua (dải tần bộ lọc). Do vậy để lọc nhiễu ta dùng lọc thông thấp (theo quan điểm tần số không gian) hay lấy tổ hợp tuyến tính để san bằng (lọc trung bình). Để làm nổi cạnh (ứng với tần số cao), người ta dùng các bộ lọc thông cao, Laplace.

1. Làm trơn nhiễu bằng lọc tuyến tính, lọc trung bình và lọc dải thông thấp

a) Lọc trung bình không gian

Mỗi điểm ảnh được thay thế bằng lọc trung bình trọng số của các điểm lân cận:

$$v(m,n) = \sum \sum_{(k,l) \in w} a(k,l)y(m-k,n-l)$$

Nếu ta dùng các trọng số như nhau, công thức trở thành.

$$v(m,n) = \frac{1}{N_w} \sum \sum_{(k,l) \in w} y(m-k,n-l)$$

Với $a_{kl} = \frac{1}{N_w}$; N_w : là số điểm ảnh trong cửa sổ lọc.

$y(m,n)$: ảnh đầu vào.

$v(m,n)$: ảnh đầu ra.

$w(m,n)$: cửa sổ lọc

$a(m,n)$: trọng số lọc

Lọc trung bình có trọng số chính là thực hiện chập ảnh đầu vào với nhân chập H. Nhân chập H trong trường hợp này có dạng:

$$H = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$