

## PRZETWARZANIE OBRAZÓW CYFROWYCH

## Transformata Fouriera dla obrazów cyfrowych. Filtracja w dziedzinie częstotliwości.

Cel:

- zapoznanie z wykorzystaniem transformaty Fouriera w przetwarzaniu obrazów cyfrowych,
- zapoznanie z pojęciem F-obrazu (amplitudy i fazy),
- zapoznanie z właściwościami transformaty Fouriera,
- zapoznanie z filtracją w dziedzinie częstotliwości.

## A. Dwuwymiarowa transformata Fouriera

1. Otwórz program Matlab. Ustaw ścieżkę Current Directory na swój własny katalog na dysku D. Utwórz nowy m-plik (New Script) lub (New->Script). Na początku wykonaj polecenia `close all; clearvars; clc;`
2. Wczytaj plik "dwieFale.bmp" (wcześniej ściagnij archiwum ze strony www i rozpakuj w odpowiednim katalogu). Jest to obraz powstały na podstawie następującej zależności:  

$$L(m,n)=128+127 \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot m}{32} + \frac{3 \cdot \pi}{4}\right) \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{8} - \frac{\pi}{2}\right) \quad m=0,1,\dots,31; n=0,1,\dots,31$$
3. Do realizacji dwuwymiarowej transformaty Fouriera służy funkcja `fft2`. Wykonaj operację transformaty na wczytanym obrazie. W ten sposób uzyskuje się tzw. F-obraz.
4. Dla celów wizualizacji często wykonuje się tzw. przesunięcie F-obrazów. Wykorzystaj funkcję `fftshift`, jako argument podaj wynik transformaty Fouriera.
5. Wyświetl wyniki transformaty. Na wspólnym wykresie (`subplot`) umieść obraz oryginalny, amplitudę i fazę F-obrazu. Amplitudę wyznacza się przy pomocy funkcji `abs`, a fazę przy pomocy funkcji `angle`. Uwagi:
  - w celu lepszej wizualizacji należy obliczyć logarytm dziesiętny z amplitudy: `A = log10(A+1);`
  - aby poprawnie zwizualizować fazę należy wykonać następującą instrukcję: `F = angle(Y.*(A>0.0001));` A - to amplituda, a Y rezultat transformacji Fouriera. Instrukcja eliminuje bliskie 0 elementy w macierzy Y. Ich pozostawienie powoduje niepoprawne wyświetlanie (wyskalowanie) fazy F-obrazu.
  - wykorzystaj składnię: `imshow(A, []);`
6. Wczytaj kolejno obrazy "kolo.bmp", "kwadrat.bmp", "kwadrat45.bmp", "trojkat.bmp". Czy analizując F-obraz można coś powiedzieć o kierunku krawędzi obiektów znajdujących się na obrazie?

7. Sprawdź (empirycznie) poprawność stwierdzenia: dwuwymiarowa transformata Fouriera jest złożeniem dwóch transformat jednowymiarowych (wykonanych np. najpierw wierszowo, a później kolumnowo). Jednowymiarowa transformata realizowana jest za pomocą funkcji `fft`. Wykonaj transformatę po wierszach `F1 = fft(A, [], 1);`, a następnie po kolumnach `F2=fft(F1, [], 2);`. Porównaj tak uzyskany wynik z rezultatem działania funkcji `fft2` (wizualnie lub poprzez odjęcie obrazów).
8. [P] Etap pracy zaprezentuj prowadzącemu.

## B. Własności dwuwymiarowej transformaty Fouriera

Zbadaj jak zmienia się F-obraz (amplituda i faza) podczas następujących operacji:

- translacja
  - rotacja
  - zmiana rozmiaru
  - kombinacja liniowa
1. Wykorzystaj stworzony wcześniej kod. Do badania wpływu translacji wykorzystaj obrazy "kwadrat.bmp" i "kwadratT.bmp".
  2. Przy badaniu wpływu rotacji wykorzystaj obrazy "kwadrat.bmp" i "kwadrat45.bmp".
  3. Przy badaniu wpływu zmiany rozmiaru wykorzystaj obrazy "kwadrat.bmp" i "kwadratS.bmp".
  4. Przy badaniu wpływu kombinacji liniowej wykorzystaj obrazy "kwadrat.bmp", "kwadrat45.bmp" i "kwadratKL.bmp".
  5. [P] Wyniki zaprezentuj prowadzącemu.

## C. Odwrotna dwuwymiarowa transformata Fouriera

1. Wykorzystaj stworzony wcześniej kod. Wybierz dowolny obraz np "kolo.bmp".
2. Przed realizacją odwrotnej transformaty Fouriera należy wykonać odwrotne przesunięcie - wykorzystaj funkcję `ifftshift`, jako argument podaj F-obraz (postać zespolona).
3. Wykonaj odwrotną operację - za pomocą funkcji `ifft2`.
4. Wyświetl wynik, sprawdź (wizualnie i poprzez odjęcie) czy obraz przed `fft2` i po `ifft2` jest taki sam.

