

Przetwarzanie obrazów



Mariusz Borawski
mariusz.borawski@wi.ps.pl

Politechnika Szczecińska
Wydział Informatyki

5 kwiecień, 2004

Materiały

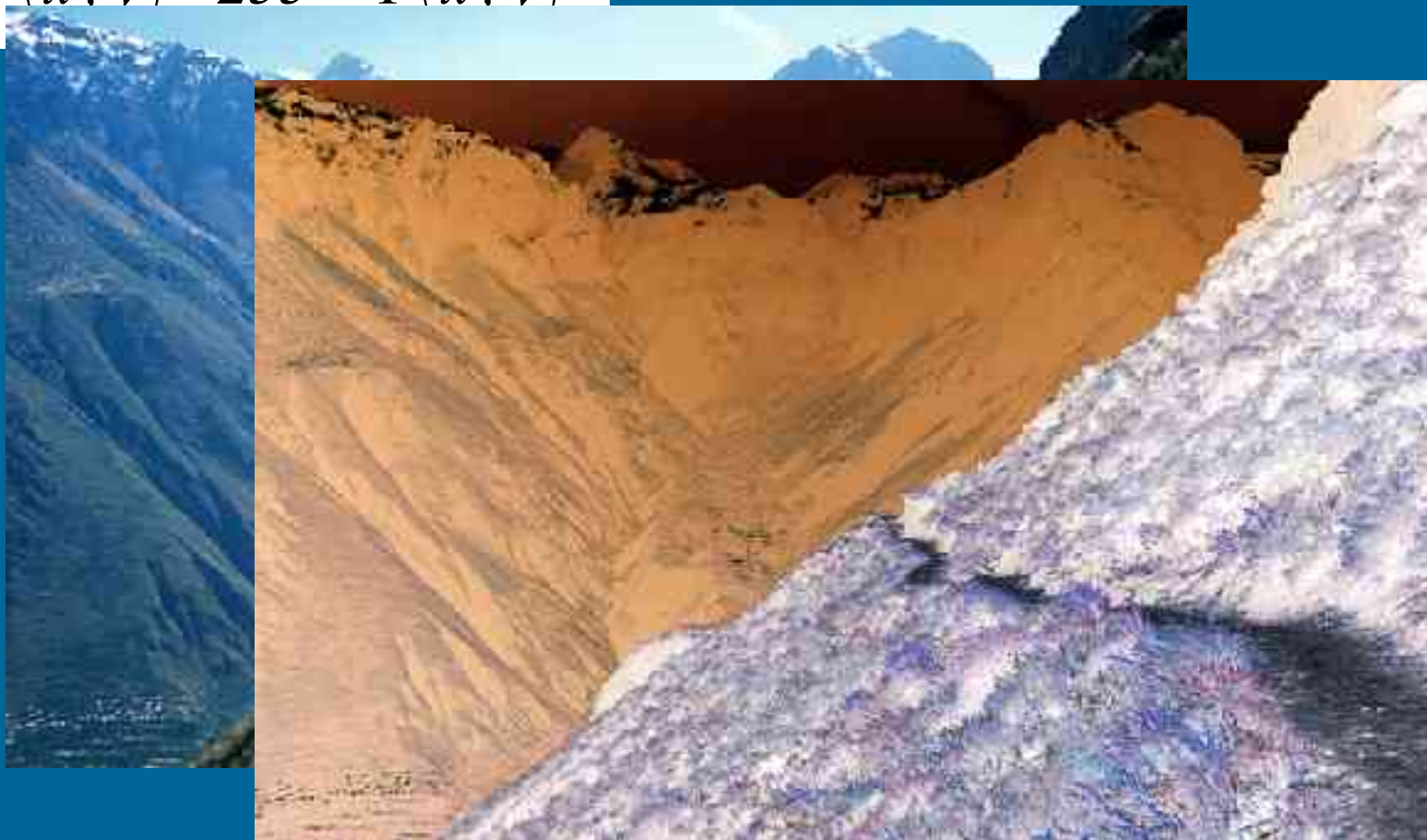
- 1.Brandt S., Analiza danych, Warszawa 1998;
- 2.Kuchariew G., *Przetwarzanie i analiza obrazów cyfrowych*, Szczecin 1997;
- 3.Pratt W., *Digital image processing*, Wiley Interscience Publication, New York 2001.

Lokalne metody obróbki obrazu

Lokalne metody obróbki zmieniają jasności pikseli na podstawie jasności pikseli sąsiednich. Operacje te mają na ogół na celu polepszenie jakości odbioru obrazu, usunięcie szumów, wydobywanie informacji istotnej itd.

Negatyw

$$P'(x, y) = 255 - P(x, y)$$



Progowanie

Progowanie jest operacją mającą na celu zmniejszenie poziomów jasności obrazka. Możemy je podzielić na:

- binarne;
- binarne odwrotne;
- binarne przedziałowe;
- z zachowaniem poziomów jasności;
- wielopoziomowe.

Progowanie binarne

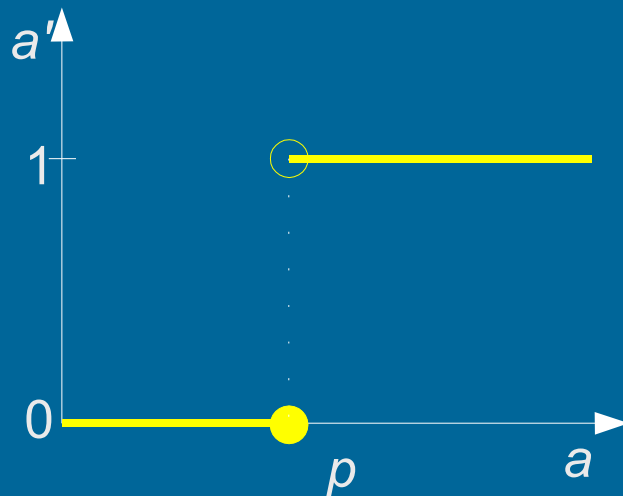
$$a' = \begin{cases} 0 & \text{dla } a \leq p \\ 1 & \text{dla } a > p \end{cases}$$

gdzie

a – jasność piksela obrazka przed progowaniem;

a' – jasność piksela obrazka po progowaniu;

p – próg.



0	4	1	3
5	6	2	6
4	4	1	3
4	1	5	4

$p = 2$

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

Progowanie binarne



Progowanie binarne odwrotne

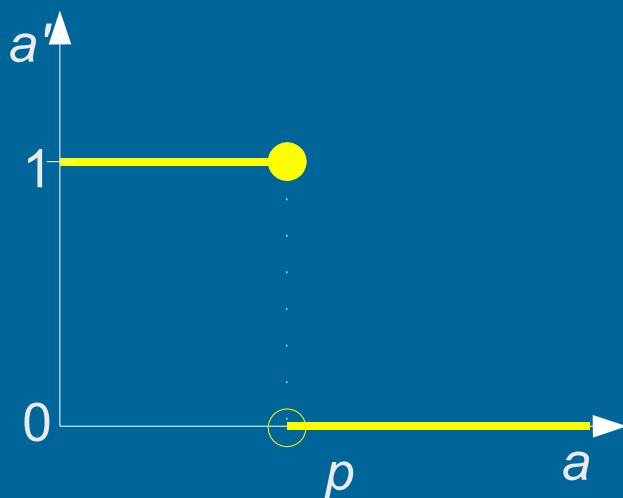
$$a' = \begin{cases} 0 & \text{dla } a > p \\ 1 & \text{dla } a \leq p \end{cases}$$

gdzie

a – jasność piksela obrazka przed progowaniem;

a' – jasność piksela obrazka po progowaniu;

p – próg.



0	4	1	3
5	6	2	6
4	4	1	3
4	1	5	4

$p = 2$
→

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

Progowanie odwrotne binarne



Progowanie binarne przedziałowe

$$a' = \begin{cases} 0 & \text{dla } a < p_1 \vee a > p_2 \\ 1 & \text{dla } p_1 \leq a \leq p_2 \end{cases} \quad \text{lub}$$

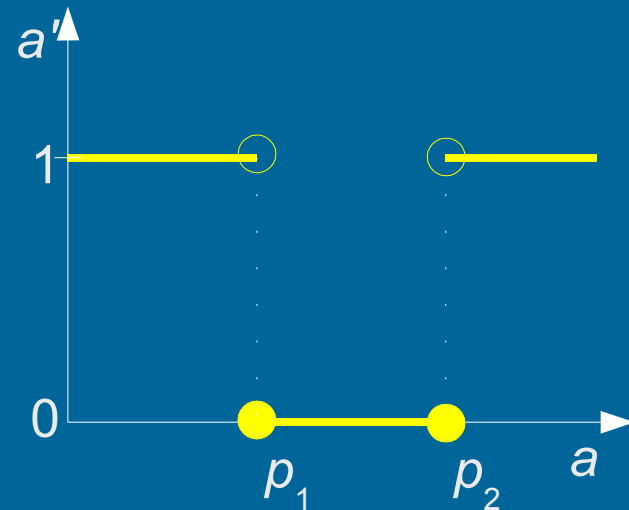
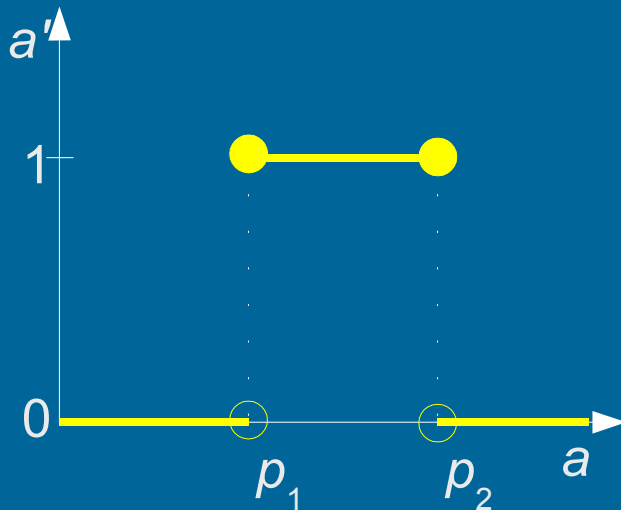
$$a' = \begin{cases} 0 & \text{dla } p_1 \leq a \leq p_2 \\ 1 & \text{dla } a < p_1 \vee a > p_2 \end{cases}$$

gdzie

a – jasność piksela obrazka przed progowaniem;

a' – jasność piksela obrazka po progowaniu;

p_1, p_2 – progi.

