

# WMM

## Lab. 4 - przetwarzanie obrazów

### Uwaga

Skrypt generuje dużą ilość obrazków do wyświetlenia. Przy zbyt dużej ich liczbie mogą wystąpić kłopoty z wydajnością - wtedy najlepiej usunąć wyjścia ze zbędnych już kawałków skryptu, lub wykomentować fragment funkcji `imshow` odpowiedzialny za prezentację obrazków w środku notatnika jupyterowego i posługiwać się tylko wygenerowanymi plikami w katalogu `./out`.

### Przygotowanie

#### Przygotowanie bibliotek i ścieżek do plików

Numer przydzielonego mi obrazka to:

$$310864 \bmod 36 = 4$$

, zatem będę pracował na obrazach o nazwie `bikes_*.png`



```
import cv2
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
```

```

from pathlib import Path
from IPython.display import display

data_dir = Path("./obrazy")
img_basename = "bikes"
img_paths = {key: str(path) for key, path in {
    "color": data_dir / "color" / f"{img_basename}_col.png",
    "color_inoise1": data_dir / "color_inoise1" / f"{img_basename}_col_inoise.png",
    "color_inoise2": data_dir / "color_inoise2" / f"{img_basename}_col_inoise.png",
    "color_noise": data_dir / "color_noise" / f"{img_basename}_col_noise.png",
}.items()}

out_dir_root = Path("./out")

```

## Przygotowanie funkcji wyświetlającej (i zapisującej) obrazy

Przed wyświetleniem obrazka w `matplotlib` trzeba go przekonwertować na przestrzeń kolorów domyślnie wspieraną przez tę bibliotekę - RGB zamiast BGR.

```

def imshow(img: np.ndarray, img_title: str = "image",
          out_dir: str | Path = None, out_basename: str = None):
    plt.figure(figsize=(15, 10))
    plt.title(img_title)
    # konwersja na przestrzeń RGB wspieraną przez matplotlib
    img_RGB = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2RGB)
    # bez skalowania wartości pikseli
    plt.imshow(img_RGB, cmap="gray", vmin=0, vmax=255)
    plt.xticks([]), plt.yticks([])

    if out_dir is not None:
        out_dir = Path(out_dir)
        out_dir.mkdir(parents=True, exist_ok=True)
        if out_basename is None:
            out_filename = out_dir / f"{img_title}.png"
        else:
            out_filename = out_dir / out_basename
        cv2.imwrite(str(out_filename), img)

    plt.show()
    plt.close()

```

## Przygotowanie funkcji obliczającej PSNR

```

def calcPSNR(img1: np.ndarray, img2: np.ndarray):
    imax = 255.**2 # zakładana wartość pikseli z przedziału [0, 255]

    # w różnicy obrazów istotne są wartości ujemne, dlatego img1 konwertowany
    # do typu np.float64 (liczby rzeczywiste) aby nie ograniczać wyniku do
    # przedziału [0, 255]

    # img1.size - liczba elementów w img1
    # ==img1.shape[0]*img1.shape[1] dla obrazów mono,
    # ==img1.shape[0]*img1.shape[1]*img1.shape[2] dla obrazów barwnych

    mse = ((img1.astype(np.float64) - img2)**2).sum() / img1.size
    return 10.0 * np.log10(imax / mse)

```

## Zadanie 1

## Treść zadania

Zrealizować operację filtracji barwnego obrazu cyfrowego.

Do realizacji zadania wykorzystać obrazy zaszumione (szumem gaussowskim oraz impulsowym).

Każdy z obrazów wejściowych poddać przetwarzaniu filtrem wygładzającym (Gaussa) i filtrem medianowym. Każdy obraz wynikowy wyświetlić i obliczyć dla niego PSNR (w stosunku do obrazu oryginalnego, nie zaszumionego!), funkcja do obliczania PSNR dostępna jest w przykładowym skrypcie). Ocenić działanie filtrów dla masek o rozmiarach: 3x3, 5x5, 7x7.

Zebrać w tabeli PSNR dla różnych rodzajów szumów, filtrów i rozmiarów maski.

- Jaki wpływ na skuteczność filtracji i na zniekształcenie obrazu ma rozmiar maski filtru?
- Czy ocena subiektywna uzyskanych obrazów wynikowych, jest zgodna z PSNR (lepsza jakość – większy PSNR)?

