

Data oddania: \_\_\_\_\_

Ocena: \_\_\_\_\_

Jakub Antosik 206788

Andrzej Lisowski 206807

## Zadanie 2: Filtracja w dziedzinie częstotliwości i segmentacja obrazu.

### 1. Cel

Celem zadania było zapoznanie się z transformatą Fouriera, filtracją w dziedzinie częstotliwości oraz segmentacją obrazu. W części implementacyjnej należało stworzyć program w wybranym przez siebie języku programowania, który będzie w stanie przeprowadzić analizowane operacje. Do tego celu wykorzystano aplikację z zadania 1.

Szczegółowy opis zadania został przedstawiony w [1].

### 2. Wprowadzenie

Filtracje obrazów można podzielić na realizowane w układzie przestrzennym i w dziedzinie częstotliwości. Pierwsze zagadnienie było analizowane w zadaniu 1. Poniższe sprawozdanie przedstawia badanie drugiej grupy filtracji - przeprowadzanych w dziedzinie częstotliwości.

#### 2.1. Transformata Fouriera i odwrotna transformata Fouriera

Transformata Fouriera umożliwia przekształcenie obrazu z układu przestrzennego w reprezentację częstotliwościową. Znajduje ona zastosowanie w filtracji próbki, co jest spowodowane bardzo łatwą modyfikacją wybranych grup częstotliwości. DFT jest operacją całkowicie odwracalną, więc po nało-

zeniu filtru wykorzystuje się transformatę odwrotną i otrzymuje zmodyfikowany obraz. Dokładny opis DFT i IDFT znajduje się w [2].

## **2.2. Szybka transformata Fouriera i odwrotna szybka transformata Fouriera**

Dyskretna transformata Fouriera jest operacją o złożoności obliczeniowej  $\mathcal{O}(N^2)$ . Pojawiło się kilka propozycji umożliwiających optymalizację tego procesu. Jedną z nich jest algorytm Cooleya-Tukeya o złożoności  $\mathcal{O}(N \log 2N)$ , bazujący na metodzie dziel i zwyciężaj. Dokładny opis FFT i IFFT znajduje się w [11].

## **2.3. Filtracja**

Jednym z zastosowań transformaty Fouriera jest możliwość szybkiej filtracji obrazów. W poniższej sekcji przedstawione zostały przeanalizowane metody.

### **2.3.1. Filtr dolnoprzepustowy (górnopaporowy)**

Filtr dolnoprzepustowy jest używany do usuwania pikseli o wysokiej częstotliwości. Jako parametr przyjmuje maksymalną wartość piksela (częstotliwości), który znajdzie się w zmodyfikowanym obrazie. Jest on wykorzystywany do usuwania szumów.

### **2.3.2. Filtr górnoprzepustowy (dolnopaporowy)**

Filtr górnoprzepustowy jest używany do usuwania pikseli o niskiej częstotliwości. Jako parametr przyjmuje minimalną wartość piksela (częstotliwości), który znajdzie się w zmodyfikowanym obrazie. Jest on wykorzystywany do wyostrozania krawędzi.

### **2.3.3. Filtr pasmowoprzepustowy**

Filtr pasmowoprzepustowy jest używany do usuwania pikseli o niskich i wysokich częstotliwościach. Jako parametry przyjmuje minimalną i maksymalną wartość pikseli (częstotliwości), które znajdą się w zmodyfikowanym obrazie.

### **2.3.4. Filtr pasmowopaporowy**

Filtr pasmowopaporowy jest używany do usuwania pikseli o częstotliwościach środkowych. Jako parametry przyjmuje minimalną i maksymalną wartość pikseli (częstotliwości), które zostaną usunięte ze modyfikowanego obrazu.