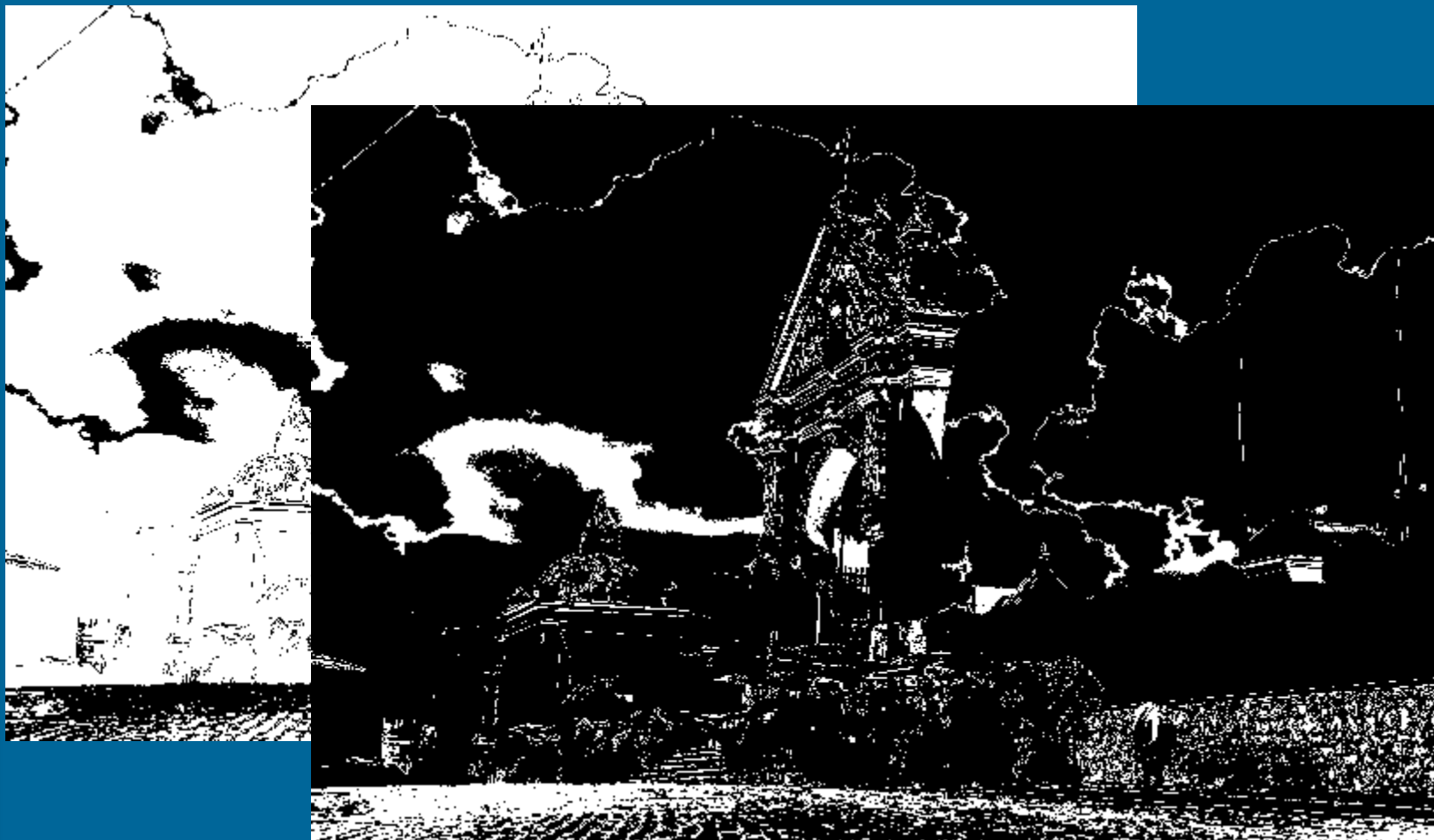


Progowanie binarne przedziałowe

0	4	1	3	$p_1 = 2$ $p_2 = 4$ \rightarrow	0	1	0	1
5	6	2	6		0	0	1	0
4	4	1	3		1	1	0	1
4	1	5	4		1	0	0	1

0	4	1	3	$p_1 = 2$ $p_2 = 4$ \rightarrow	1	0	1	0
5	6	2	6		1	1	0	1
4	4	1	3		0	0	1	0
4	1	5	4		0	1	1	0

Progowanie białe przedziałowe



Progowanie z zachowaniem poziomów szarości

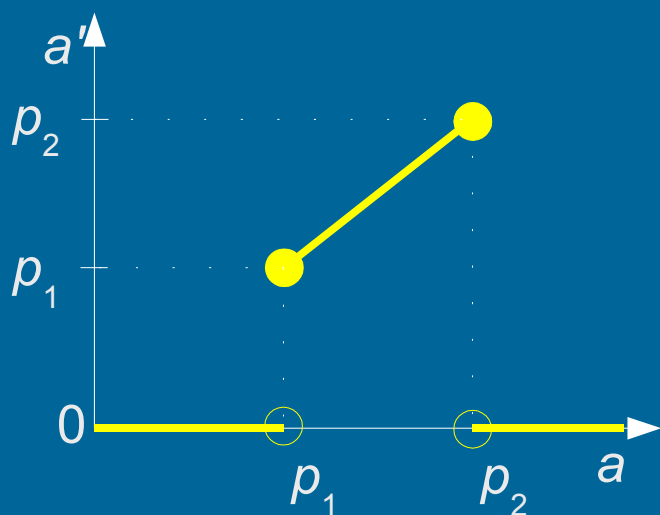
$$a' = \begin{cases} 0 & \text{dla } a < p_1 \vee a > p_2 \\ a & \text{dla } p_1 \leq a \leq p_2 \end{cases}$$

gdzie

a – jasność piksela obrazka przed progowaniem;

a' – jasność piksela obrazka po progowaniu;

p_1, p_2 – progi.



0	4	1	3
5	6	2	6
4	4	1	3
4	1	5	4

$p_1 = 2$
 $p_2 = 4$

0	4	0	3
0	0	2	0
4	4	0	3
4	0	0	4

Progowanie obrazu kolorowego z zachowaniem poziomów jasności

$$A' = \begin{cases} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} & \text{dla } a_r < p_{r1} \vee a_r > p_{r2} \vee a_g < p_{g1} \vee a_g > p_{g2} \vee a_b < p_{b1} \vee a_b > p_{b2} \\ A & \text{dla } p_{r1} \leq a_r \leq p_{r2} \wedge p_{g1} \leq a_g \leq p_{g2} \wedge p_{b1} \leq a_b \leq p_{b2} \end{cases}$$

gdzie

A – wektor składowych koloru piksela obrazka przed progowaniem;

A' – wektor składowych koloru piksela obrazka po progowaniu;

$p_{r1}, p_{r2}, p_{g1}, p_{g2}, p_{b1}, p_{b2}$ – progi dla poszczególnych kolorów.

Progowanie obrazu kolorowego z zachowaniem poziomów jasności



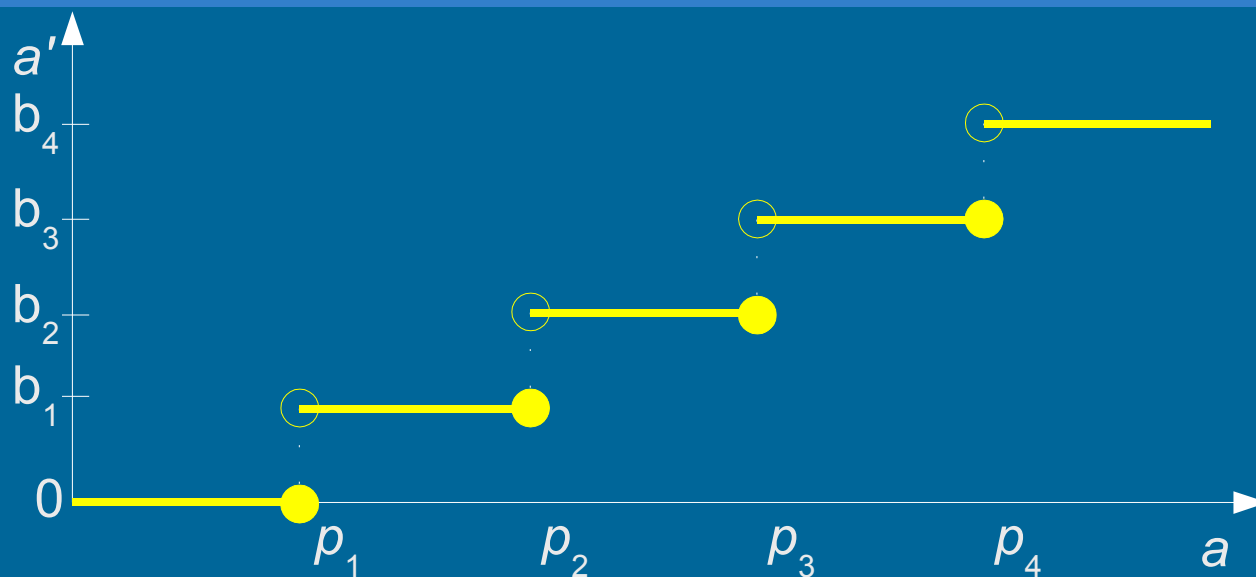
Progowanie wielopoziomowe

$$a' = \begin{cases} 0 & \text{dla } a \leq p_1 \\ b_1 & \text{dla } p_1 < a \leq p_2 \\ b_2 & \text{dla } p_2 < a \leq p_3 \\ \vdots & \\ b_{N-1} & \text{dla } p_{N-1} < a \leq p_N \end{cases}$$

gdzie

- a – jasność piksela obrazka przed progowaniem;
- a' – jasność piksela obrazka po progowaniu;
- b_1, b_2, \dots, b_N – poziomy szarości;
- p_1, p_2, \dots, p_N – progi.