Opisać wnioski w sprawozdaniu

## Przygotowanie danych

- oryginalny, niezaszumiony obraz
- lista obrazów zaszumionych różnymi typami szumów
- lista rozmiarów boku filtra
- lista tabel miar PSNR (dla każdego typu szumu osobno)
- bazowy folder na wygenerowane obrazy

```
# oryginalny obraz
img = cv2.imread(img_paths["color"])

# zaszumione obrazy
img_noise_names = ["szum sól i pieprz", "szum Gaussa"]
img_noise_paths = [img_paths[name]
                   for name in ["color_inoise1", "color_noise"]]
imgs_noise = [cv2.imread(path) for path in img_noise_paths]

# rozmiary filtrów (jeden bok)
filter_sizes = [3, 5, 7]

# tabele z wynikowymi wartościami PSNR
psnrs_dfs = {name: pd.DataFrame() for name in img_noise_names}

# folder wyjściowy na wygenerowane obrazy
out_dir = out_dir_root / "zad1"
```

## Wygładzanie obrazów

Generowanie wygładzonych obrazów oraz obliczenie dla nich wartości miary PSNR.

```
for img_noise, img_name in zip(imgs_noise, img_noise_names):
    psnrs_df = psnrs_dfs[img_name]

    # wyświetlenie obrazu oryginalnego
```

```

imshow(img_noise, f"{img_name} - bez filtra")
for filter_size in filter_sizes:
    # filtr Gaussa
    # nałożenie filtra
    img_gauss = cv2.GaussianBlur(img_noise, (filter_size, filter_size), 0)
    # zapisanie wartości PSNR dla przefiltrowanego obrazu
    psnrs_df.loc[filter_size, "filtr Gaussa"] = calcPSNR(img, img_gauss)
    # wyświetlenie i zapisanie obrazu
    img_title = f"{img_name}; filtr Gaussa; rozmiar filtra: {filter_size}"
    imshow(img_gauss, img_title,
           out_dir=out_dir / img_name.replace(" ", "_"),
           out_basename=f"gauss-{filter_size}.png")

    # filtr medianowy
    # nałożenie filtra
    img_med = cv2.medianBlur(img_noise, filter_size)
    # zapisanie wartości PSNR dla przefiltrowanego obrazu
    psnrs_df.loc[filter_size, "filtr medianowy"] = calcPSNR(img, img_med)
    # wyświetlenie i zapisanie obrazu
    img_title = f"{img_name}; filtr medianowy; rozmiar filtra: {filter_size}"
    imshow(img_med, img_title,
           out_dir=out_dir / img_name.replace(" ", "_"),
           out_basename=f"med-{filter_size}.png")

```

szum sól i pieprz - bez filtra



szum sól i pieprz; filtr Gaussa; rozmiar filtra: 3



szum sól i pieprz; filtr medianowy; rozmiar filtra: 3



szum sól i pieprz; filtr Gaussa; rozmiar filtra: 5



szum sól i pieprz; filtr medianowy; rozmiar filtra: 5



szum sól i pieprz; filtr Gaussa; rozmiar filtra: 7



szum sól i pieprz; filtr medianowy; rozmiar filtra: 7



szum Gaussa - bez filtra



szum Gaussa; filtr Gaussa; rozmiar filtra: 3



szum Gaussa; filtr medianowy; rozmiar filtra: 3



szum Gaussa; filtr Gaussa; rozmiar filtra: 5



szum Gaussa; filtr medianowy; rozmiar filtra: 5



szum Gaussa; filtr Gaussa; rozmiar filtra: 7





## Obserwacje subiektywne

- niezależnie od typu szumu i typu filtra, im większy rozmiar filtra tym gorszy jest wynik (mniej szczegółowy, bardziej rozmyty - filtr mocniej działa)
- dla szumu typu sól i pieprz lepiej sprawdzał się filtr medianowy, a dla szumu Gaussa - filtr Gaussa
- filtr Gaussa lepiej sobie radził przy większych rozmiarach filtra niż filtr medianowy - rozmycie wydawało się bardziej naturalne, mniej informacji zostało straconej