### **2.3.5. Filtr z detekcją krawędzi**

Filtr z detekcją krawędzi jest modyfikacją filtru górnoprzepustowego. Jest używany do usuwania pikseli o niskiej częstotliwości. Jako parametry przyjmuje minimalną wartość piksela (częstotliwości), który znajdzie się w zmodyfikowanym obrazie oraz maskę. Jest on wykorzystywany do wyostrozania krawędzi położonych w konkretnym kierunku (np. NS, EW).

### 2.3.6. Filtr modyfikujący fazę widma transformaty Fouriera

Filtr modyfikujący fazę widma transformaty Fouriera jest wykorzystywany do przesunięcia obrazu, dzieląc go na 4 części o wybranych rozmiarach. Jako parametry przyjmuje stałe całkowite  $k$  i  $l$  będące współczynnikami przesunięcia obrazu.

## 2.4. Okno Hanninga

Okna czasowe są wykorzystywane do poprawy charakterystyki próbkowanego sygnału. Transformata Fouriera przyjmuje, że analizowany sygnał jest sygnałem ciągłym, natomiast w rzeczywistości jest on dyskretny. Powoduje to w rezultacie ścięty przebieg falowy, który ma wpływ na wyciek widma. Jednym z okien czasowych jest okno Hanninga. Polega ono na wymnożeniu pikseli obrazu w dziedzinie czasu wg następującego wzoru:

$$w(n) = 0.5 * (1 - \cos \frac{2 * \pi * n}{N - 1})$$

gdzie:

$w(n)$  - wartość piksela po nałożeniu okna,

$n$  - numer piksela w sygnale 1D,

$N$  - liczba pikseli w sygnale 1D.

## 2.5. Segmentacja

Segmentacja obrazu jest procesem podzielenia go na zbiór regionów, będących jednorodnymi pod względem założonych wcześniej parametrów. Poniższa sekcja przedstawia opis dwóch metod segmentacji - rozrostu i podziału obszarów.

### 2.5.1. Metoda rozrostu obszarów

Metoda rozrostu obszarów polega na wyborze określonej liczby pikseli, będących *ziarnami*. Wartość ziarna jest porównywana z sąsiadującymi pikselami. Jeżeli są podobne, tzn. ich miara podobieństwa spełnia wybrane wcześniej kryteria, sąsiad jest dołączany do regionu. Rozrost trwa do momentu aż obszar nie potrafi znaleźć dodatkowych, podobnych do niego pikseli. Następnie kolejne ziarna rozpoczynają tworzenie homogenicznego regionu, aż do wykorzystania wszystkich z nich.

### 2.5.2. Metoda podziału obszarów

Metoda podziału obszarów składa się z dwóch operacji. Pierwszym krokiem jest rekurencyjny podział próbki na zbiór jednolitych regionów. Miara podobieństwa pikseli jest ustalona wcześniej. Następnie następuje łączenie podobnych obszarów.

### 3. Opis implementacji

Opis implementacji został przedstawiony w sprawozdaniu do zadania 1 [3]. Zadanie 2 zostało zrealizowane poprzez rozszerzenie funkcjonalności programu o dodatkowe metody - transformatę Fouriera, filtracje w dziedzinie częstotliwości oraz segmentację obrazów.

Szybka transformata Fouriera została zrealizowana w oparciu o algorytm Cooleya-Tukeya dla obrazów o liczbie pikseli będącej wielokrotnością liczby 2. Funkcjonalności segmentacji zostały zaimplementowane z wykorzystaniem sterty umożliwiającej rozrost regionów. Do podziału obszarów wykorzystano zmodyfikowane drzewo czwórkowe.

### 4. Materiały i metody

Opis materiałów został przedstawiony w sprawozdaniu do zadania 1 [3]. Poniżej zamieszczono maski użyte w filtrze z detekcją krawędzi.