Progowanie wielopoziomowe



0	4	1	3
5	6	2	6
4	4	1	3
4	1	5	4

$$p_1 = 2$$

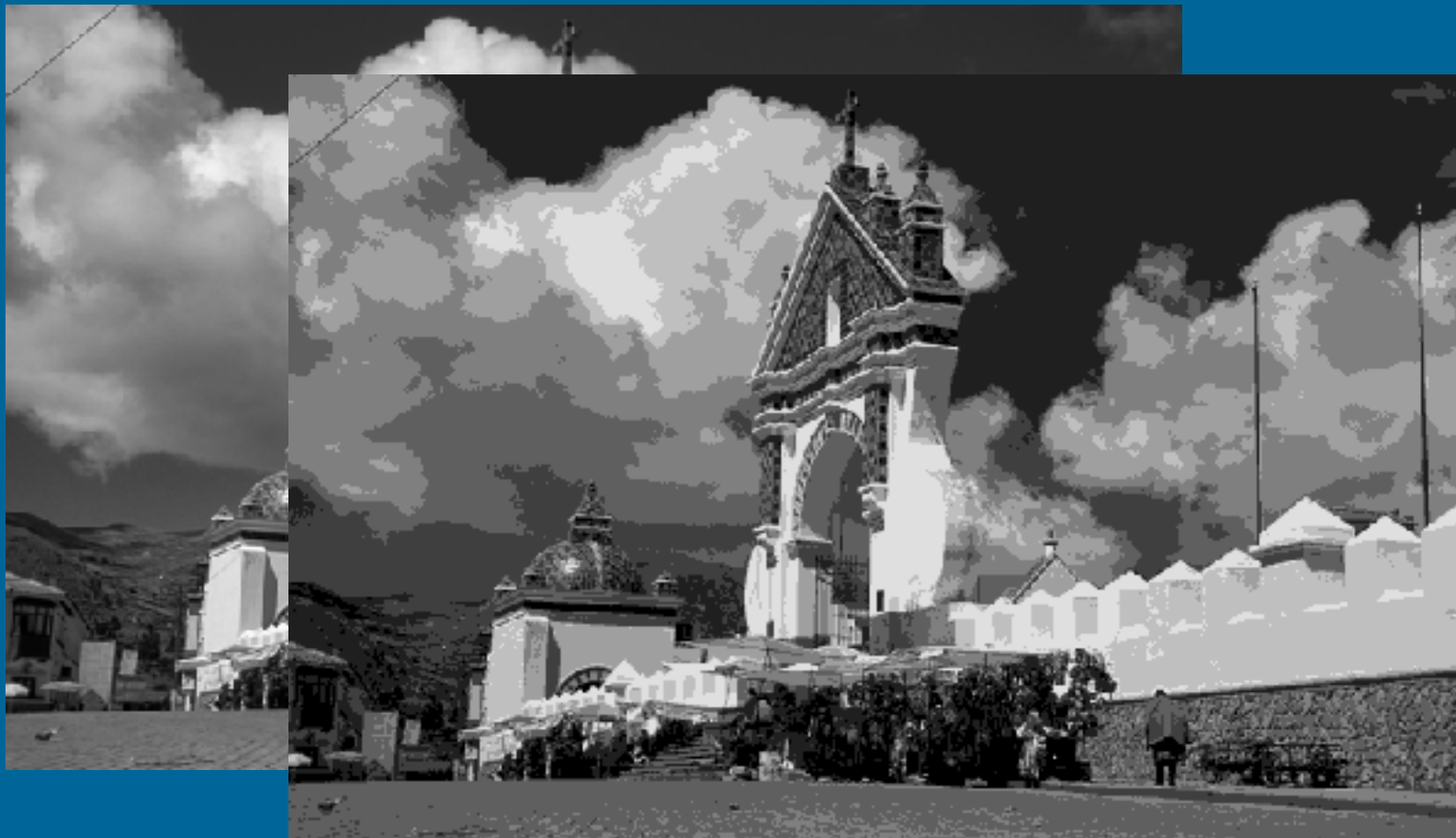
$$p_2 = 4$$

$$b_1 = 1$$

$$b_2 = 2$$

0	1	0	1
2	2	0	2
1	1	0	1
1	0	2	1

Progowanie wielopoziomowe



Operacje arytmetyczno-logiczne na obrazach

W pamięci komputera obraz jest dwuwymiarową tablicą wartości liczbowych. Dzięki temu na obrazach można wykonywać operacje matematyczne przewidziane dla macierzy wartości rzeczywistych (dodawanie, odejmowanie) i logicznych.

Dodawanie

Dwa lub więcej obrazów możemy połączyć wykonując prostą operację sumowania macierzy:

$$O' = \frac{O_1}{w_1} + \frac{O_2}{w_2} + \dots + \frac{O_N}{w_N}$$

gdzie

O_1, O_2, \dots, O_N – obrazki sumowane;

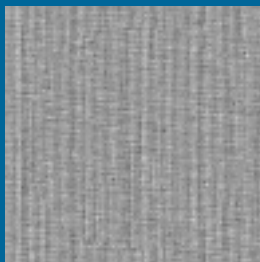
O' – obrazek powstały w wyniku zsumowania;

w_1, w_2, \dots, w_N – współczynniki normalizujące.

Na ogół współczynniki normalizujące muszą spełniać warunek:

$$\frac{1}{w_1} + \frac{1}{w_2} + \dots + \frac{1}{w_N} = 1$$

Dodawanie



Dodawanie

10 Dodawanie\test.m

Odejmnowanie

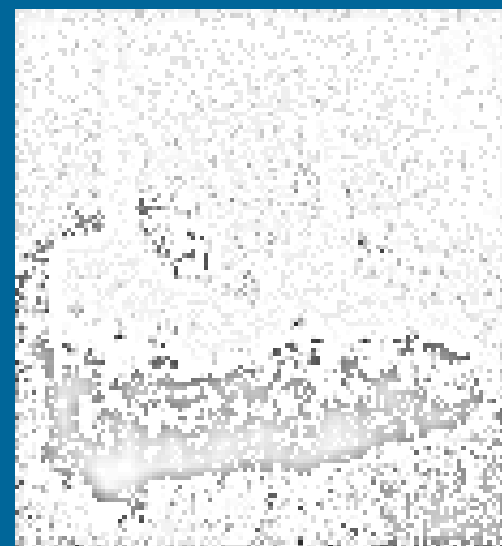
Odejmnowanie obrazów wykorzystuje się w metodzie zwanej nieostrym maskowaniem gdzie od obrazu oryginalnego odejmuje się obraz rozmyty.



-



=



Operacje logiczne

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



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

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

Operacje logiczne

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

xor

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

=

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

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

xor

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

=

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

Operacje logiczne

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

or

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

=

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

Operacje logiczne

08 Konturyzacja\test.m

Filtr

Filtr jest to element (urządzenie, program, proces) umożliwiające wydzielenie z pewnego zbioru, podzbioru z interesującą nas zawartością.

W przetwarzaniu obrazów filtry mają za zadanie usunięcie (osłabienie) jednych parametrów lub elementów obrazu oraz wzmocnienie innych.

Splot

Pojęcie splotu jest ważnym pojęciem w wielu dziedzinach nauki. W przetwarzaniu obrazów jest punktem wyjścia do definicji filtracji splotowej. Splot dwóch funkcji f i g można zapisać następująco [1]:

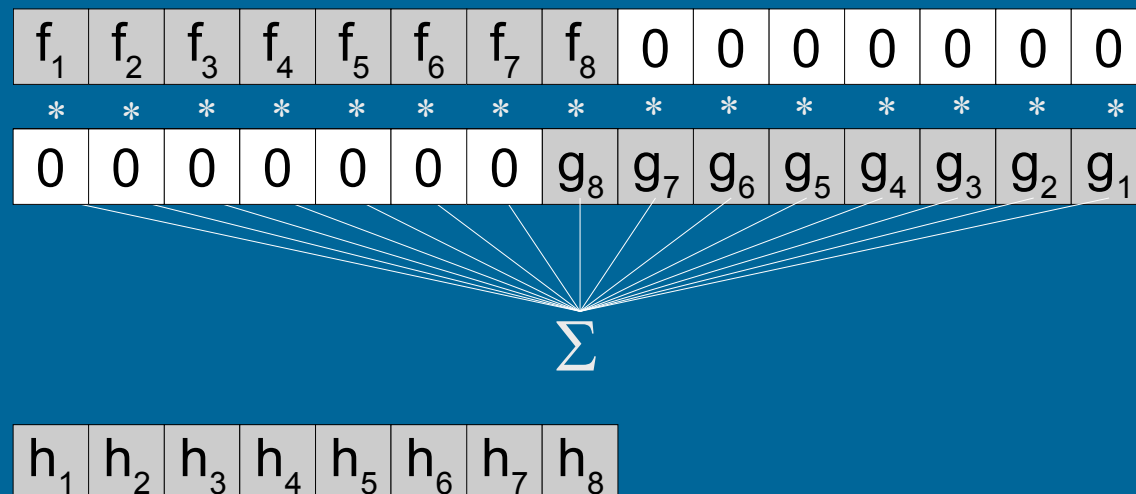
$$h(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x') g(x - x') dx'$$

W technice cyfrowej funkcje f i g zastępowane są tablicami wartości dyskretnych, a operacje całkowania zastępuje się przez sumowanie.

Realizacja operacji sumowania w granicach od minus nieskończoności do nieskończoności na skończonych tablicach nie jest możliwa stąd możemy wyróżnić trzy rodzaje operacji splotu ze względu na sposób liczenia wartości tablicy splotu:

- splot liniowy (aperiodyczny)
- splot cykliczny (periodyczny)
- splot sektorowy

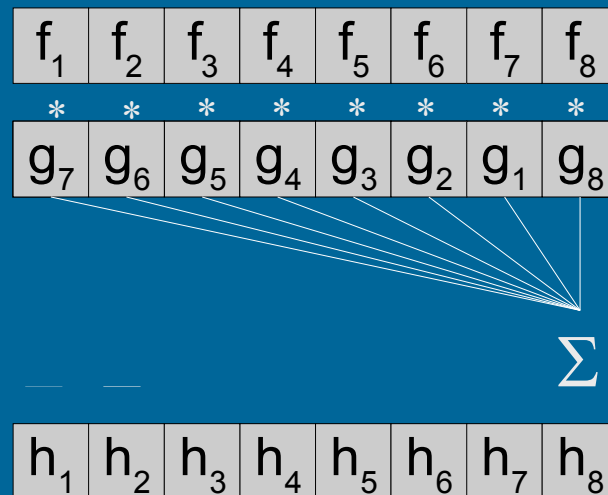
Splot liniowy



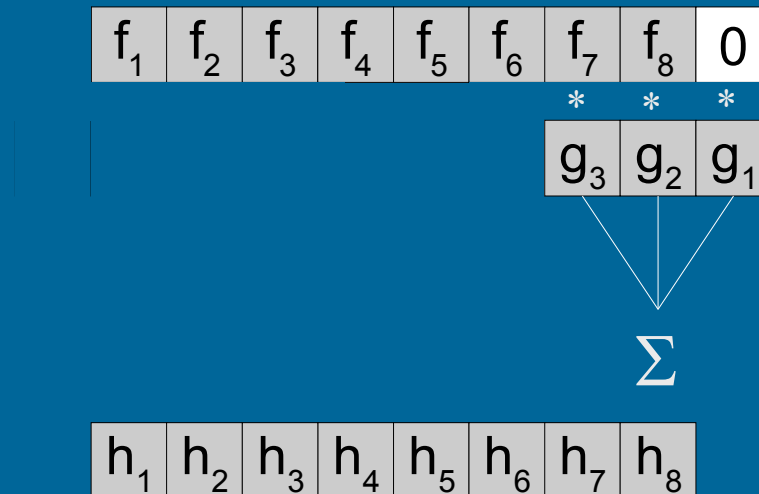
Splot liniowy

01 Splot\test.m

Splot cykliczny



Splot sektorowy



Dwuwymiarowa filtracja splotowa

obraz

	0	4	1
	5	6	2
	4	4	1

	3	2	1
	0	5	

maska oraz
wart. normalizacyjna

3	-1	0
0,1	2	0,2
1	-1	1

*
Mnożenie element
przez element

norm = 2

=

0	-4	0
0,5	12	0,4
4	-4	1

suma



9,9
norm

9,9

dzielenie przez norm

4,95

round(4,95)

5

zaokrąglenie



Problem elementów skrajnych

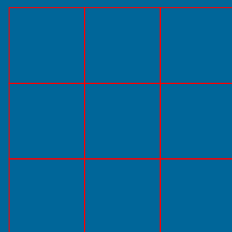
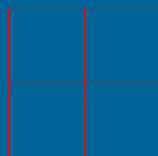
?	?	?	?
?	0	4	1
?	5	6	2
?	4	4	1

1. Pominięcie elementów skrajnych

0	4	1
5	6	2
4	4	1

2. Powielenie elementów skrajnych

3. Dynamiczny rozmiar maski



0	0	4	1
0	0	4	1
5	5	6	2
4	4	4	1

Filtr splotowy uśredniający (dolnoprzepustowy)

W filtrze tym wartość piksela wyznaczana jest na podstawie uśrednienia jego najbliższego otoczenia. Stopień uśrednienia a zarazem pewnego rozmycia obrazu zależy od wielkości analizowanego otoczenia. W przypadku gdy konieczne jest osłabienie działania filtru elementom centralnym można nadać wartości większe od zera. Wartość normalizacyjna jest sumą wszystkich elementów maski.

