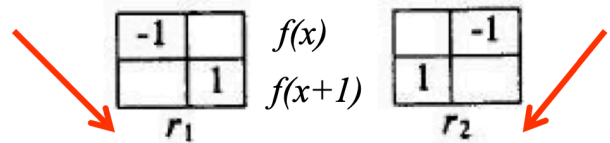


(a) Robert's Operator: 12



先將 pixel 值設為 0，如果做完下圖的 gradient 矩陣運算後小於所設的門檻(12)，則將值改為 255。

$$f'(x) \approx f(x+1) - f(x)$$



$$\text{gradient magnitude: } \sqrt{r_1^2 + r_2^2}$$

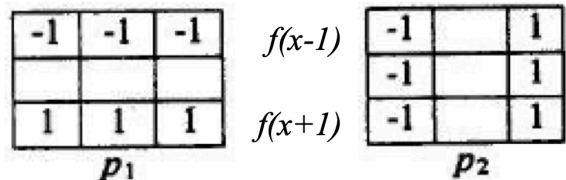
(b) Prewitt's Edge Detector: 24



先將 pixel 設為 0，用下圖陣列做 mask，周遭乘完算 gradient，小於所設門檻(24)則 pixel 值改為 255。

$$f'(x) \approx f(x+1) - f(x-1)$$

**Threshold=24**



$$\text{gradient magnitude: } \sqrt{p_1^2 + p_2^2}$$

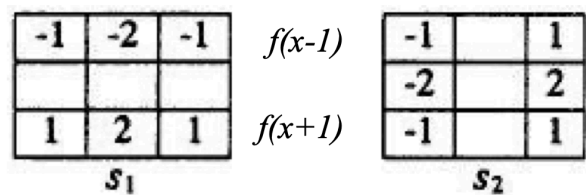
(c) Sobel's Edge Detection: 38



初始 pixel 設為 0，用下圖陣列做 mask，周遭乘完算 gradient，小於所設的門檻(38)則 pixel 值改為 255。

$$f'(x) \approx f(x+1) - f(x-1)$$

**Threshold=38**



$$\text{gradient magnitude: } \sqrt{s_1^2 + s_2^2}$$

(d) Frei and Chen's Gradient Operator: 30



初始 pixel 設為 0，用下圖陣列做 mask，周遭乘完算 gradient，小於所設的門檻(30)則 pixel 值改為 255。

$$f(x-1) \begin{bmatrix} -1 & -\sqrt{2} & -1 \\ & & \\ 1 & \sqrt{2} & 1 \end{bmatrix} \quad f_1 \quad \begin{bmatrix} -1 & & 1 \\ -\sqrt{2} & & \sqrt{2} \\ -1 & & 1 \end{bmatrix} \quad f_2$$

gradient magnitude:  $\sqrt{f_1^2 + f_2^2}$   $f'(x) \approx f(x+1) - f(x-1)$

(e) Kirsch's Compass Operator: 135



初始 pixel 設為 0，用下圖陣列做 mask，輪流將周遭乘完算 gradient，取最大值最為代表。小於所設的門檻(135)則 pixel 值改為 255。

$$\begin{matrix} \begin{bmatrix} -3 & -3 & 5 \\ -3 & & 5 \\ -3 & -3 & 5 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} -3 & 5 & 5 \\ -3 & & 5 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 5 & 5 & 5 \\ -3 & & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 5 & 5 & -3 \\ 5 & & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix} \\ k_0 & k_1 & k_2 & k_3 \\ \begin{bmatrix} 5 & -3 & -3 \\ 5 & & -3 \\ 5 & -3 & -3 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ 5 & & -3 \\ 5 & 5 & -3 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & & -3 \\ 5 & 5 & 5 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & & 5 \\ -3 & 5 & 5 \end{bmatrix} \\ k_4 & k_5 & k_6 & k_7 \end{matrix}$$

gradient magnitude:  $\max_{n,n=0,\dots,7} k_n$

169	169	146
169	169	146
104	104	104

(f) Robinson's Compass Operator: 43



初始 pixel 設為 0，用下圖陣列做 mask，輪流將周遭乘完算 gradient，取最大值最為代表。小於所設的門檻 (43)則 pixel 值改為 255。