## Wyświetlenie tabel z miarami PSNR

Indeks rzędu pokazuje długość boku filtra, a kolumny rodzaj filtra.

```
for img_name, psnrs_df in psnrs_dfs.items():
    print(f"{img_name}: tabela PSNR")
    display(psnrs_df)
```

szum sól i pieprz: tabela PSNR

**filtr Gaussa    filtr medianowy**

	filtr Gaussa	filtr medianowy
3	25.859112	27.288388
5	24.461200	23.321736
7	23.014001	21.859843

szum Gaussa: tabela PSNR

	filtr Gaussa	filtr medianowy
3	27.410793	26.830133
5	25.052023	23.233747
7	23.271935	21.820245

Miary PSNR zdają się oddawać moje odczucia. Im większa miara PSNR, tym ładniejszy obraz według mnie. Widać nawet przewagę filtra Gaussa nad filtrem medianowym przy większych rozmiarach filtra.

## Zadanie 2

### Treść zadania

Zrealizować operację wyrównania histogramu dla obrazu barwnego i zapisać obraz wynikowy do pliku.

**UWAGA:** operację wyrównania histogramu należy wykonać wyłącznie dla składowej odpowiadającej za jasność, w tym celu należy wejściowy obraz RGB skonwertować do innej przestrzeni (np. YCbCr/YUV), a po wyrównaniu histogramu dla właściwej składowej powrócić do pierwotnego formatu.

Porównać uzyskane obrazy i ich histogramy (w szczególności: histogram dla składowej, dla której wykonano operację wyrównywania histogramu).

Czy obraz po wyrównaniu histogramu jest subiektywnie lepszej jakości?

### Przygotowanie danych

```
# oryginalny obraz
img = cv2.imread(img_paths["color"])

# folder wyjściowy
out_dir = out_dir_root / "zad2"
```

### Wyrównanie histogramu

Oryginalny obraz został skonwertowany do przestrzeni kolorów YCrCb, a następnie przeprowadzono na nim wyrównanie histogramu luminancji. Na końcu przywrócono przetworzonemu obrazowi oryginalną przestrzeń kolorów.

```
# generowanie obrazu z wyrównanym histogramem Luminancji
# konwersja do YCrCb
img_YCrCb = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2YCR_CB)
# wyrównanie histogramu Luminancji
img_eq_YCrCb = np.copy(img_YCrCb)
img_eq_YCrCb[:, :, 0] = cv2.equalizeHist(img_YCrCb[:, :, 0])
# konwersja z powrotem do BGR
img_eq = cv2.cvtColor(img_eq_YCrCb, cv2.COLOR_YCrCb2BGR)

# porównanie obrazów
imshow(img, "oryginalny obraz")
imshow(img_eq, "obraz z wyrównanym histogramem",
       out_dir=out_dir, out_basename="eq-luminance.png")
```

oryginalny obraz



obraz z wyrównanym histogramem



Obserwacje subiektywne

Według mnie obraz po wyrównaniu histogramu luminancji stał się za jasny. Dodatkowo niektóre szczegóły zaczęły się zlewać, np. fałdy na ubraniach motocyklistów są w wielu miejscach dużo mniej widoczne. Mam wrażenie, jakby sceneria była oświetlona sztucznym, agresywnym, białym światłem, zamiast naturalnym - słonecznym.

## Porównanie histogramów

Zaimplementowana została funkcja `compare_histograms`, która tworzy histogram dwóch obrazów (o jednym kanale) na jednym wykresie, w celu łatwego ich porównania.

Następnie funkcja ta została wywołana dla wszystkich kanałów obrazu w przestrzeni BGR oraz dla kanału luminancji obrazu w przestrzeni YCrCb (nie była wywoływana dla obu kanałów chrominancji, ponieważ nie były one modyfikowane)