1	1	1
1	1	1
1	1	1

norm = 9

1	1	1
1	2	1
1	1	1

norm = 10

1	2	1
2	4	2
1	2	1

norm = 16

Efektem działania filtru uśredniającego jest wygładzenie obrazu i usunięcie szumu o niewielkiej amplitudzie.

Filtr splotowy wyostrzający (górnoprzepustowy)

Filtr górnoprzepustowy wykorzystywany jest do wzmacniania szczegółów o dużej częstotliwości występujących w obrazie.

W filtrach tych środkowe elementy maski są zazwyczaj bardzo duże, a pozostałe są niewielkimi liczbami ujemnymi lub zerami.

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

norm = 1

-1	-1	-1
-1	9	-1
-1	-1	-1

norm = 1

1	-2	1
-2	5	-2
1	-2	1

norm = 1

Po filtracji zwiększa się ostrość i kontrast obrazu, ale ujemnym efektem jest wzmocnienie również szumu. Często filtry górnoprzepustowe stosuje się po silnej filtracji uśredniającej, aby przywrócić ostrość obrazu.

Filtr splotowy konturyzacyjny

Bardzo istotnym problemem w cyfrowej obróbce obrazów jest uwypuklanie i wykrywanie krawędzi, które umożliwia proste przejście do postaci wektorowej.

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

norm = 1

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

norm = 1

-1	-2	-1
-2	12	-2
-1	-2	-1

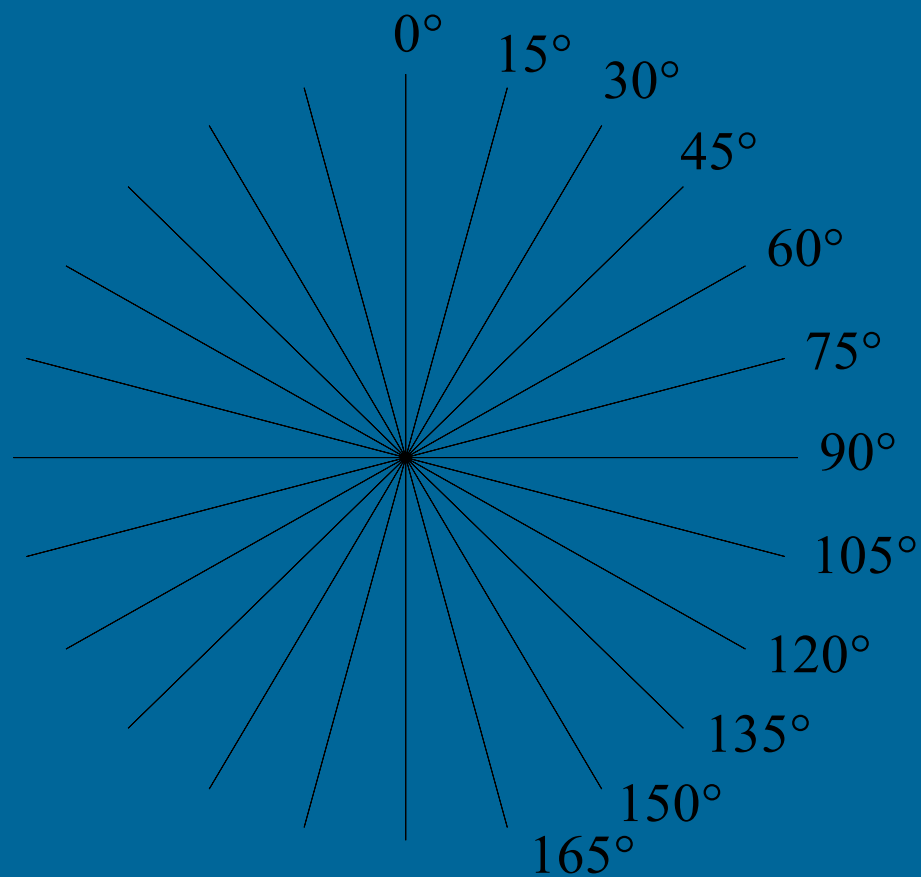
norm = 1

Po filtracji jasności pikseli obszarów o jednolitym kolorze zostaną sprowadzone do poziomu zero, natomiast obszary o dużej zmienności jasności otrzymają bardzo duże wartości dodatnie lub ujemne.

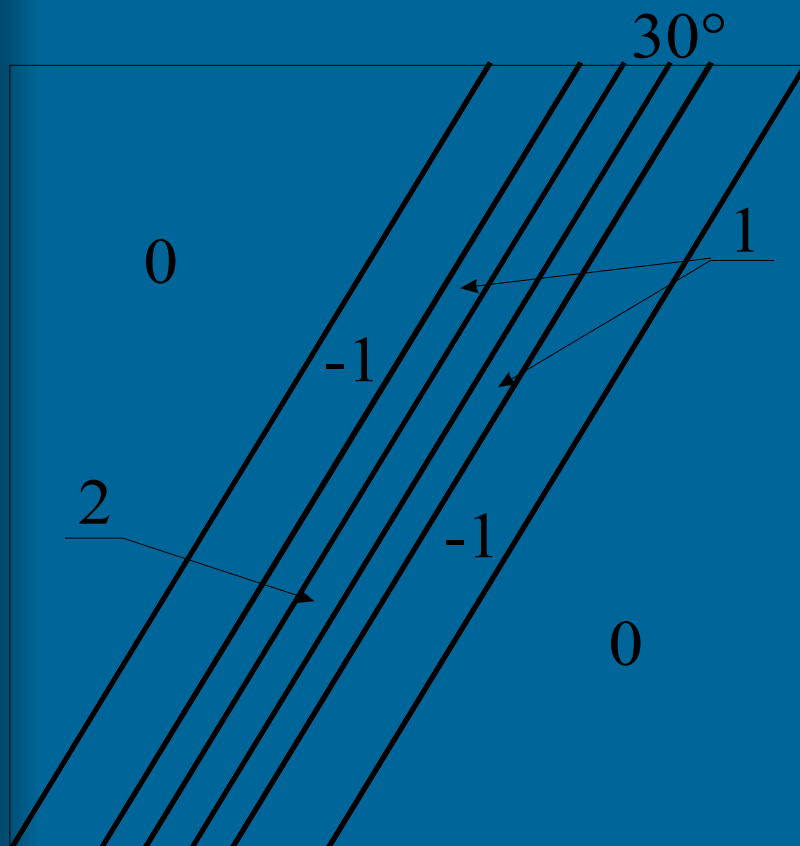
Filtr splotowy

02 Filtr splotowy\filtr_splotowy.m

Filtr splotowy - wykrywanie linii



Filtr splotowy - wykrywanie linii



$$l \left\{ \begin{array}{cccccccccccc} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 1 & 2 & 1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 1 & 2 & 1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 1 & 2 & 1 & -1 & -1 \\ & & & & & & \vdots & & & & & & \\ 0 & -1 & -1 & 1 & 2 & 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & 1 & 2 & 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & 1 & 2 & 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right.$$

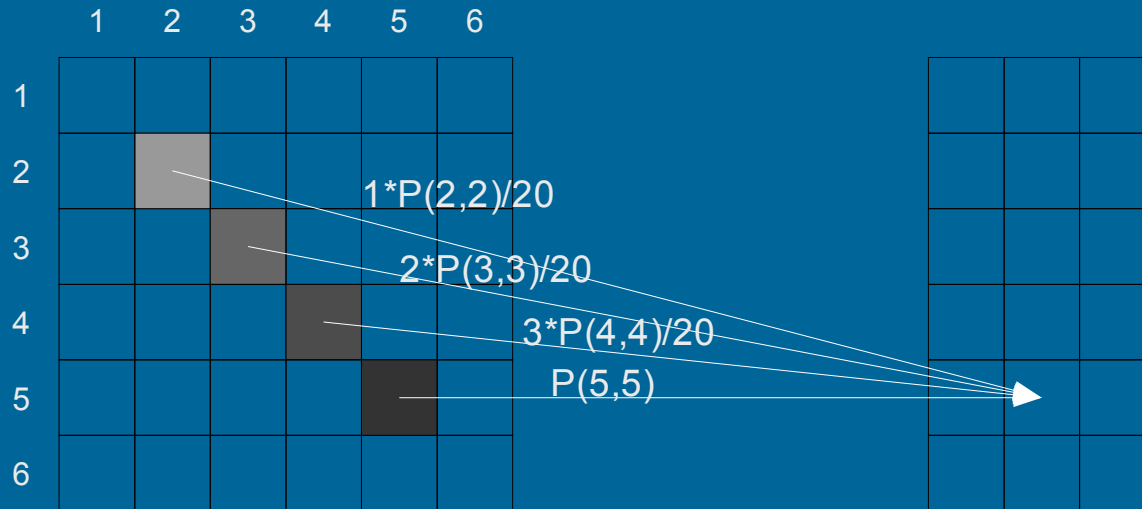
Filtr splotowy - wykrywanie linii

02 Filtr splotowy\linie2.m

Modyfikacje filtra splotowego – efekt wiatru

$$P'(x, y) = P(x, y) + \frac{\sum_{i=1}^N (N+1-i) P(x-i, y-i)}{wsp * N}$$

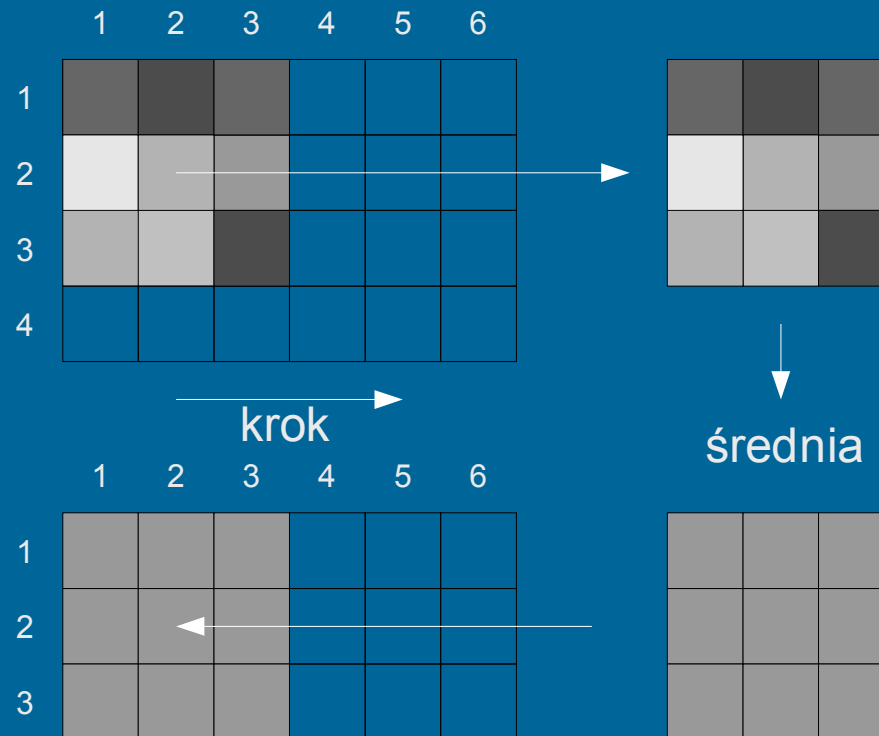
gdzie N – liczba powtórzeń, wsp – współczynnik;