(a) Maska 1



(b) Maska 2

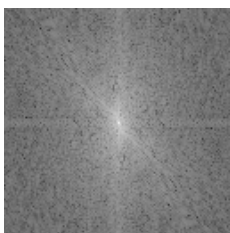
*Rysunek 1: Maski użyte w filtrze z detekcją krawędzi.*

### 5. Wyniki

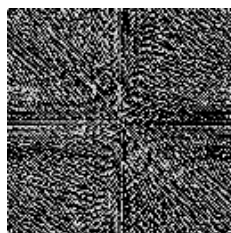
Sekcja prezentuje wyniki przeprowadzanej analizy filtracji w dziedzinie częstotliwości oraz segmentację obrazów.

#### 5.1. Szybka transformata Fouriera i odwrotna szybka transformata Fouriera

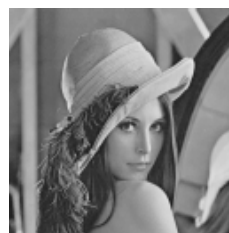
Poniżej przedstawione zostały widma mocy i widma fazy dla wybranych obrazów 8- i 24-bitowych.



(a) Widmo mocy

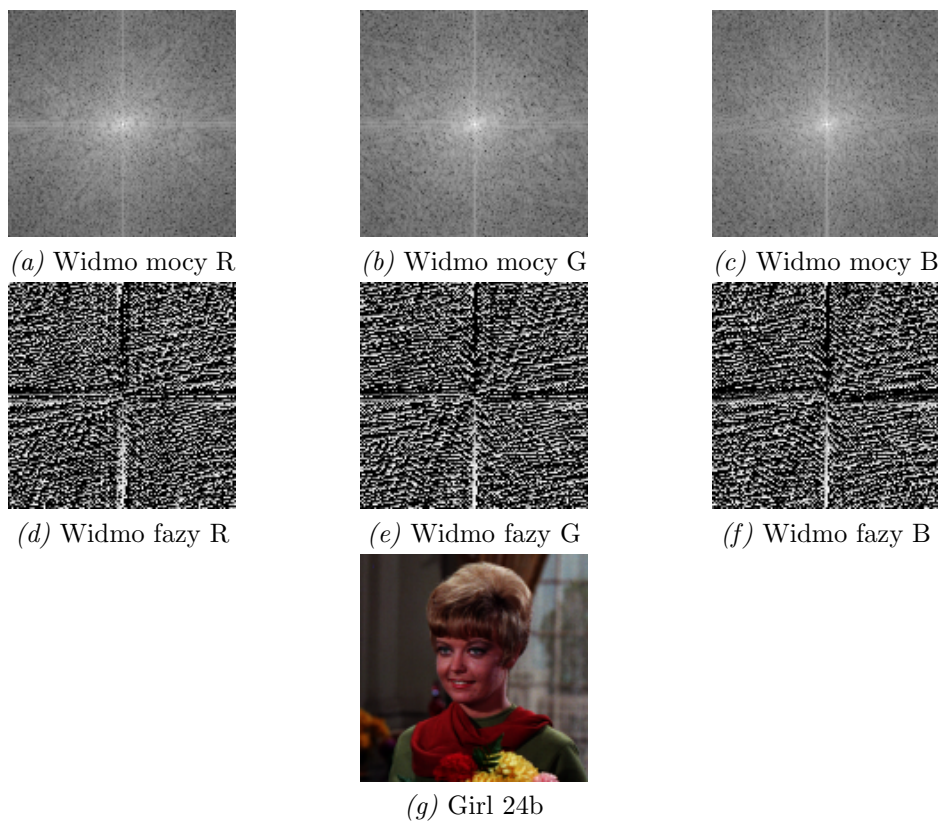


(b) Widmo fazy



(c) Lena 8b

*Rysunek 2: Widmo mocy i widmo fazy dla obrazu Lena 8-bitowego.*



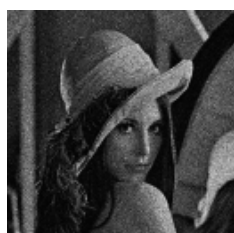
*Rysunek 3:* Widma mocy i widma fazy dla kanałów RGB obrazu Girl 24-bitowego.

