

Laboratorium Przetwarzania Sygnałów

Ćwiczenie 3

„Przekształcenia geometryczne i arytmetyka obrazów”

Opracowali:

- dr inż. Krzysztof Mikołajczyk
- dr inż. Beata Leśniak-Plewińska

Zakład Inżynierii Biomedycznej
Instytut Metrologii i Inżynierii Biomedycznej
Wydział Mechatroniki Politechniki Warszawskiej

Warszawa, 2009



1. Cel ćwiczenia.

W ramach ćwiczenia studenci zapoznają się z podstawowymi przekształceniami geometrycznymi obrazów (translacją, obrotem i skalowaniem) oraz podstawowymi operacjami arytmetycznymi na obrazach (sumą, różnicą, różnica bezwzględna, iloczynem i ilorazem).

2. Wymagane wiadomości.

Teoria operacji geometrycznych, arytmetycznych i algebraicznych na obrazach cyfrowych w zakresie wykładu do przedmiotu.

3. Literatura

- W. Malina i M. Siemiatacz „Cyfrowe przetwarzanie obrazów”, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 2008
- R. Tadeusiewicz i P. Korohoda „Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów”, Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji, Kraków, 1997 (http://winntbg.bg.agh.edu.pl/skrypty2/0098/komputerowa_analiza.pdf)
- R.C. Gonzalez i R.E. Woods “Digital Image Processing Using MATLAB”, Prentice Hall, 2004

4. Spis funkcji i instrukcji przydatnych podczas realizacji ćwiczenia.

Opisane w tym punkcie funkcje nie są standardowymi wbudowanymi funkcjami MATLAB’a i zostały stworzone na potrzeby Laboratorium PTS.

O ile w trakcie realizacji ćwiczenia zajdzie potrzeba skorzystania ze standardowej funkcji (polecenia) lub instrukcji MATLAB’a, należy się z nią zapoznać wykorzystując pomoc MATLAB’a za pomocą polecenia `help` lub `doc`, np. `help sin` lub `doc sin`.



```
h = pokaz_obraz (X, 'NazwaParametru', WartoscParametru)
```

Funkcja służy do tworzenia ilustracji danych 2D.

Parametrami wyjściowymi funkcji są:

1. **h** – uchwyt do obiektu graficznego,

Parametrami wejściowymi funkcji są:

1. **X** – dane obrazowe (macierz lub skalar):
2. **'NazwaParametru', WartoscParametru** - nazwa i wartość parametru określającego wybrane właściwości obiektu graficznego. Parametry opisano w poniższej tabeli.

<i>Nazwa parametru</i>	<i>Opis i wartości parametru</i>
'mapa'	<p>Macierz liczbowa określająca paletę barw.</p> <p>Standardowe palety barw dostępne w Matlab'ie: hsv, jet, hot, gray, cool, bone, cooper, pink, prism, flag.</p> <p>Wartość domyślna: gray.</p>
'typ'	<p>Łańcuch znakowy określający rodzaj skalowania wartości elementów obrazu;</p> <p>'skalowany' - tworzy ilustrację, w której wartości elementów macierzy (pikseli) są przeskalowane tak, aby wykorzystać pełen zakres aktualnej palety barw;</p> <p>'nieskalowany' - brak skalowania.</p> <p>Wartość domyślna: 'skalowany'</p>

Przykłady:

```
h = pokaz_obraz(lena, 'mapa', gray, 'typ', 'nieskalowany');
```

Powyższa komenda utworzy ilustrację 2D danych zawartych w zmiennej **lena**. Paletą barw będą odcienie szarości. Dane nie będą skalowane i zwrócony zostanie uchwyt do utworzonego obiektu graficznego (ilustracji) i przypisze go zmiennej **h**.

```
pokaz_obraz(lena);
```

Powyższa komenda utworzy ilustrację 2D danych zawartych w zmiennej **lena**. Paleta barw i rodzaj skalowania będą miały wartości domyślne.

$Z = \text{arytmetyka_obrazow}(X, Y, \text{'NazwaParametru'}, \text{WartoscParametru})$

Funkcja służy do wykonywania wybranych operacji arytmetycznych.

Parametrami wyjściowymi funkcji są:

1. **Z** – macierz lub skalar będący wynikiem operacji arytmetycznej,

Parametrami wejściowymi funkcji są:

1. **X, Y** – dane wejściowe (macierz lub skalar) dla których wykonywana jest operacja arytmetyczna
2. **'NazwaParametru', WartoscParametru** - nazwa i wartość parametru określającego wybrane właściwości obiektu graficznego. Parametry opisano w poniższej tabeli.

