

# Sygnały i obrazy cyfrowe

## Zastosowania Konwolucji

Łukasz Kwieciński 284142

11 stycznia 2026

## 1 Wprowadzenie

Celem ćwiczenia było zapoznanie się z praktycznymi zastosowaniami konwolucji w przetwarzaniu obrazów cyfrowych. W ramach zadań zaimplementowano wybrane operacje filtracji obrazu, takie jak wykrywanie krawędzi, rozmywanie, wyostrzanie oraz usuwanie szumu, z wykorzystaniem odpowiednio dobranych jąder konwolucji. Dodatkowym celem ćwiczeń było wykonanie procesu demozaikowania, polegającego na rekonstrukcji obrazu kolorowego RGB na podstawie mozaiki barwnej. Uzyskane wyniki pozwoliły na ocenę wpływu różnych filtrów na jakość obrazu oraz lepsze zrozumienie działania konwolucji 2D w analizie obrazu.

## 2 Zastosowania konwolucji

### 2.1 Cel ćwiczenia

Celem pierwszego zadania było zapoznanie się z praktycznym zastosowaniem konwolucji dyskretnej w przetwarzaniu obrazów. Zadanie miało na celu samodzielna implementację operacji konwolucji 2D oraz wykorzystanie jej do realizacji podstawowych operacji takich jak wykrywanie krawędzi, rozmywanie oraz wyostrzanie obrazu. Dodatkowym celem była analiza wpływu różnych jąder konwolucyjnych na otrzymany obraz oraz obserwacja zmian jasności i szczegółowości obrazu w zależności od zastosowanego filtra.



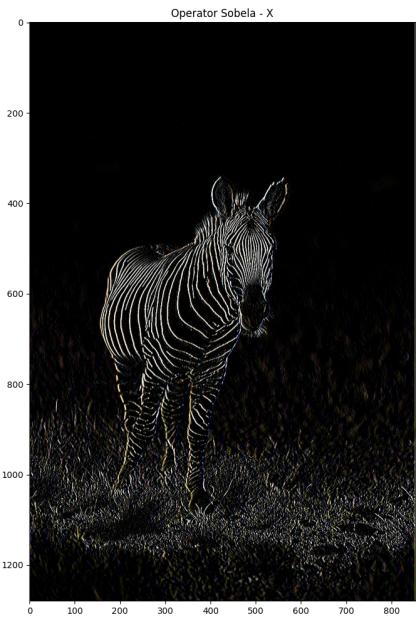
Rysunek 1: Oryginalne zdjęcie

## 2.2 Wykrywanie krawędzi

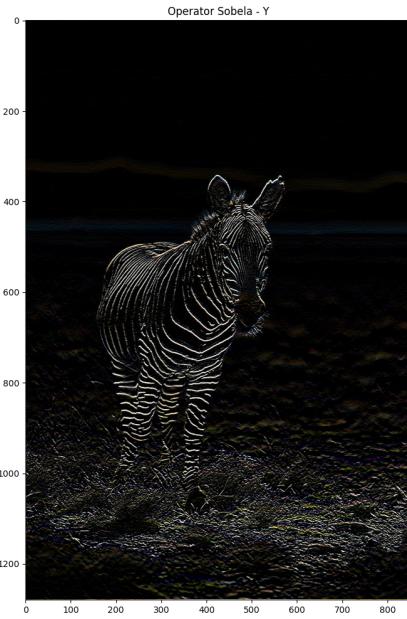
Jądra konwolucji

$$S_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \text{- operator Sobela (oś X)}$$
$$S_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad \text{- operator Sobela (oś Y)}$$
$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} \quad \text{- suma operatorów } S_x \text{ i } S_y$$
$$L = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{- operator Laplace}$$