## 5.2. Filtracja

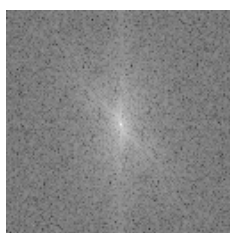
Sekcja ta prezentuje wyniki zastosowania filtracji dla wybranych obrazów 8-bitowych. Zaprezentowane są próbki oraz widma mocy i fazy przed i po filtracji.

### 5.2.1. Filtr dolnoprzepustowy (górnopaszowy)

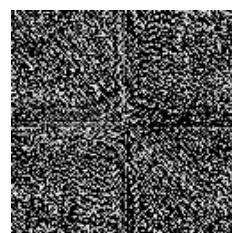
Wyniki zastosowania filtru dolnoprzepustowego na obrazie 8-bitowym Lena zaszumionym szumem jednostajnym 3 są przedstawione poniżej.



(a) Obraz bez filtru



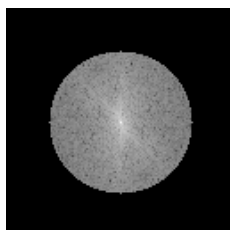
(b) Widmo mocy bez filtru



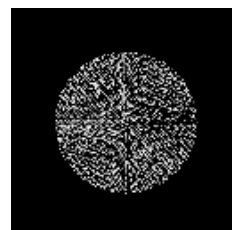
(c) Widmo fazy bez filtru



(d) Obraz z filtrem



(e) Widmo mocy z filtrem



(f) Widmo fazy z filtrem

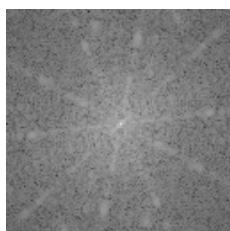
*Rysunek 4:* Zastosowanie filtra dolnoprzepustowego na obrazie Lena 8-bitowym zaszumionym szumem jednostajnym;  $\max=10$ .

### 5.2.2. Filtr górnoprzepustowy (dolnozaporowy)

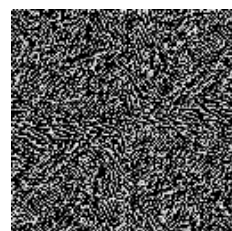
Wyniki zastosowania filtra górnoprzepustowego na obrazie 8-bitowym Pentagon są przedstawione poniżej.



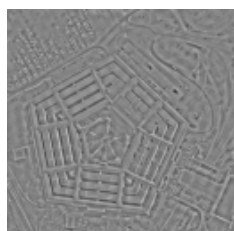
(a) Obraz bez filtru



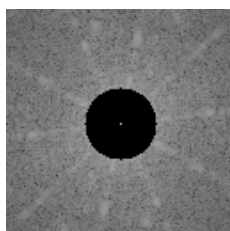
(b) Widmo mocy bez filtru



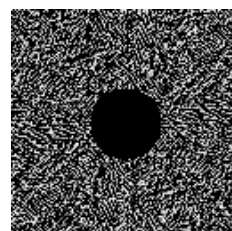
(c) Widmo fazy bez filtru



(d) Obraz z filtrem



(e) Widmo mocy z filtrem

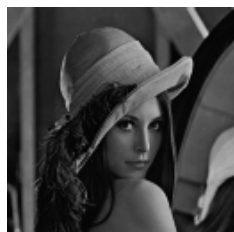


(f) Widmo fazy z filtrem

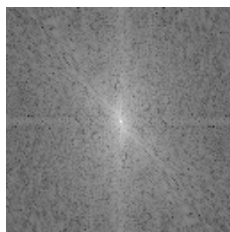
*Rysunek 5:* Zastosowanie filtra górnoprzepustowego na obrazie Pentagon 8-bitowym;  $\min=20$ .