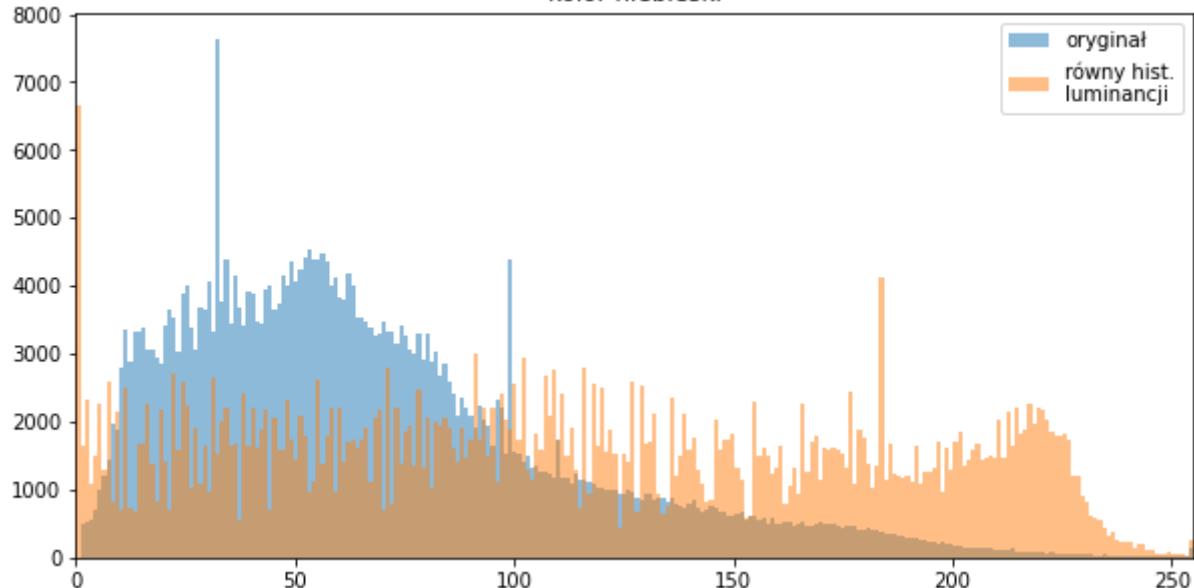
```
def compare_histograms(img1: np.ndarray, img2: np.ndarray,
                      label1: str = None, label2: str = None,
                      title: str = None,
                      out_dir: str | Path = None, out_basename: str = None):
    plt.figure(figsize=(10, 5))
    plt.title(title)
    plt.hist(img1.flatten(), 256, range=(0, 255), alpha=0.5, label=label1)
    plt.hist(img2.flatten(), 256, range=(0, 255), alpha=0.5, label=label2)
    plt.xlim((0, 255))
    plt.legend()

    if out_dir is not None:
        out_dir = Path(out_dir)
        out_dir.mkdir(parents=True, exist_ok=True)
        if out_basename is None:
            out_filename = out_dir / f"{img_title}.png"
        else:
            out_filename = out_dir / out_basename
        plt.savefig(out_filename)

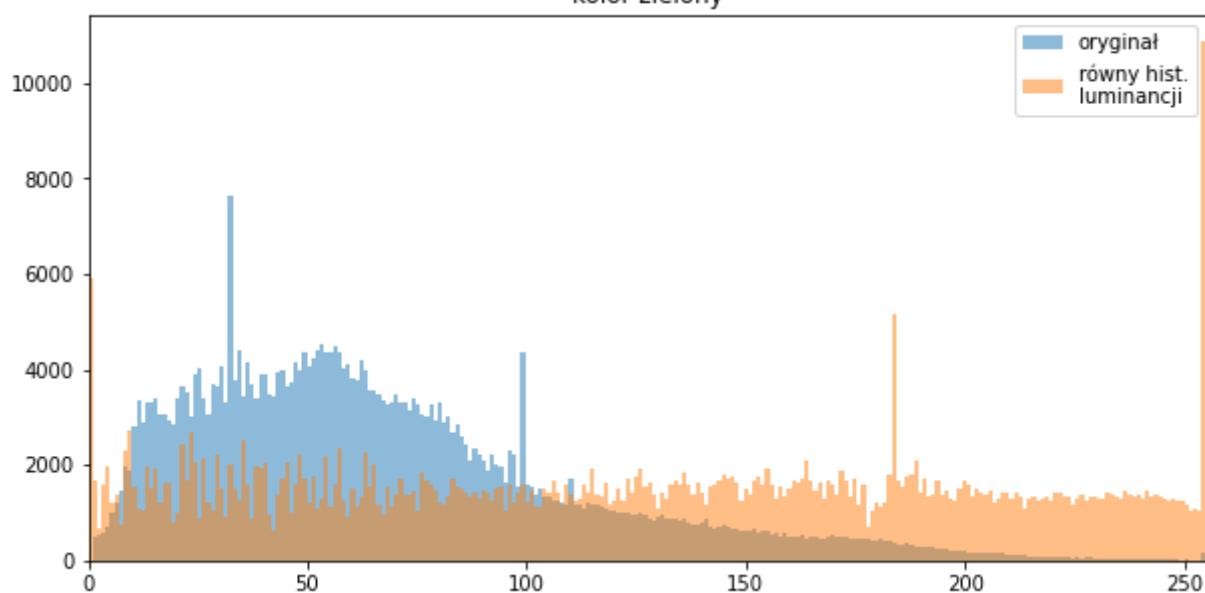
    plt.show()
    plt.close()

compare_histograms(img[:, :, 0], img_eq[:, :, 0],
                   label1="oryginał", label2="równy hist.\nluminancji",
                   title="kolor niebieski",
                   out_dir=out_dir / "hist", out_basename="blue.png")
compare_histograms(img[:, :, 0], img_eq[:, :, 1],
                   label1="oryginał", label2="równy hist.\nluminancji",
                   title="kolor zielony",
                   out_dir=out_dir / "hist", out_basename="green.png")
compare_histograms(img[:, :, 0], img_eq[:, :, 2],
                   label1="oryginał", label2="równy hist.\nluminancji",
                   title="kolor czerwony",
                   out_dir=out_dir / "hist", out_basename="red.png")
compare_histograms(img_YCrCb[:, :, 0], img_eq_YCrCb[:, :, 0],
                   label1="oryginał", label2="równy hist.\nluminancji",
                   title="luminancja",
                   out_dir=out_dir / "hist", out_basename="luminance.png")
```