<i>Nazwa parametru</i>	<i>Opis i wartości parametru</i>
'operator'	Łańcuch znakowy określający operator arytmetyczny. Zaimplementowane operatory: '+' - operator dodawania '-' - operator odejmowania '*' - operator mnożenia tablicowego '/' - operator dzielenia tablicowego ' -' - operator wartości bezwzględnej różnicy (odejmowania) (np.: X-Y)
'przepelnienie'	Parametr określający sposób postępowania w przypadku gdy wartość wyniku operacji arytmetycznej przekracza zakres wartości dla danej klasy danych (w ćwiczeniu zastosowane dane klasy uint8, dla którego wartość minimalna wynosi 0 a maksymalna 2^8-1): 'saturacja' – elementy o wartościach wyższych od wartości maksymalnej dla danej klasy przyjmują wartość maksymalną (dla danej klasy danych), a o wartościach niższych od wartości minimalnej dla danej klasy – wartość minimalną (dla danej klasy danych); 'przewiniecie' – elementy o wartości wyższej/niższej od maksymalnej/minimalnej dla danej klasy danych przyjmują wartość będącą wynikiem działania: wartość modulo p lub $\max(-\text{wartość modulo } p, \text{wartość modulo } p)$ (p - liczba wartości jakie może przyjmować zmienna dla danej klasy danych) (w ćwiczeniu $p=2^8$, dane są typu uint8). Wartość domyślna: 'saturacja'
'klasa'	Parametr określa typ danych wynikowych. Standardowe typy danych Matlab'a: 'uint8', 'uint16', 'uint32', 'uint64', 'int8', 'int16', 'int32', 'int64', 'single', 'double' . Obrazy wykorzystywane w trakcie ćwiczeń będą obrazami 8-bitowymi ('uint8') o wartościach $0 \div 255$

Przykłady:

```
Z=arytmetyka_obrazow(X,100,'operator','+', 'przepelnienie', 'przewiniecie');
```

Powyzsza komenda wykona operacje dodania do danych wejsciowych **X** (typu **uint8**) wartosc skalarna rowna 100. Wartości przekraczające 255 zostaną „przewinięte”, tzn. potraktowane jako wynik działania: $x \bmod 256$, x – wartość elementu obrazu **X**.

$Z = \text{przekształc_obraz}(X, \text{'NazwaParametru'}, \text{WartoscParametru})$

Funkcja służy do wykonywania wybranych przekształceń geometrycznych obrazu na płaszczyźnie (2D).

Parametrami wyjściowymi funkcji są:

1. **Z** – dane 2D (macierz) będące wynikiem transformacji geometrycznej,

Parametrami wejściowymi funkcji są:

1. **X** – dane wejściowe 2D (macierz), dla których wykonywana jest transformacja geometryczna
2. **'NazwaParametru', 'WartoscParametru'** - nazwa i wartość parametru określającego wybrane właściwości obiektu graficznego. Parametry opisano w poniższej tabeli.

<i>Nazwa parametru</i>	<i>Opis i wartości parametru</i>
'typ'	<p>Łańcuch znakowy określający rodzaj transformacji:</p> <p>'translacja' - translacja 'obrot' - obrót 'skalowanie' - skalowanie</p> <p>Powyższe transformacje wykonywane są z wykorzystaniem operacji opisanych układami równań dla współrzędnych punktów obrazu (Tabela 1)</p> <p>'Tform' - transformacja zależy od macierzy określającej wymiary transformacji.</p> <p>Transformacja wykonywana jest z wykorzystaniem rachunku macierzowego a przekształcenie określone jest za pomocą macierzy T (Tabela 1)(wykorzystanie standardowej funkcji MATLAB'a <code>imtransform</code>)</p>
'wymiar'	<p>Macierz określająca wymiary transformacji.</p> <p>W przypadku transformacji opisanych równaniami ('typ' = 'translacja' lub 'obrot' lub 'skalowanie') wartość parametru 'wymiar' jest wektorem trójelementowym o postaci:</p> <p>$T = [t_x \ t_y \ 0]$ - translacja o wektor o składowych t_x (oś x) i t_y (oś y) $T = [0 \ 0 \ \alpha]$ - obrót o kąt α (α w radianach) $T = [s_x \ s_y \ 0]$ - skalowanie o czynnik s_x dla osi x i s_y dla osi y</p> <p>W przypadku transformacji wykorzystujących rachunek macierzowy ('typ' = 'Tform') wartość parametru 'wymiar' jest macierzą T w odpowiedniej postaci (Tabela 1)</p>
'kierunek'	<p>Łańcuch znakowy określający kierunek transformacji.</p> <p>W przypadku transformacji wykorzystujących układy równań dla współrzędnych ('typ' = 'translacja', 'obrot' lub 'skalowanie'):</p> <p>'wprost' - element o współrzędnych (v,w) w obrazie pierwotnym jest kopiowany do elementu o współrzędnych (x,y) w obrazie wynikowym; wartości współrzędnych (x,y) wynikają z układu równań opisujących zastosowane przekształcenie;</p> <p>'odwrotny' - do piksela o współrzędnych (x,y) w obrazie wynikowym kopiowany jest</p>