### 5.2.3. Filtr pasmowoprzepustowy

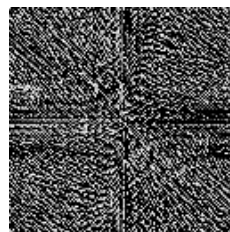
Wyniki zastosowania filtra pasmowoprzepustowego na obrazie 8-bitowym Lena są przedstawione poniżej.



(a) Obraz bez filtru



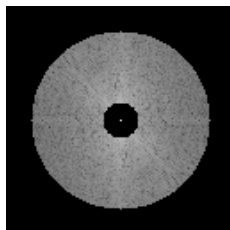
(b) Widmo mocy bez filtru



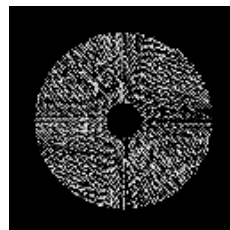
(c) Widmo fazy bez filtru



(d) Obraz z filtrem



(e) Widmo mocy z filtrem



(f) Widmo fazy z filtrem

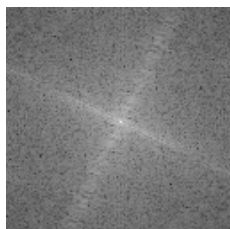
*Rysunek 6:* Zastosowanie filtra pasmowoprzepustowego na obrazie Lena 8-bitowym; min=10, max=50.

#### 5.2.4. Filtr pasmowozaporowy

Wyniki zastosowania filtra pasmowozaporowego na obrazie 8-bitowym Messer są przedstawione poniżej.



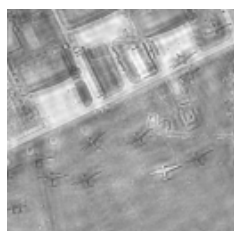
(a) Obraz bez filtru



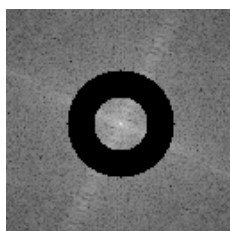
(b) Widmo mocy bez filtru



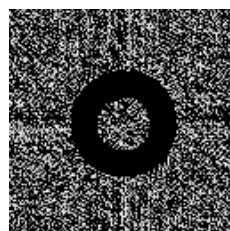
(c) Widmo fazy bez filtru



(d) Obraz z filtrem



(e) Widmo mocy z filtrem



(f) Widmo fazy z filtrem

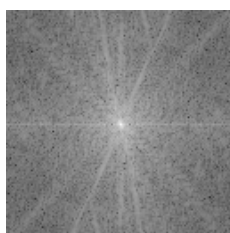
*Rysunek 7:* Zastosowanie filtra pasmowozaporowego na obrazie Messer 8-bitowym; min=15, max=30.

#### 5.2.5. Filtr z detekcją krawędzi

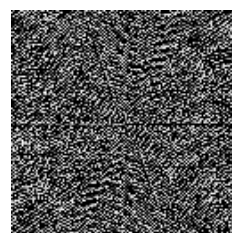
Wyniki zastosowania filtra z detekcją krawędzi na obrazie 8-bitowym Camera są przedstawione poniżej.



(a) Obraz bez filtru



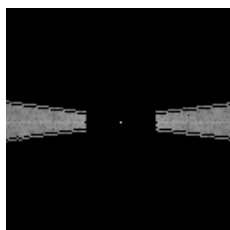
(b) Widmo mocy bez filtru



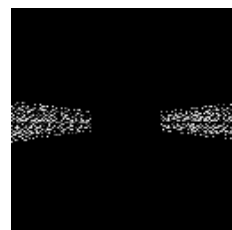
(c) Widmo fazy bez filtru



(d) Obraz z filtrem



(e) Widmo mocy z filtrem

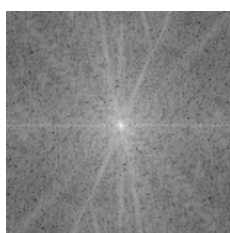


(f) Widmo fazy z filtrem

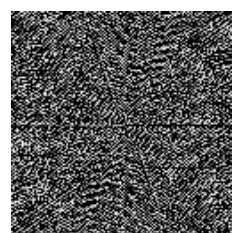
*Rysunek 8:* Zastosowanie filtru z detekcją krawędzi i maską 1 na obrazie Camera 8-bitowym; min=20.