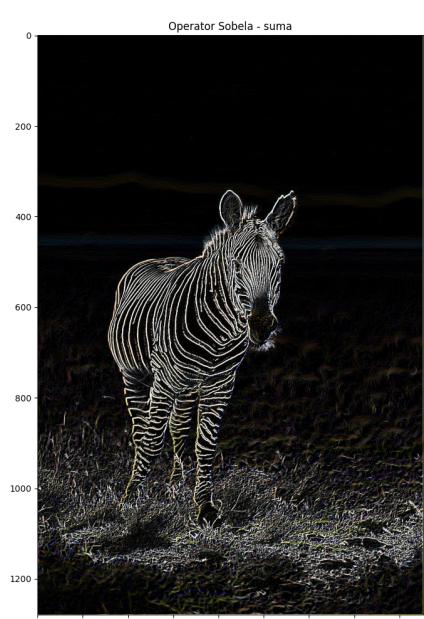
### 2.2.1 Operator Sobela



Rysunek 2: Wynik konwolucji z ja- drem  $S_x$



Rysunek 3: Wynik konwolucji z ja- drem  $S_y$



Rysunek 4: Suma konwolucji

### 2.2.2 Operator Laplace

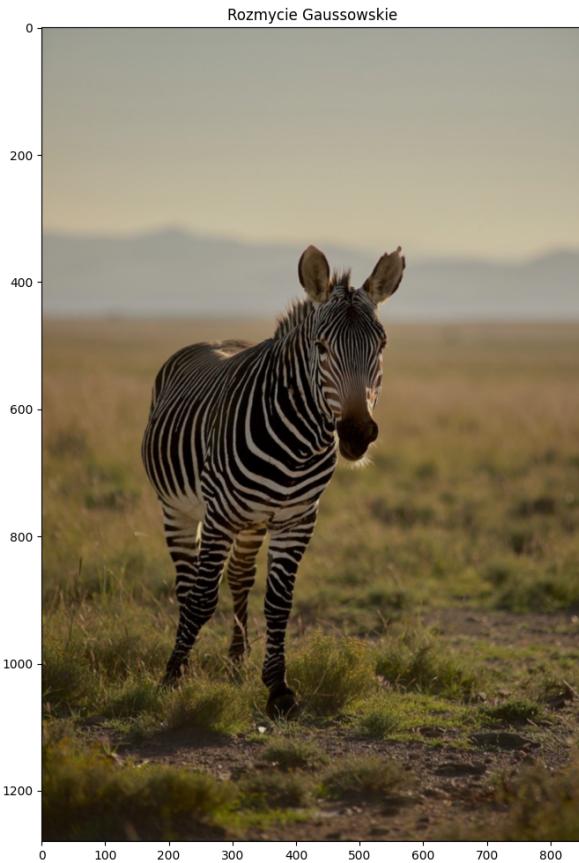


Rysunek 5: Wynik konwolucji z jądrem L

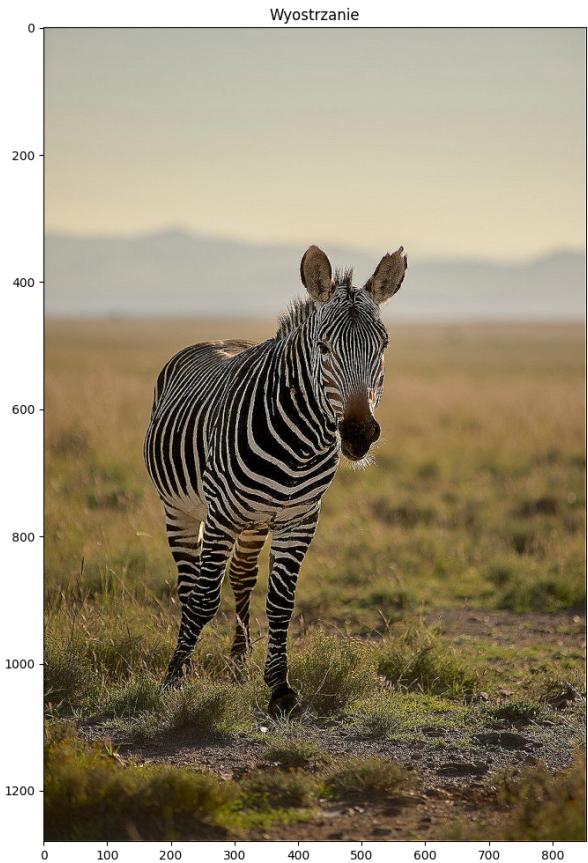
## 2.3 Rozmywanie i wyostrzanie

Jądra konwolucji

$$G = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 1 & 4 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad - \text{jądro Gaussowskie}$$
$$W = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad - \text{jądro do wyostrzania}$$