## D. Filtracja obrazu w dziedzinie częstotliwości

Na jednym z poprzednich ćwiczeń zetknęliśmy się z pojęciem konwolucji - np. z filtracją dolno i górnoprzepustową. Operacja ta odpowiada mnożeniu w dziedzinie częstotliwości zgodnie z zależnością:  $g(x, y) * f(x, y) = G(u, v)F(u, v)$  (\* konwolucja) Kilka uwag:

- operacja filtracji w dziedzinie częstotliwości może okazać się bardziej efektywna w niektórych przypadkach - a dokładniej jeżeli operacje fft2 i ifft2 zajmą mniej czasu niż klasyczna konwolucja (zazwyczaj dla dużego obrazu, z dużą maską). Sama filtracja w dziedzinie częstotliwości to mnożenie całego obrazu przez jedną maskę
- w przypadku filtracji w dziedzinie częstotliwości zakłada się, że obraz "zawija się" na brzegach - co powoduje pewne artefakty
- w dziedzinie częstotliwości "działają" tylko filtry określone jako liniowe - filtry medianowe, maksymalne, minimalne itp. nie mają swoich odpowiedników.

- Utwórz nowy m-plik (**New Script**) lub (**New->Script**). Na początku wykonaj polecenia `close all; clearvars; clc;`
- Wczytaj obraz "lena.bmp". Wykonaj transformatę Fouriera dla obrazu "lena.bmp" - wykorzystaj stworzony poprzednio kod. Wyświetl obraz oryginalny, amplitudę i fazę.
- Przeprowadź filtrację dolnoprzepustową - usuń górne częstotliwości (czyli przy tak przyjętej wizualizacji leżące daleko od środka F-obrazu (wizualizacja amplitudy)).
  - na początku tworzymy filtr "kołowy", dolnoprzepustowy
  - polecenie `[f1, f2] = freqspace(512, 'meshgrid');` wygeneruje wektory opisujące przestrzeń w dziedzinie częstotliwości (512 – z uwagi na rozmiar obrazka)
  - `Hd = ones(512);` - początkowo filtr inicujemy samymi wartościami '1' 512 - rozmiar obrazka
  - `r = sqrt(f1.^2 + f2.^2);` - wektor r promień koła w dziedzinie częstotliwości
  - `Hd((r>0.1)) = 0;` - wybieramy interesujący nas zakres - tu można zdefiniować typ filtra (dolno, górnego, pasmowoprzepustowy)
  - filtr można zwizualizować: `colormap(jet(64)); mesh(f1, f2, Hd);`
- Wykonaj właściwą filtrację, czyli mnożenie F-obrazu przez filtr Hd - znak operacji `'.*'` (mnożenie macierzy element przez element).
- Wykonaj operację odwrotnego przesunięcia (`ifftshift`) i odwrotnej transformaty (`ifft2`), wynik wyświetl.
- Poeksperymentuj z rozmiarem filtru, zaimplementuj filtr górnoprzepustowy (zmiana znaku przy warunku na 'r') oraz pasmowo przepustowy (dwa warunki na 'r' połączone operatorem OR "`"`") - wykonaj co najmniej trzy filtry.
- W ten sposób zaimplementowana filtracja wprowadza pewne artefakty - w postaci "pierścieni" wokół krawędzi. Zapobiec temu zjawisku można zapobiec odpowiednio "modelując" filtr - np. jako okno Hamminga, Hanninga, Chebysheva (znane z przetwarzania sygnałów 1D).

8. Wykorzystaj instrukcje:

```
h = fwind1(Hd,hanning(21));      - tworzenie filtra 2D  
[H f1 f2] = freqz2(h,512,512);   - wyznaczanie odpowiedzi filtra
```

Zamiast okna Hanninga można wykorzystać inne - funkcje : hamming, chebwin itp. więcej dokumentacji do funkcji fwind1.

Okno można zwizualizować:

```
mesh(f1,f2,H);
```

9. [P] Przeprowadź przykładową filtrację dolno i górnoprzepustową. Sprawdź w jaki sposób użycie okna poprawia rezultat filtracji. Wyniki zaprezentuj prowadzącemu.

**nne zastosowanie transformaty Fouriera:**

- wykrywanie dominującej orientacji na obrazie
- usuwanie zakłóceń okresowych (np. typu halftone)
- usuwanie zakłóceń, poprzez tworzenie modeli systemu wizyjnego (np. słynna poprawa ostrości dla teleskopu Hubble), filtry Wienera,
- usuwanie rozmazania wynikającego z ruchu
- wyszukiwanie wzorca i korelacja

**\*\*\*Zadanie dodatkowe: implementacja wyszukiwania wzorca za pomocą FFT**

1. Utwórz nowy m-plik (**New Script**) lub (**New->Script**). Na początku wykonaj polecenia `close all; clearvars; clc;` Wczytaj obrazy "literki.bmp" i "wzorA.bmp". Wyświetl obrazy.
2. Wyznacz transformatę Fouriera obrazu "literki.bmp" oraz obróconego o 180° obrazu "wzorA.bmp" (wykorzystaj składnię: `wzorAF = fft2(rot90(wzorA,2),256,256);`). Ważne aby po transformacie F-obraz "wzorA.bmp" miał rozmiar 256x256.
3. Wymnóż oba F-obrazy (operator `.*`). Wykonaj odwrotną transformatę Fouriera.
4. Wykonaj operację filtracji `tophat` (`imtophat`) - wyszukiwanie maksymów lokalnych na obrazie - na rezultacie odwrotnej transformaty Fouriera. Przeczytaj w dokumentacji do funkcji jak ustalić drugi parametr -SE - wykorzystaj funkcję `strel` - kształt otoczenia ustal na kwadrat o boku 3x3. Wynik filtracji wyświetl.
5. [P] Czy widoczne są maksima odpowiadające literce A ? Wyniki zaprezentuj prowadzącemu.