Modyfikacje filtra splotowego – efekt wiatru

05 Inne filtry\prg.m

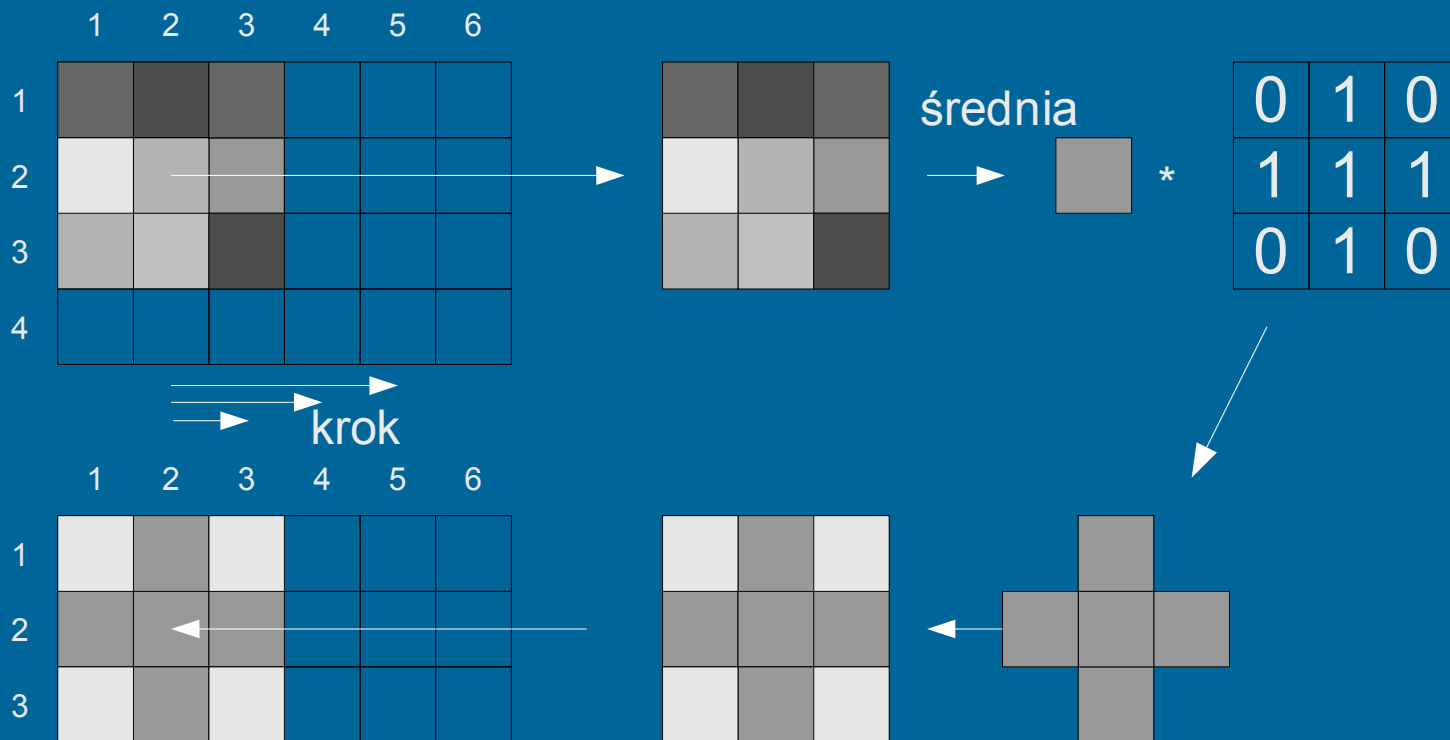
Modyfikacje filtra splotowego – pikselizacja



Modyfikacje filtru splotowego – pikselizacja

05 Inne filtry\prg2.m

Modyfikacje filtra splotowego

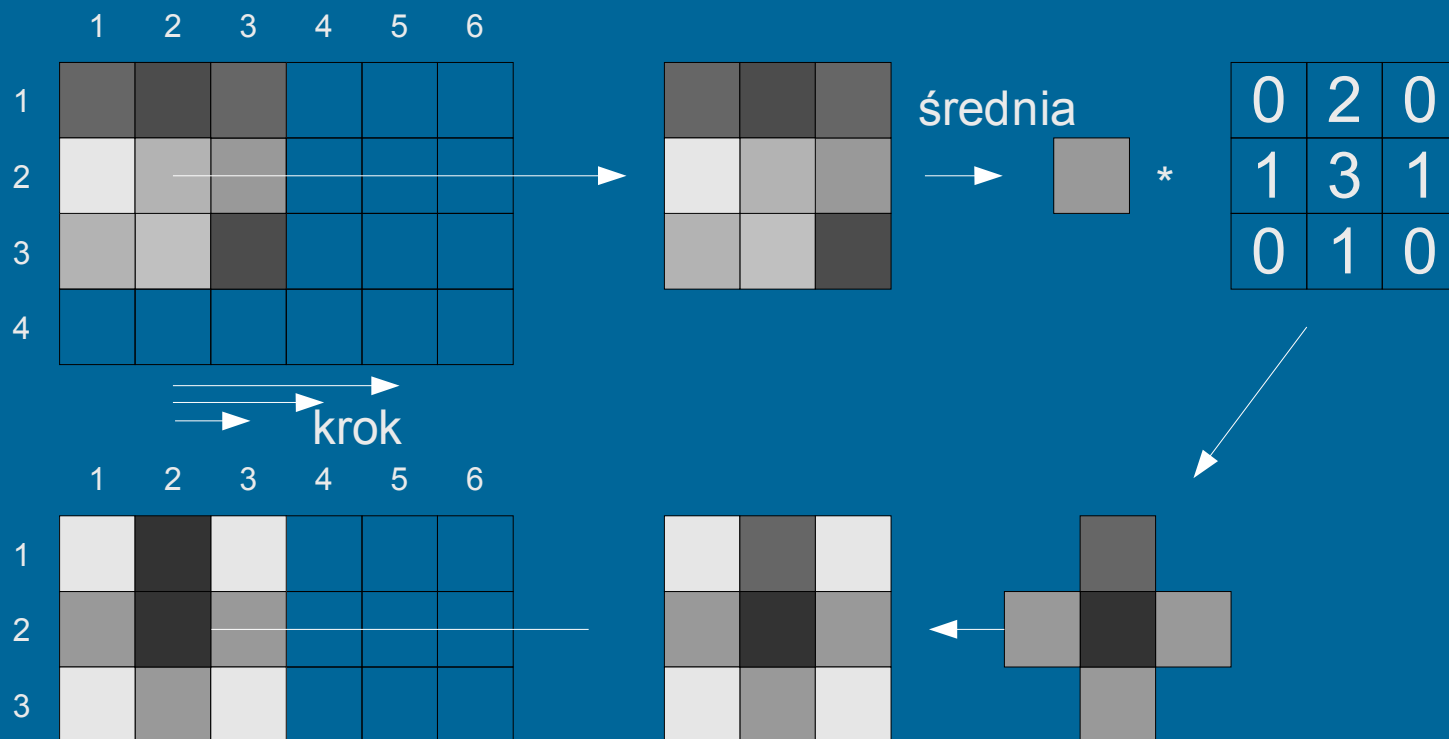


Modyfikacje filtra splotowego

05 Inne filtry\prg3.m

05 Inne filtry\prg4.m

Modyfikacje filtra splotowego



Modyfikacje filtra splotowego

05 Inne filtry\prg5.m

Filtry statystyczne

We wszystkich omawianych dotychczas filtrach każdy punkt miał udział w wartości jasności nowego punktu. Filtry te mają tę wadę, że wpływają w takim samym stopniu na informację użyteczną jak na szum w obrazie. W odróżnieniu od tych filtrów, filtry statystyczne umożliwiają oddzielenie i usunięcie szumu z obrazu bez istotnego zniekształcenia informacji użytecznej.

Przykładowe filtry statystyczne:

- filtr medianowy
- filtr minimalny
- filtr maksymalny

Filtr medianowy

obraz

	0	4	1
	5	6	2
	4	4	1

	3	2	1
	0	4	

maska

0	4	1
5	6	2
4	4	1

przepisanie

przepisanie

0	4	1	5	6	2	4	4	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---

sortowanie

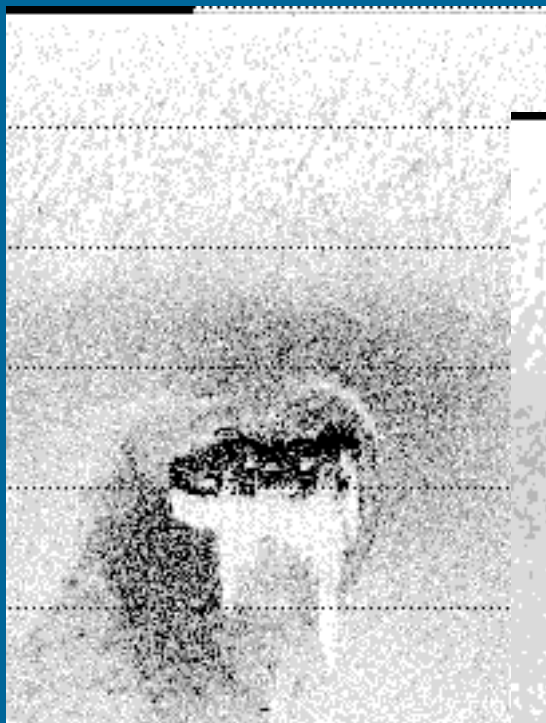
0	1	1	2	4	4	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---	---