Rysunek 6: Wynik konwolucji z jądrem  $G$  (rozmazywanie)



Rysunek 7: Wynik konwolucji z jądrem  $W$  (wystrzanie)

## 2.4 Wnioski

W przypadku wykrywania krawędzi operator Sobela wykazał silną zależność od kierunku detekcji. Filtr  $S_x$  uwypukniał głównie krawędzie pionowe, natomiast  $S_y$  – poziome, co jest zgodne z opisem operatorów gradientowych w instrukcji. Zastosowanie sumy operatorów Sobela w osiach X oraz Y pozwoliło na uzyskanie pełniejszej informacji o krawędziach niezależnie od ich orientacji, co subiektywnie dało najbardziej czytelny i kompletny obraz konturów. Operator Laplace'a, mimo że wykrywa krawędzie niezależnie od kierunku, generował obraz bardzo zbliżony wizualnie do wyniku uzyskanego z operatora Sobela. Różnica polegała głównie na mniejszej intensywności wykrytych krawędzi, linie były wyraźnie słabsze i mniej kontrastowe.

Rozmywanie obrazu za pomocą filtru Gaussowskiego, mimo niewielkiego efektu wizualnego przy jądrze  $3 \times 3$ , prowadziło do delikatnego wygładzenia obrazu i redukcji drobnych detali. Efekt był subtelny, jednak zauważalny szczególnie na krawędziach oraz w obszarach o wysokiej częstotliwości zmian jasności, co jest zgodne z teoretycznym działaniem rozmycia Gaussowskiego. Wystrzanie obrazu przy użyciu odpowiedniego jądra skutkowało wzmacnieniem krawędzi i detali, jednak jednocześnie powodowało zwiększenie widoczności szumu.