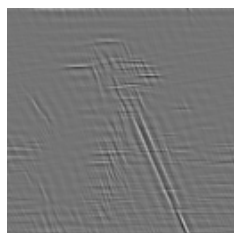
(a) Obraz bez filtru



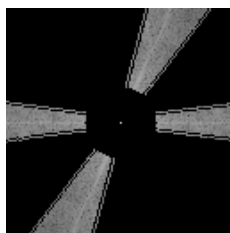
(b) Widmo mocy bez filtru



(c) Widmo fazy bez filtru



(d) Obraz z filtrem



(e) Widmo mocy z filtrem



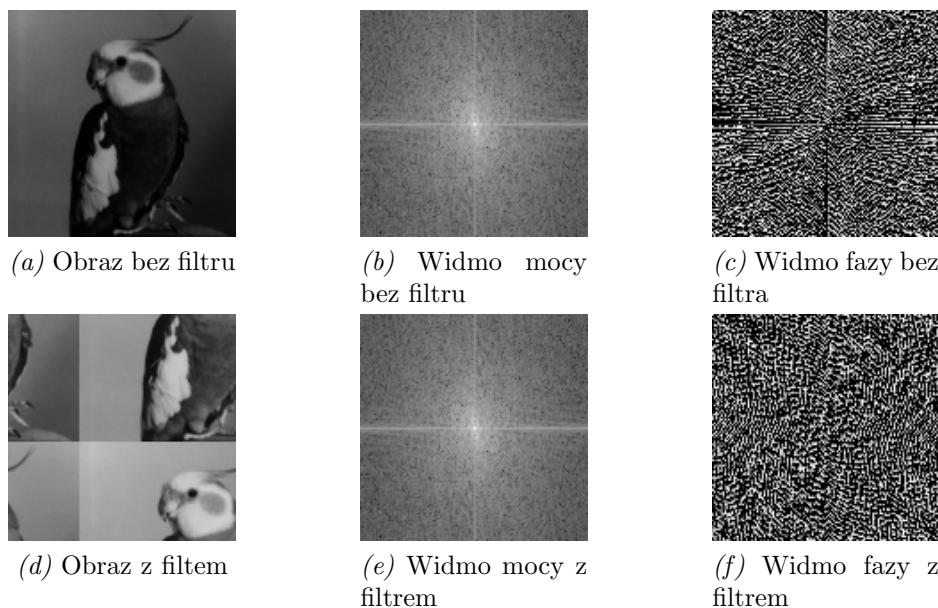
(f) Widmo fazy z filtrem

*Rysunek 9:* Zastosowanie filtru z detekcją krawędzi i maską 2 na obrazie Camera 8-bitowym; min=20.

### 5.2.6. Filtr modyfikujący fazę widma transformaty Fouriera

Wyniki zastosowania filtru modyfikującego fazę widma transformaty Fouriera na obrazie 8-bitowym Bird są przedstawione poniżej.