przepisanie elem.
środkowego



Filtr medianowy – usuwanie szumu

obraz



3x3



5x5



Filtr medianowy – wersja silniejsza

obraz

	0	4	1
	5	4	2
	4	4	1

maska

0	4	1
5	6	2
4	4	1

przepisanie

przepisanie

0	4	1	5	6	2	4	4	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---

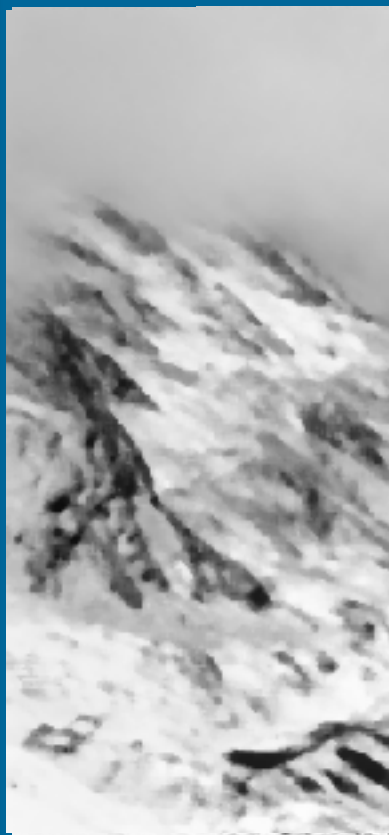
sortowanie

0	1	1	2	4	4	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---	---

przepisanie elem.
środkowego

Porównanie odmian filtru medianowego

5x5



3x3 - silniejszy



Filtr minimalny

obraz

	0	4	1
	5	6	2
	4	4	1
	3	2	1
	0	0	

maska

0	4	1
5	6	2
4	4	1

przepisanie

przepisanie elem.
minimalnego

Filtr maksymalny

obraz

	0	4	1
	5	6	2
	4	4	1
	3	2	1
	0	6	

maska

0	4	1
5	6	2
4	4	1

przepisanie

przepisanie elem.
maksymalnego

Porównanie filtru medianowego, minimalnego i maksymalnego



Filtr różnicowy

obraz

	0	4	1
	5	6	2
	4	4	1

maska

1	2	1
5	6	2
5	4	1

-
odejmowanie

=

-1	2	0
0	0	0
1	0	0

abs



1	2	0
0	0	0
1	0	0

suma

4

wpisanie

	3	2	1
	0	4	



Filtr różnicowy

04 Filtr roznicowy\punkty.m

Konturyzacja

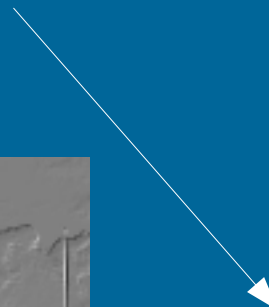
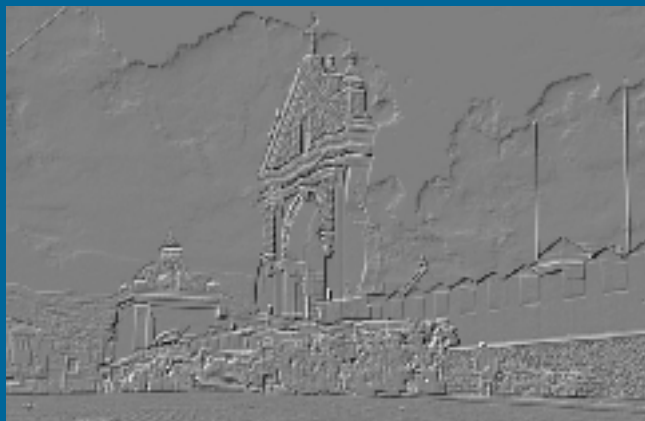
Bardzo istotnym problemem w cyfrowej obróbce obrazów jest uwypuklanie i wykrywanie krawędzi, które umożliwia proste przejście do postaci wektorowej.

Proces wykrywania krawędzi redukuje obraz jedynie do zawartych w nim krawędzi. Należy zauważyć, że operacje wykrywania krawędzi tłumią przestrzenne elementy obrazu o małej częstotliwości (przyjmą one wartość zero).

Relief



Negatyw



Σ

Przesunięcie

Normalizacja

Relief

08 Konturyzacja\relief.m

Konturyzacja

Z wykorzystaniem operacji logicznych;

Splotowym filtrem konturyzacyjnym.

Konturyzacyjny filtr korelacyjny

Konturyzacyjny filtr korelacyjny definiuje maskę filtru splotowego:

$$M = \begin{bmatrix} \rho_C \rho_R & -\rho_C(1 + \rho_R^2) & \rho_C \rho_R \\ -\rho_R(1 + \rho_C^2) & (1 + \rho_C^2)(1 + \rho_R^2) & -\rho_R(1 + \rho_C^2) \\ \rho_C \rho_R & -\rho_C(1 + \rho_R^2) & \rho_C \rho_R \end{bmatrix}$$

gdzie

ρ_C i ρ_R – współczynniki korelacji między punktami obrazu;

M – maska filtru splotowego.

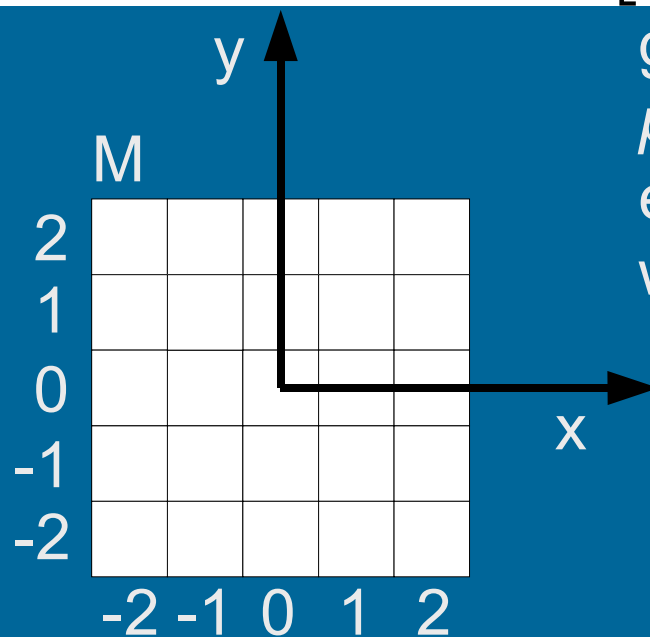
Konturyzacyjny filtr korelacyjny

08 Konturyzacja\lp.m

Filtr konturyzacyjny Gaussa

Funkcja Macleoda:

$$M(x, y) = \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{y}{t} \right)^2 \right\} \left[\exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{x-p}{p} \right)^2 \right\} - \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{x+p}{p} \right)^2 \right\} \right]$$



gdzie

p i t – współczynniki podające wpływ elementów obrazu na wyliczaną wartość;

n i m – rozmiary maski.

$$x \in \left\langle -\frac{n}{2}; \frac{n}{2} \right\rangle$$

$$y \in \left\langle -\frac{m}{2}; \frac{m}{2} \right\rangle$$

Filtr konturyzacyjny Gaussa

08 Konturyzacja\gauss.m

Filtr Robertsza

$$o_w(j, k) = \sqrt{[o(j, k) - o(j+1, k+1)]^2 + [o(j, k+1) - o(j+1, k)]^2}$$

lub

$$o_w(j, k) = \left| o(j, k) - o(j+1, k+1) \right| + \left| o(j, k+1) - o(j+1, k) \right|$$

Filtr Roberts'a

08 Konturyzacja\roberts.m

Filtr Sobela

A_0	A_1	A_2
A_7	$o(j,k)$	A_3
A_6	A_5	A_4

$$X = (A_2 + 2 A_3 + A_4) - (A_0 + 2 A_7 + A_6)$$

$$Y = (A_0 + 2 A_1 + A_2) - (A_6 + 2 A_5 + A_4)$$

$$o_w(j, k) = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

Filtr Sobela



Filtr Kirscha

A_0	A_1	A_2
A_7	$o(j,k)$	A_3
A_6	A_5	A_4

$$S_i = A_i + A_{i+1} + A_{i+2}$$

$$T_i = A_{i+3} + A_{i+4} + A_{i+5} + A_{i+6} + A_{i+7}$$

$$i \in \langle 0 ; 7 \rangle$$

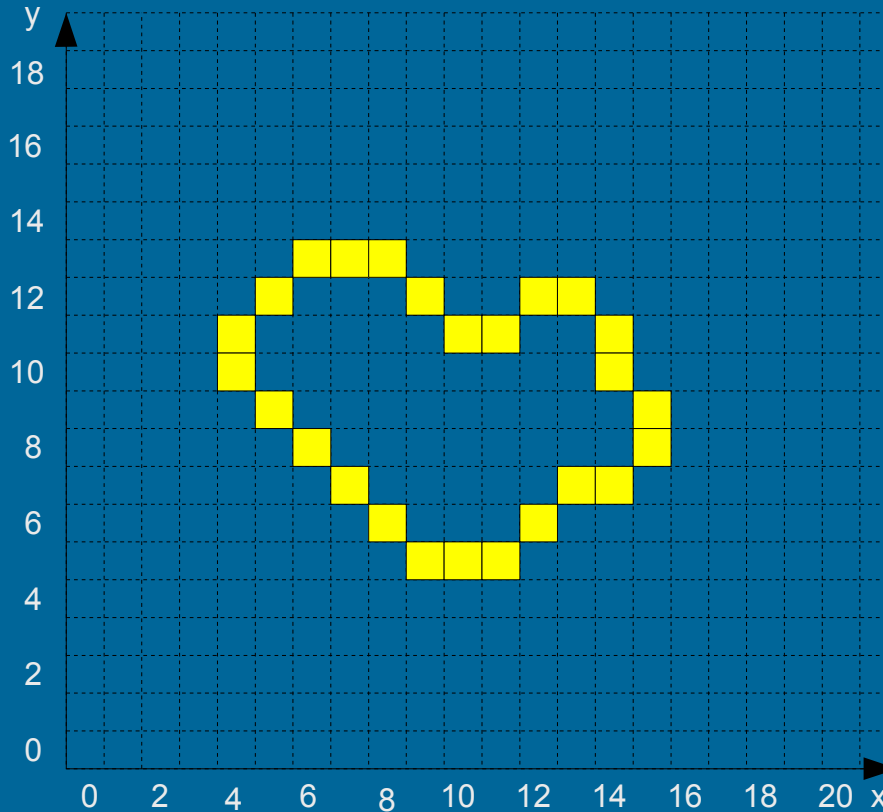
Indeksy zmieniają się modulo 8.

$$o_w(j, k) = \max \left\{ 1, \max_{i \in \langle 0 ; 7 \rangle} |5 S_i - 3 T_i| \right\}$$

Filtr Kirscha



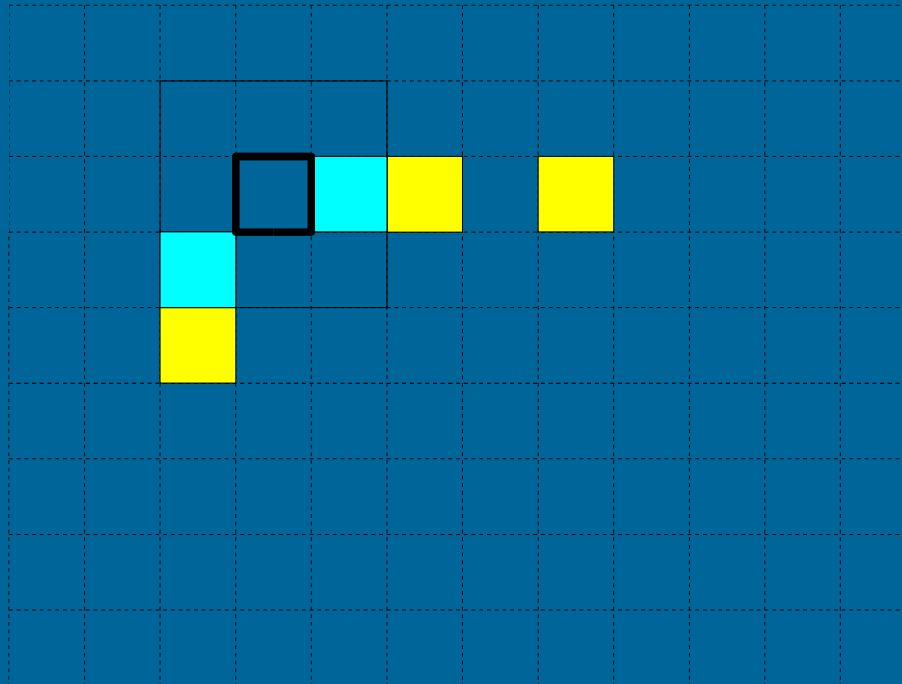
Wektoryzacja



x	y	x	y
6	13	11	5
7	13	10	5
8	13	9	5
9	12	8	6
10	11	7	7
11	11	6	8
12	12	5	9
13	12	4	10
14	11	4	11
14	10	5	12
15	9		
15	8		
14	7		
13	7		
12	6		