	<p>piksel o współrzędnych (v,w) z obrazu pierwotnego; wartości współrzędnych (v,w) wynikają z układu równań opisujących zastosowane przekształcenie odwrotne.</p> <p>W przypadku gdy typ transformacji określony jest jako 'Tform', kierunek transformacji jest zawsze odwrotny, niezależnie od podanej wartości parametru 'kierunek'.</p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabela 1. Wybrane elementarne (proste) przekształcenia geometryczne obrazu na płaszczyźnie (2D)

Przekształcenie	Macierz T	Układ równań dla współrzędnych punktów
translacja (wartości składowych wektora t_x i t_y w punktach)	$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ t_x & t_y & 1 \end{bmatrix}$	$x = v + t_x$ $y = w + t_y$
obrót o kąt α (wartość kąta w radianach)	$T = \begin{bmatrix} \cos(\alpha) & \sin(\alpha) & 0 \\ -\sin(\alpha) & \cos(\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$x = v \cdot \cos(\alpha) - w \cdot \sin(\alpha)$ $y = w \cdot \sin(\alpha) + v \cdot \cos(\alpha)$
Skalowanie (wartości skal dla osi x i y: s_x, s_y)	$T = \begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$x = v \cdot s_x$ $y = w \cdot s_y$

Przykłady:

```
Z = przekształc_obraz(X, 'typ', 'translacja', 'wymiar', [5.5 11 0], ...
    'kierunek', 'wprost');
```

Powyższa komenda wykona operację translacji obrazu **X** o wektor o składowych $t_x=5.5$, $t_y=11$ ($T = [5.5 \ 11]$), współrzędne obrazu wejściowego zostaną wprost przekształcone na współrzędne obrazu wynikowego z wykorzystaniem równań opisujących przekształcenie (translację).

```
tform = [1 0 0; 0 1 0; 5.5 11 1];
Z = przekształc_obraz(X, 'typ', 'Tform', 'wymiar', tform);
```

Powyższa komenda wykona operację translacji obrazu \mathbf{X} o wektor o składowych $t_x=5.5$, $t_y=11$

z wykorzystaniem rachunku macierzowego ($T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 5.5 & 11 & 0 \end{bmatrix}$).

5. Przebieg ćwiczenia

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia należy poprosić prowadzącego o wskazanie folderu zawierającego dane niezbędne do realizacji ćwiczenia.

Oznaczenia użyte w tekście:

sygnal – nazwa funkcji, która powinna zostać użyta w celu rozwiązania danego problemu,

s1 – nazwa zmiennej,

`s1a=s1(1:end/4)` – polecenie Matlab'a, które należy wpisać w okno komend (ang.: command window).

$s(t) = A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$ - opis w notacji matematycznej.

1. Przekształcenia geometryczne.

- Z pliku 'lena.mat' załadować do przestrzeni roboczej obraz **lena**.
- Wyświetl obraz **lena** (*pokaz_obraz*, domyślne wartości parametrów: 'typ' i 'mapa').
- Wykonaj trzy przekształcenia geometryczne obrazu **lena** dla parametru 'kierunek' o wartości 'wprost' (parametry: 'typ' i 'wymiar'):
 - translację o wektor $t_x=55.5$ i $t_y=111$ ('typ' = 'translacja'),
 - obrót o kąt $\alpha=30^\circ$ ('typ' = 'obrot'),
 - skalowanie ze skalą o składowych $s_x=2$, $s_y=1.5$ ('typ' = 'skalowanie').
- Zilustruj wyniki trzech przekształceń z p. 1.c (*pokaz_obraz*, domyślne wartości parametrów: 'typ' i 'mapa').
- Powtórz wszystkie trzy przekształcenia geometryczne obrazu **lena** z p. 1.c dla parametru 'kierunek' o wartości 'odwrotne' (pozostałe parametry bez zmian).
- Zilustruj wyniki trzech przekształceń z p. 1.e (*pokaz_obraz*, domyślne wartości parametrów: 'typ' i 'mapa').