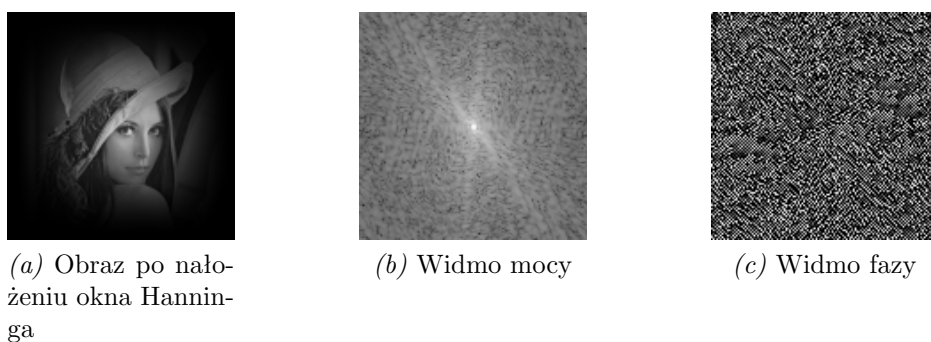




*Rysunek 10:* Zastosowanie filtra modyfikującego fazę widma transformaty Fouriera na obrazie Bird 8-bitowym;  $k=40$ ,  $l=200$ .

### 5.2.7. Okno Hanninga

Wyniki zastosowania okna Hanninga na obrazie 8-bitowym Lena są przedstawione poniżej.



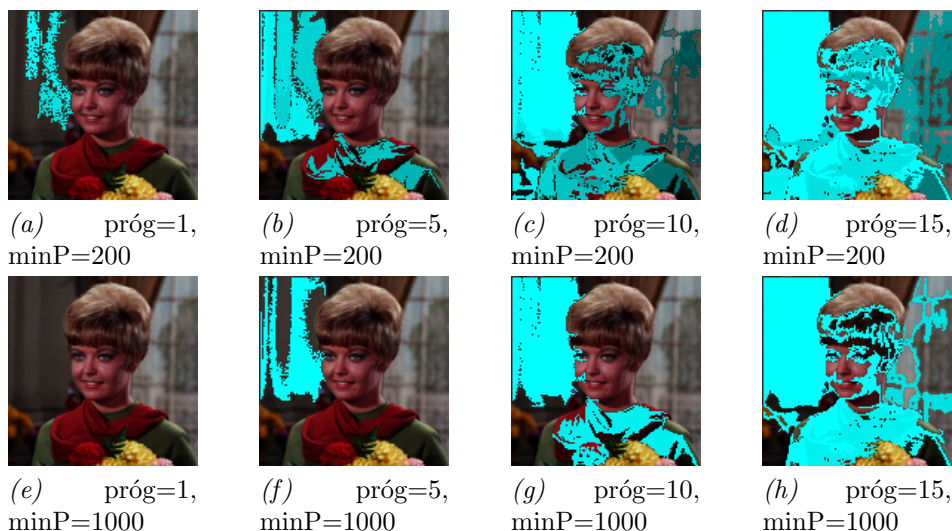
*Rysunek 11:* Zastosowanie okna Hanninga na obrazie 8-bitowym Lena.

## 5.3. Segmentacja

Sekcja ta prezentuje wyniki zastosowania segmentacji dla obrazu 24-bitowego Girl. Zaprezentowane są nałożone maski dla różnych parametrów progu i minimalnej ilości pikseli na obszar.