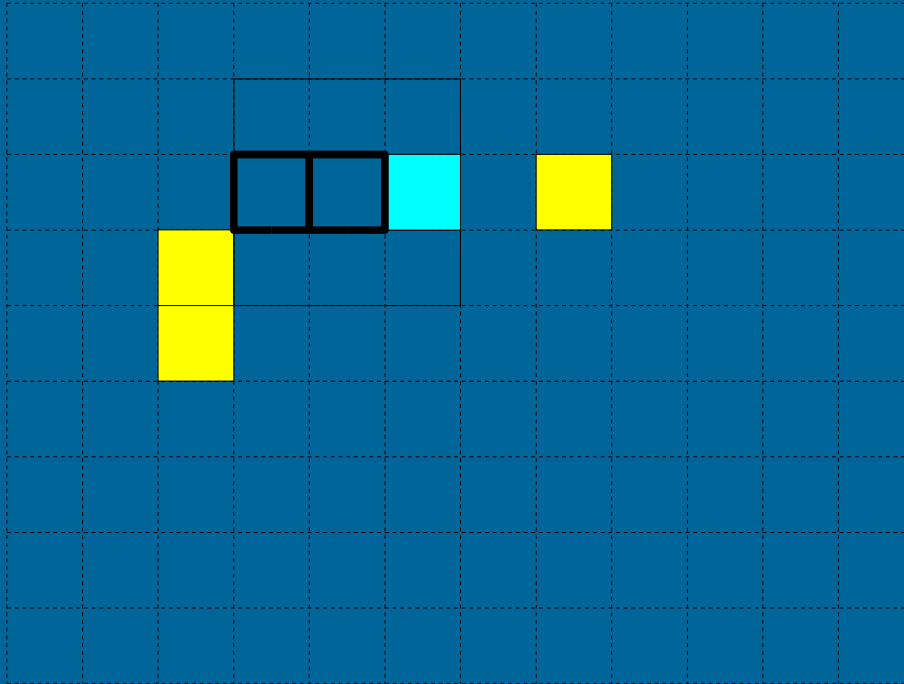
Wektoryzacja – operacja przekształcenia bitmapy do postaci wektorowej.