Dla jakiej wartości parametru 'kierunek' po przekształceniu geometrycznym uzyskujemy jakościowo lepsze obrazy i dlaczego (p. 1.c i 1.e)?

- Powtórz wszystkie trzy przekształcenia geometryczne obrazu **lena** z p. 1.c dla parametru 'typ' o wartości 'Tform' (domyślna wartość parametru 'kierunek').
- Zilustruj wyniki trzech przekształceń z p. 1.g (*pokaz_obraz*, domyślne wartości parametrów: 'typ' i 'mapa').

2. Zadanie

Przekształcenia geometryczne obrazów można składać. To znaczy najpierw obraz I można poddać pewnemu przekształceniu P1, otrzymując obraz I' potem obraz ten można poddać kolejnemu przekształceniu P2, otrzymując kolejny obraz I'' itd. . Przekształcenie, które bezpośrednio prowadzi od obrazu I do I'' nazywamy przekształceniem złożonym gdyż jest to złożenie (iloczyn) przekształceń P1 i P2. Macierzowy opis przekształceń geometrycznych znacznie ułatwia składanie kilku przekształceń elementarnych. Złożenie przekształcenia polega na utworzeniu odpowiedniej dla niego macierzy poprzez wymnożenie macierzy przekształceń elementarnych.

- a. Porównaj czas realizacji przekształceń geometrycznych stosujących: wielokrotne wykonanie macierzowych przekształceń elementarnych ('**typ**' = '**Tform**') oraz przekształcenie złożone ('**typ**' = '**Tform**'). Test przeprowadź dla 100-krotnej translacji obrazu **lena** o wektor $t_x=1$. W obu przypadkach zastosuj pętlę **for** (wykonanie przekształceń prostych; wyznaczenie macierzy przekształcenia złożonego) oraz instrukcje **tic toc**. (w celu realizacji zadania zapoznaj się ze składnią instrukcji sterującej **for** oraz ze sposobem wykorzystania instrukcji **tic toc** do pomiaru czasu realizacji poleceń).
- b. Zilustruj wyniki p. 2.a (**pokaz_obraz**, domyślne wartości parametrów: '**typ**' i '**mapa**').

Wyjaśnij dlaczego uzyskane czasy realizacji przekształcenia są różne? Czy składanie przekształceń jest działaniem przemienne?

3. Arytmetyka obrazów

- a. Wykonaj następujące operacje arytmetyczne dla obrazu **lena** (**arytmetyka_obrazow**) dla obydwu wartości parametru '**przepelnienie**': '**saturacja**' oraz '**przewiniecie**':
 - **lena** + 100,
 - **lena** - 100,
 - **lena** .* 2,
 - **lena** ./ 5.
- b. Zilustruj wyniki operacji arytmetycznych (**pokaz_obraz**, domyślna wartość parametrów '**mapa**', samodzielnie dobierz wartość parametru '**typ**').

Dla każdej operacji arytmetycznej wyjaśnij czym spowodowane są ewentualne różnice pomiędzy wynikami operacji dla każdej wartości parametru '**przepelnienie**'. Pomocne może być porównanie maksymalnej i minimalnej wartości występujących w obrazie **lena** i w obrazach wynikowych.

Co będzie obrazem wynikowym dla operacji: **lena** - **max(lena(:))**, dla każdej wartości parametru '**przepelnienie**' ('**saturacja**' i '**przewiniecie**')?

4. Zadanie

- a. Z plików 'x1.mat' i 'x2.mat' załaduj do przestrzeni roboczej obrazy **x1** i **x2** i zilustruj je (***pokaz_obraz***, samodzielnie dobierz wartość parametru '**typ**').
- b. Dla obrazów **x1** i **x2** utwórz obraz ilustrujący wszystkie różnice je szczegóły (***arytmetyka_obrazow***, samodzielnie dobierz operator i wartość parametru '**przepelnienie**').
- c. Zilustruj wyniki (***pokaz_obraz***, samodzielnie dobierz wartość parametru '**typ**').

Wyjaśnij i uzasadnij dobór operacji i parametrów.

Sprawozdanie

Ćwiczenie nr 3 Data

L.p.	Imię i nazwisko	Grupa	Data
1			
2			
3			

Punkt ćwiczenia	Liczba punktów	Uzyskana liczba punktów	Uwagi prowadzącego
1	2		
2	3		
3	2		
4	3		