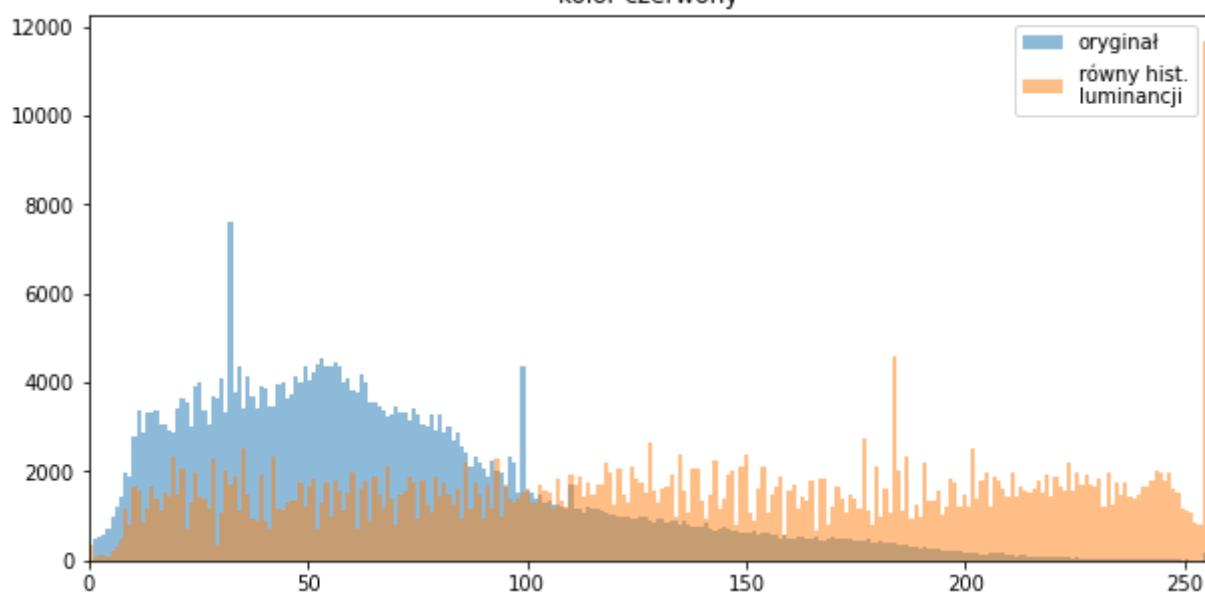
kolor niebieski

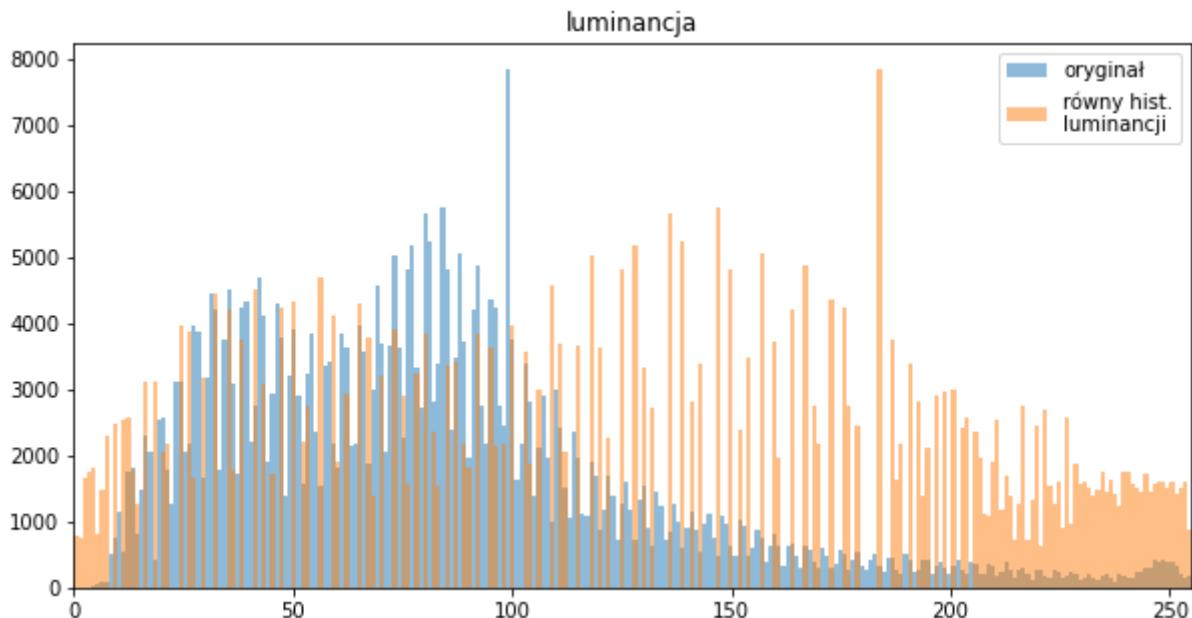


kolor zielony



kolor czerwony





## Obserwacje

- poprzez wyrównanie histogramu luminancji, histogramy wszystkich kanałów przestrzeni BGR również zostały wyrównane, 'spłaszczone'
- w wyrównanym histogramie luminancji widać dużo pustych wartości - może to być przyczyna wrażenia zlewania się kolorów, ponieważ ok. 40% poziomów luminancji nie jest w ogóle wykorzystywanych

## Zadanie 3

### Treść zadania

Korzystając z filtra Laplace'a do wyznaczenia wysokoczęstotliwościowych składowych obrazu dokonać wyostrzenia obrazu:

```
img_out = img_in + W*img_laplace
```

Jaki jest wpływ wagi składowej wysokoczęstotliwościowej na postać obrazu wynikowego?

Dla jakich wartości tej wagi uzyskuje się dobre, przyjemne dla oka wyniki?

**Uwaga:** należy pamiętać, że wyostrzanie obrazu powoduje również uwydatnienie szumu w obrazie, w niektórych przypadkach (niezbyt dobrej jakości obrazów oryginalnych) przydatne może być wstępne wygładzenie obrazu filtrem dolnoprzepustowym (np. filtrem Gaussa). Wskazówka: wykorzystać funkcję `cv2.addWeighted()` do sumowania obrazów i równoczesnej konwersji wyniku do 8-bitowych liczb całkowitych z przedziału `[0, 255]`.

**Uwaga:** ze względu na sposób wyliczania laplasjanu w bibliotece OpenCV w celu uzyskania 'dobrych' wyników należy odjąć 'obraz wysokoczęstotliwościowy', czyli zastosować ujemne wartości wagi W.