Wektoryzacja – metoda najbliższego sąsiada



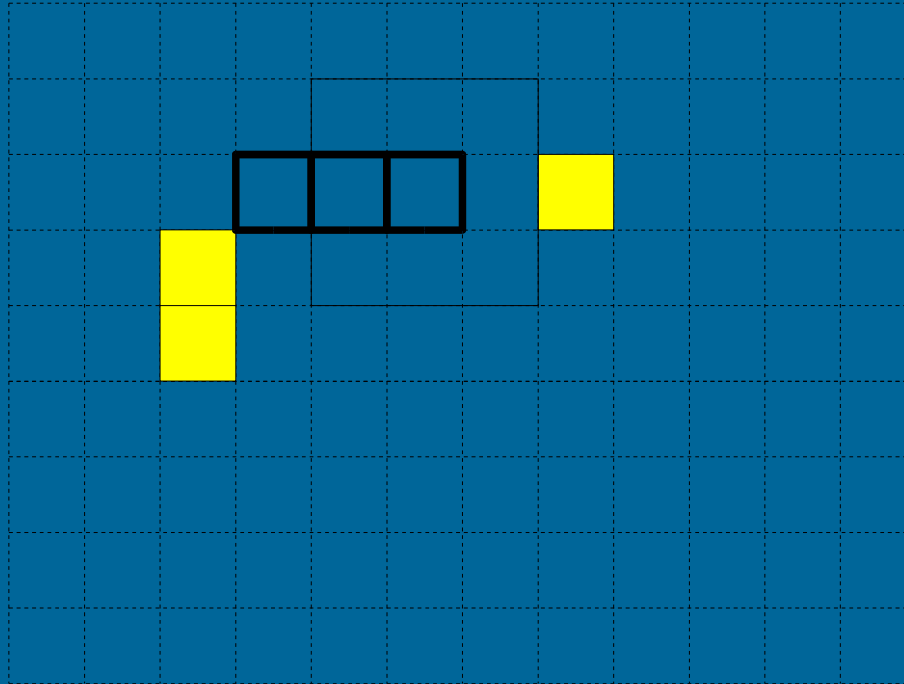
x	y
3	6

Wektoryzacja – metoda najbliższego sąsiada



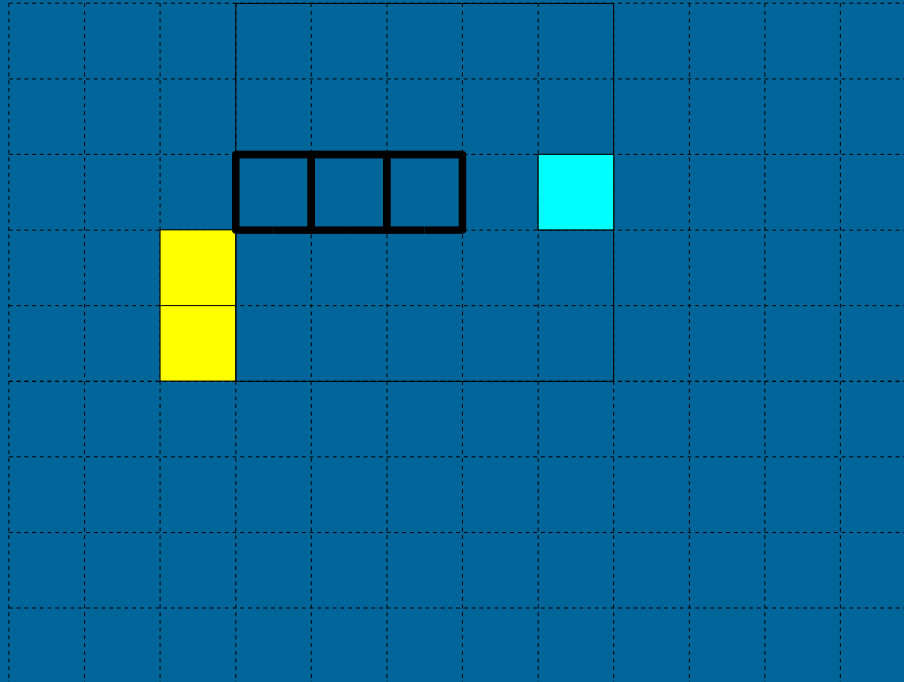
x	y
3	6
4	6

Wektoryzacja – metoda najbliższego sąsiada



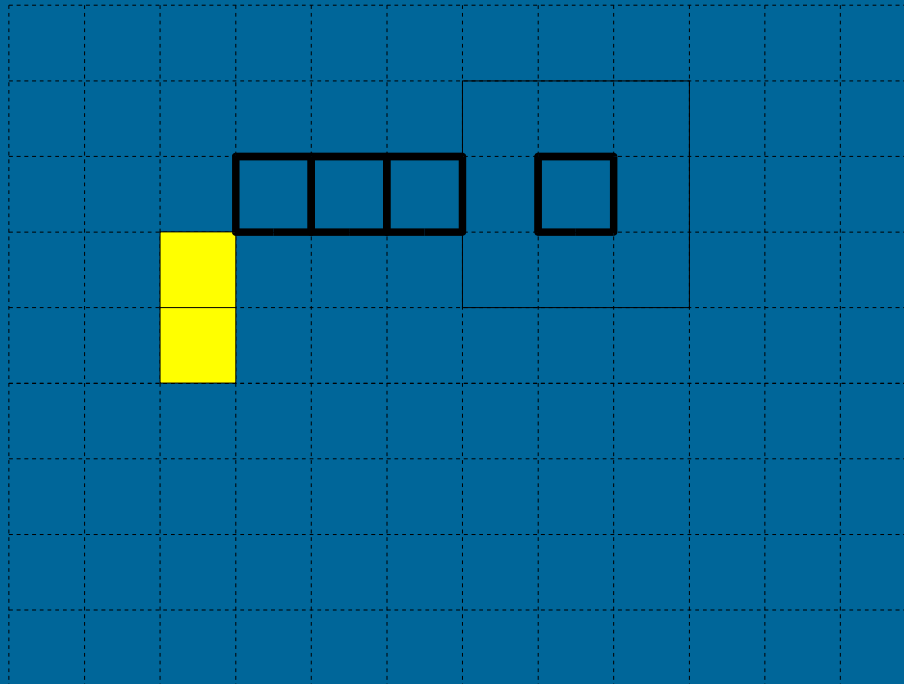
x	y
3	6
4	6
5	6

Wektoryzacja – metoda najbliższego sąsiada



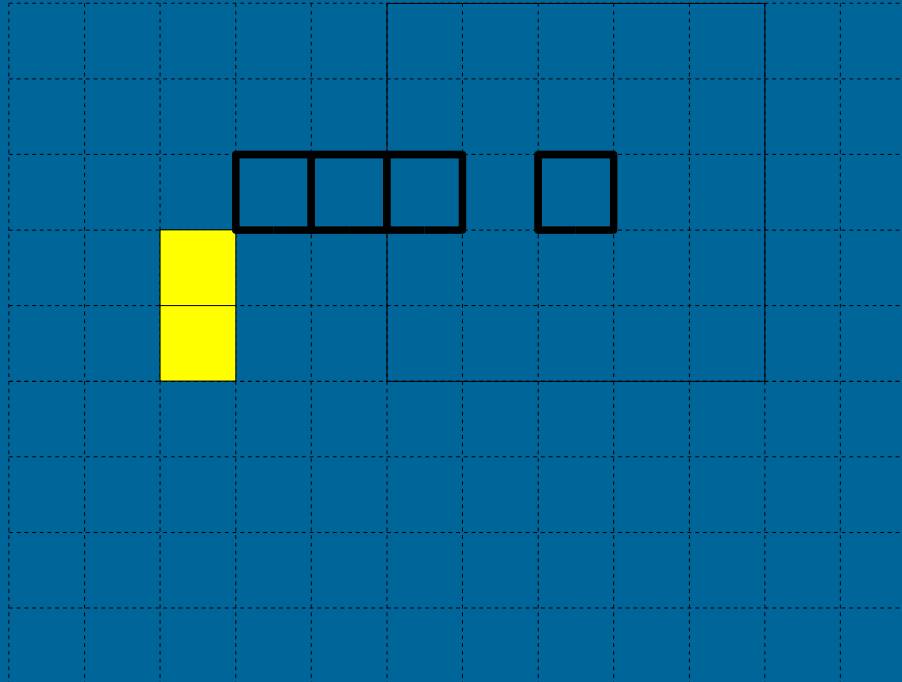
x	y
3	6
4	6
5	6

Wektoryzacja – metoda najbliższego sąsiada



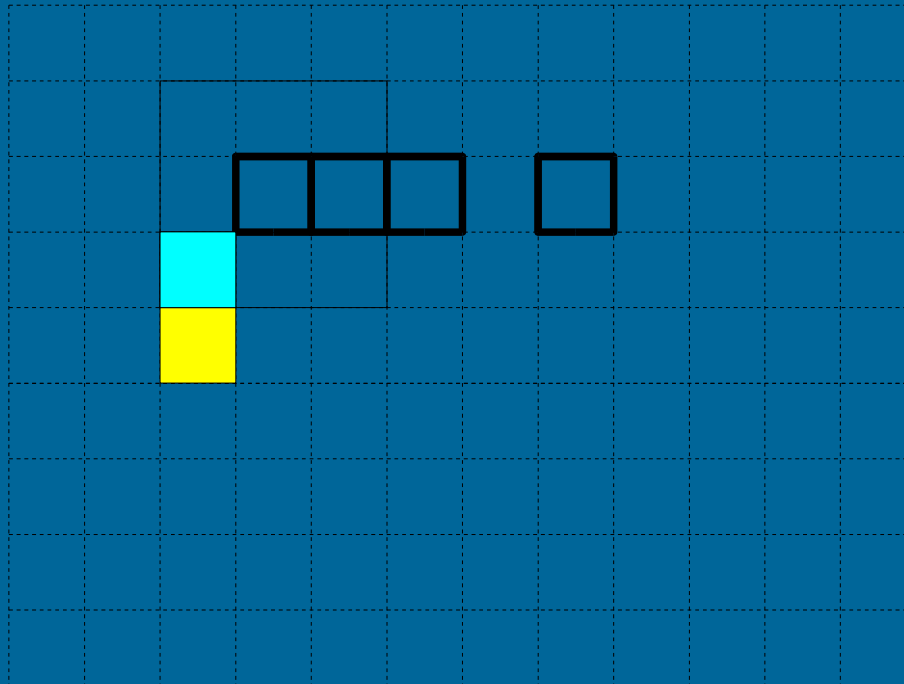
x	y
3	6
4	6
5	6
7	6

Wektoryzacja – metoda najbliższego sąsiada



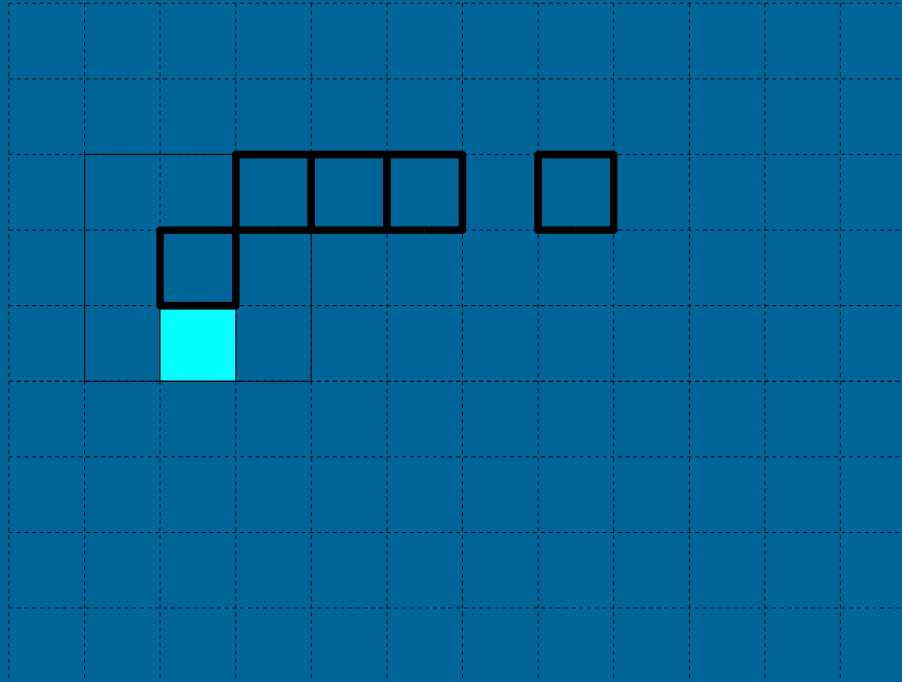
x	y
3	6
4	6
5	6
7	6

Wektoryzacja – metoda najbliższego sąsiada



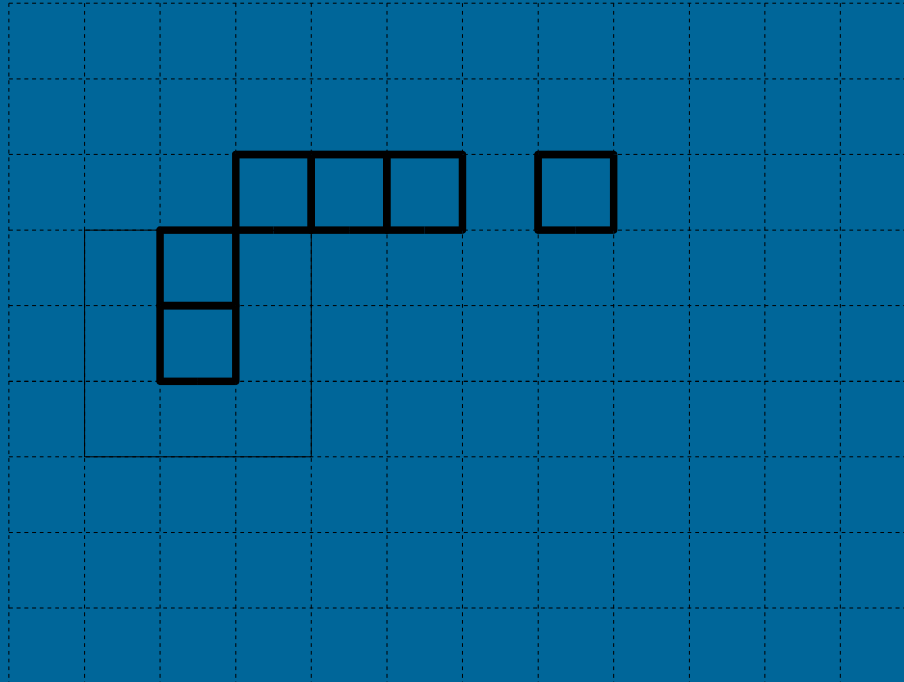
	x	y
→	3	6
	4	6
	5	6
	7	6

Wektoryzacja – metoda najbliższego sąsiada



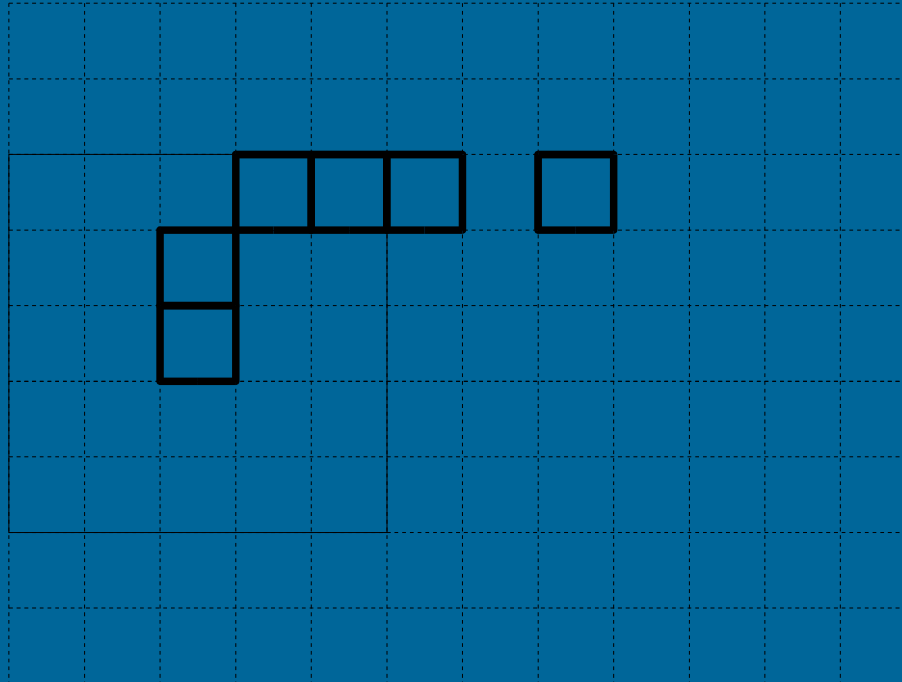
x	y
3	6
4	6
5	6
7	6
3	5

Wektoryzacja – metoda najbliższego sąsiada



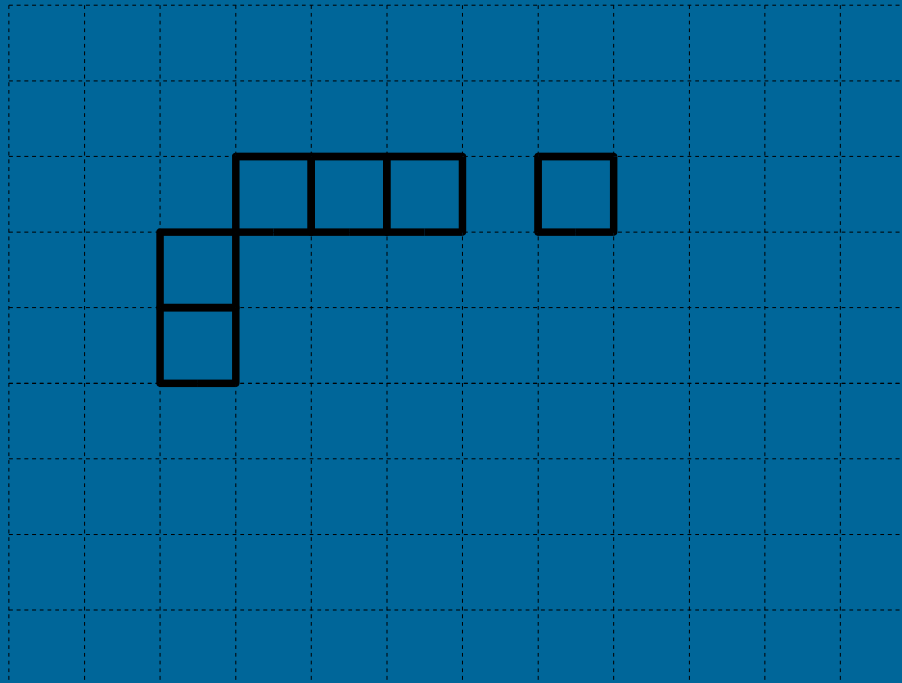
x	y
3	6
4	6
5	6
7	6
3	5
3	4

Wektoryzacja – metoda najbliższego sąsiada



x	y
3	6
4	6
5	6
7	6
3	5
3	4

Wektoryzacja – metoda najbliższego sąsiada



x	y
7	6
5	6
4	6
3	6
3	5
3	4



Odbicie lustrzane

Wektoryzacja

11 Wektoryzacja\test.m