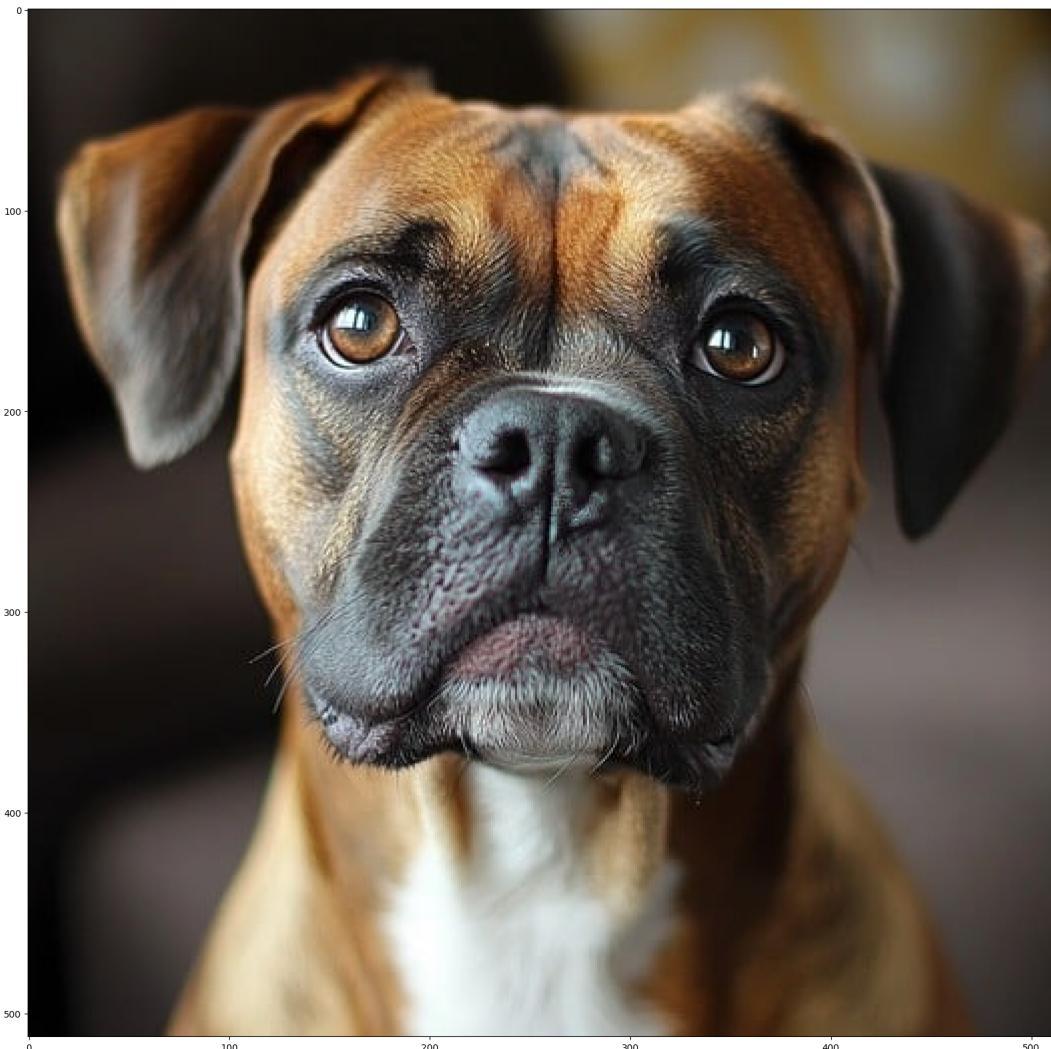
### 3 Demozaikowanie

#### 3.1 Cel ćwiczenia

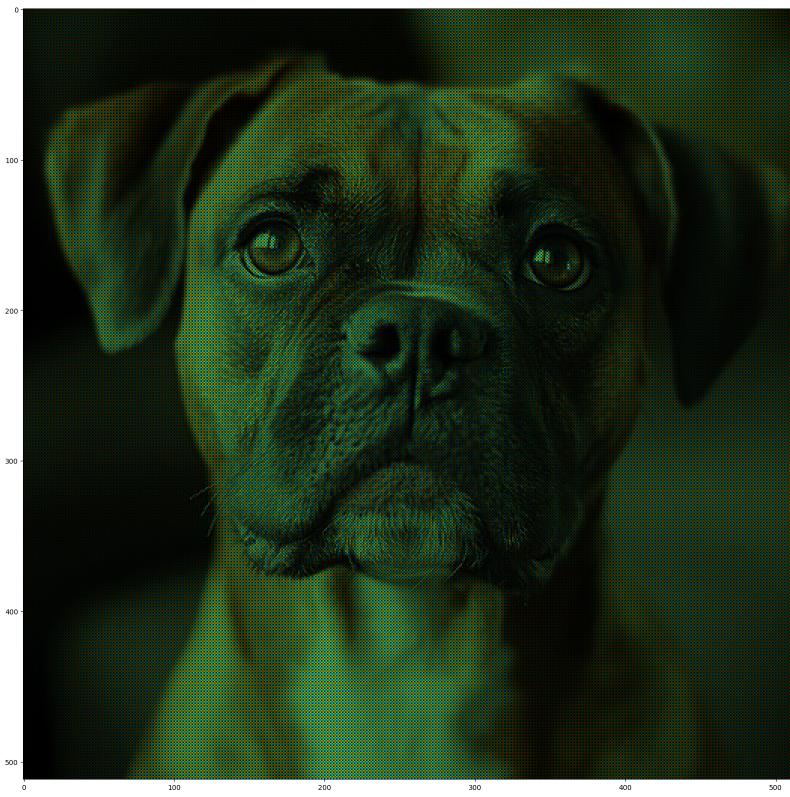
Celem zadania było zrozumienie procesu demozaikowania obrazów, czyli rekonstrukcji pełnego obrazu kolorowego RGB na podstawie danych z pojedynczego kanału koloru zapisanego zgodnie z maską CFA. Zadanie polegało na implementacji demozaikowania z wykorzystaniem konwolucji 2D dla wybranego filtra kolorów (maski Bayera), poprzez odpowiedni dobór masek i wzmocnienie konwolucji. Celem było uzyskanie poprawnej rekonstrukcji obrazu kolorowego oraz subiektywna ocena jakości obrazu wynikowego.