### Przygotowanie danych

```
# oryginalny obraz
```

```
img = cv2.imread(img_paths["color"])

# folder wyjściowy
out_dir = out_dir_root / "zad3"
```

## Filtr Laplace'a

W celu sensownego wyświetlenia filtru Laplace'a przeprowadziłem normalizację wartości absolutnej wyjścia funkcji `cv2.Laplacian()`. Tak spreparowany obraz służy tylko do wyświetlania - nie nadaje się dobrze do wyostrzania poprzez nałożenie go na oryginalny obraz.

```
# filtr Laplace'a
# do wyświetlenia została wzięta jego wartość absolutna i został znormalizowany,
# ponieważ miał wartości daleko wychodzące poza zakres 0..255
img_laplace = cv2.Laplacian(img, cv2.CV_64F)
img_laplace_norm = cv2.normalize(
    abs(img_laplace),
    None,
    alpha=0,
    beta=255,
    norm_type=cv2.NORM_MINMAX,
    dtype=cv2.CV_8U)

# porównanie obrazów
imshow(img, "oryginalny obraz")
imshow(img_laplace_norm, "filtr Laplace'a",
       out_dir=out_dir, out_basename="laplace-filter.png")
```

oryginalny obraz





## Wystrzelenie krawędzi

Filtr (ten bez wartości absolutnej i normalizacji) jest nakładany na obraz oryginalny z różnymi wagami.

```
# nalożenie filtru Laplace'a na oryginalny obraz z różnymi wagami
weights = [0.2, 0.35, 0.5, 0.65, 0.8, 1, 2]
for weight in weights:
    img_sharpened = cv2.addWeighted(img, 1, img_laplace, -weight, 0,
                                    dtype=cv2.CV_8U)
    weight_str = f"{weight:.2f}".replace(".", ",")
    imshow(img_sharpened, f"obraz wystrzony z wagą {weight}",
           out_dir=out_dir, out_basename=f"sharpened-{weight_str}.png")
```

obraz wyostrzony z wagą 0.2



obraz wyostrzony z wagą 0.35



obraz wyostrzony z wagą 0.5



obraz wyostrzony z wagą 0.65



obraz wyostrzony z wagą 0.8



obraz wyostrzony z wagą 1



obraz wyostrzony z wagą 2



## Obserwacje subiektywne

- im wyższa waga składowej wysokoczęstotliwościowej, tym ostrzejsze stają się szczegóły na obrazie
- wyostrzenie z wagą 0.2 daje najlepszy efekt - szczegóły takie jak napisy na ubraniach stają się czytelniejsze, bez wprowadzania nadmiernych efektów ubocznych
- użycie wyższych wag zbyt mocno uwypukla szum oraz sztucznie rozjaśnia fragmenty z dużą liczbą krawędzi, np. szypruchy w kołach motocykli lub grudki ziemi

## Wygładzenie obrazu filtrem Gaussa przed wyostrzeniem krawędzi

Tym razem przed operacją wyostrzenia została zastosowana operacja wygładzenia obrazu filtrem Gaussa

```
# obraz wygładzony filtrem Gaussa
img_gauss = cv2.GaussianBlur(img, (3, 3), 0)

# nałożenie filtra Laplace'a na wygładzony obraz z różnymi wagami
weights = [0.2, 0.35, 0.5, 0.65, 0.8, 1, 2]
for weight in weights:
    img_sharpened = cv2.addWeighted(img_gauss, 1, img_laplace, -weight, 0,
                                    dtype=cv2.CV_8U)
    weight_str = f"{weight:.2f}.replace(".", ",")
    imshow(img_sharpened, f"wygładzony, wyostrzony obraz z waga {weight}",
           out_dir=out_dir / "pre-gauss", out_basename=f"sharpened-{weight_str}.png")
```

wygładzony, wyostrzony obraz z wagą 0.2



wygładzony, wyostrzony obraz z wagą 0.35



wygładzony, wyostrzony obraz z wagą 0.5



wygładzony, wyostrzony obraz z wagą 0.65



wygładzony, wyostrzony obraz z wagą 0.8



wygładzony, wyostrzony obraz z wagą 1





## Obserwacje subiektywne

- teraz można pozwolić sobie na wyższe wagi, bez narażania się na ryzyko zbytniego podbicia szumu
- dalej zostaje efekt sztucznego rozjaśnienia fragmentów z dużą ilością krawędzi (szprych), przy zbyt dużych wagach
- tym razem waga 0.35 daje najlepszy efekt - lepszy niż waga 0.2 bez uprzedniego przepuszczenia przez filtr Gaussa