<table><tr><td>-1</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>-2</td><td></td><td>2</td></tr><tr><td>-1</td><td></td><td>1</td></tr></table> $r_0$	-1		1	-2		2	-1		1	<table><tr><td></td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td>-1</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>-2</td><td>-1</td><td></td></tr></table> $r_1$		1	2	-1		1	-2	-1		<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>-1</td><td>-2</td><td>-1</td></tr></table> $r_2$	1	2	1				-1	-2	-1	<table><tr><td>2</td><td>1</td><td></td></tr><tr><td>1</td><td></td><td>-1</td></tr><tr><td></td><td>-1</td><td>-2</td></tr></table> $r_3$	2	1		1		-1		-1	-2
-1		1																																					
-2		2																																					
-1		1																																					
	1	2																																					
-1		1																																					
-2	-1																																						
1	2	1																																					
-1	-2	-1																																					
2	1																																						
1		-1																																					
	-1	-2																																					
<table><tr><td>1</td><td></td><td>-1</td></tr><tr><td>2</td><td></td><td>-2</td></tr><tr><td>1</td><td></td><td>-1</td></tr></table> $r_4$	1		-1	2		-2	1		-1	<table><tr><td></td><td>-1</td><td>-2</td></tr><tr><td>1</td><td></td><td>-1</td></tr><tr><td>2</td><td>1</td><td></td></tr></table> $r_5$		-1	-2	1		-1	2	1		<table><tr><td>-1</td><td>-2</td><td>-1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr></table> $r_6$	-1	-2	-1				1	2	1	<table><tr><td>-2</td><td>-1</td><td></td></tr><tr><td>-1</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>2</td></tr></table> $r_7$	-2	-1		-1		1		1	2
1		-1																																					
2		-2																																					
1		-1																																					
	-1	-2																																					
1		-1																																					
2	1																																						
-1	-2	-1																																					
1	2	1																																					
-2	-1																																						
-1		1																																					
	1	2																																					

gradient magnitude:  $\max_{n,n=0,\dots,7} r_n$

169	169	146
169	169	146
104	104	104

(g) Nevatia-Babu 5x5 Operator: 12500



100	100	100	100	100
100	100	100	100	100
0	0	0	0	0
-100	-100	-100	-100	-100
-100	-100	-100	-100	-100
0°				

100	100	100	100	100
100	100	100	78	-32
100	92	0	-92	-100
32	-78	-100	-100	-100
-100	-100	-100	-100	-100
30°				

100	100	100	32	-100
100	100	92	-78	-100
100	100	0	-100	-100
100	78	-92	-100	-100
100	-32	-100	-100	-100
60°				

-100	-100	0	100	100
-100	-100	0	100	100
-100	-100	0	100	100
-100	-100	0	100	100
-100	-100	0	100	100
-90°				

-100	32	100	100	100
-100	-78	92	100	100
-100	0	100	0	100
-100	-100	-92	78	100
-100	-100	-100	-32	100
-60°				

100	100	100	100	100
-32	78	100	100	100
-100	-92	0	92	100
-100	-100	-100	-78	32
-100	-100	-100	-100	-100
-30°				

gradient magnitude:  $\max_{n,n=0,\dots,5} N_n$

169	169	169	146	153
169	169	169	146	153
169	169	169	146	153
104	104	104	104	97
130	130	130	120	95

$I(0, 0) =$   
 $N_x = 49400$   $N_y = 45724$   $N_z = 29816$

初始 pixel 設為 0，用右圖陣列作為 mask，輪流將周遭乘完算 gradient，從六個之中取最大值最為代表。最大值小於所設的門檻(12500)則 pixel 值改為 255。