Filtry kolorów

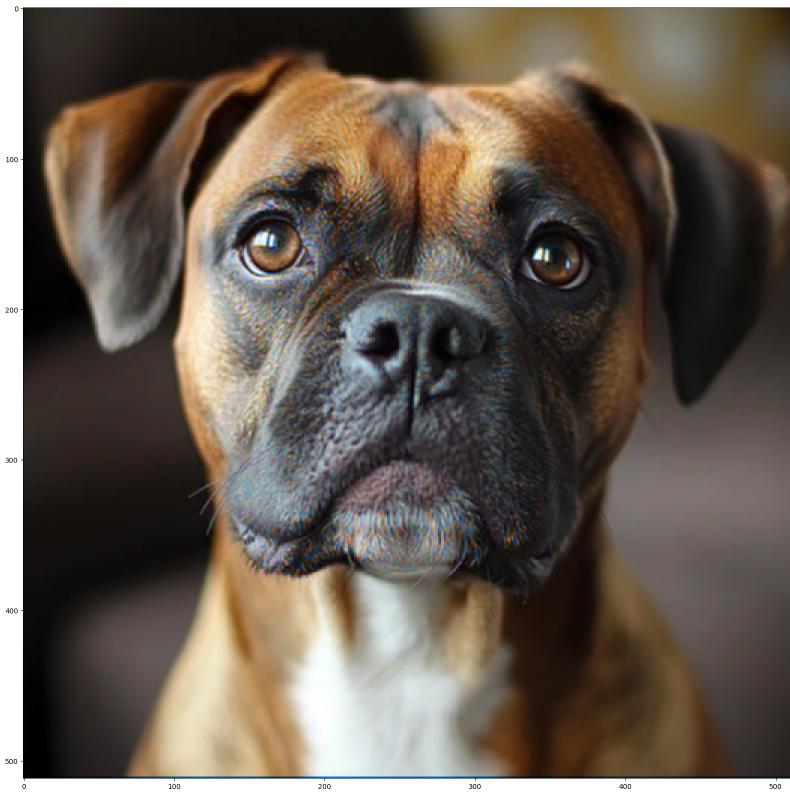
$$B = \begin{bmatrix} G & R \\ B & G \end{bmatrix} \quad - \text{ maska Bayera}$$



Rysunek 8: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 9: Wynik demozaikowania



Rysunek 10: Zrekonstruowane zdjęcie

### **3.2 Wnioski**

Uzyskane wyniki wskazują, że zastosowana metoda demozaikowania umożliwiła poprawną rekonstrukcję obrazu kolorowego, zachowując ogólną strukturę sceny oraz prawidłowe odwzorowanie barw. Subiektywnie obraz po rekonstrukcji jest czytelny i naturalny, jednak w porównaniu z obrazem oryginalnym zauważalne są drobne artefakty, szczególnie w obszarach o dużej liczbie detali oraz ostrych krawędziach. Wynika to z faktu, że brakujące składowe kolorów są interpolowane na podstawie sąsiednich pikseli, co jest zgodne z opisem metody.

Zastosowanie konwolucji 2D do okazało się podejściem prostym i skutecznym, jednak subiektywna ocena jakości obrazu wskazuje, że bardziej zaawansowane metody mogłyby lepiej zachować detale oraz ograniczyć powstanie zniekształceń kolorystycznych.