### 5.3.1. Metoda rozrostu obszarów

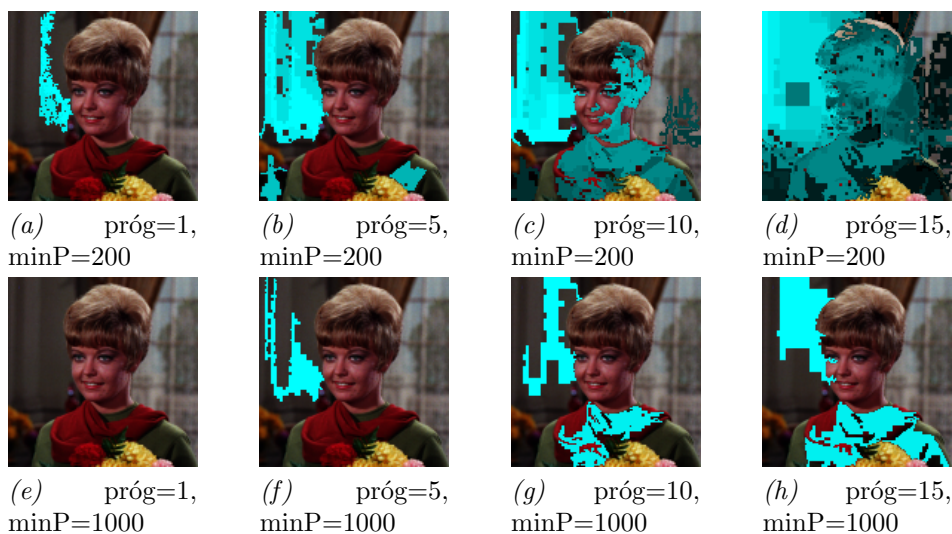
Wyniki zastosowania metody rozrostu obszarów w celu segmentacji regionów na obrazie 24-bitowym Girl przedstawione są poniżej.



*Rysunek 12:* Zastosowanie metody rozrostu obszarów w celu segmentacji regionów na obrazie 24-bitowym Girl.

### 5.3.2. Metoda podziału obszarów

Wyniki zastosowania metody podziału obszarów w celu segmentacji regionów na obrazie 24-bitowym Girl przedstawione są poniżej.



*Rysunek 13:* Zastosowanie metody podziału obszarów w celu segmentacji regionów na obrazie 24-bitowym Girl.

## 6. Dyskusja i wnioski

Poniższa sekcja prezentuje interpretację uzyskanych wyników oraz wnioski. Opisano również napotkane problemy oraz możliwe sposoby ich rozwiązania.

## 6.1. Filtracja

Nałożenie filtra dolnoprzepustowego powoduje usuwanie wysokich częstotliwości z obrazu. Może być on zatem zastosowany do odszumiania próbek (rys. 4). Im większa wartość współczynnika  $d_{\min}$ , tym rezultat jest bardziej rozmazany.

Filtr górnoprzepustowy może być wykorzystywany do wyszukiwania krawędzi w obrazie, ponieważ usuwa elementy o niskiej częstotliwości (rys. 5). Ważnym elementem filtra jest tzw. *DC component*, który jest częstotliwością zerową i nie powinien być naruszany w wyniku modyfikacji.

Filtr pasmowoprzepustowy usuwa z obrazu zarówno częstotliwości wysokie, jak i niskie. Pozostawia jedynie wybrany przez użytkownika zakres (rys. 6).

Filtr pasmowozaporowy jest używany do usuwania wybranego zakresu częstotliwości, pozostawiając te najwyższe i najniższe (rys. 7).

Filtr z detekcją krawędzi, będący modyfikacją filtra górnoprzepustowego, poprawnie wyszukał krawędzie we wskazanych przez maski kierunkach (rys. 8 i rys. 9). Zwłaszcza statyw kamery jest doskonale widoczny (rys. 9a).

Nałożenie filtra modyfikującego fazę widma transformaty Fouriera powoduje przesunięcie pionowe i poziome obrazu (rys. 10). Wartości dodatnie przemieszczają rezultat w dół i w prawo, natomiast ujemne - w górę i w lewo.

Nałożenie okna Hanninga powoduje stopniowe wyciemnianie obrazu wynikowego na jego krańcach (rys. 11a). Dzięki temu wszelkie błędy wynikające z dyskretnego charakteru sygnału wejściowego są niewidoczne. Wyraźnie widać różnicę w widmie mocy i fazy dla obrazu z nałożonym oknem (rys. 11b i 11c) w porównaniu do zwykłego przekształcenia (rys. 2a i 2b).

## 6.2. Segmentacja

Zastosowanie metody rozrostu obszarów w procesie segmentacji przyniosło bardzo dobre rezultaty. Na początku badania wybrano 64 ziarna, równomiernie rozłożone na obrazie. Znalezione regiony bardzo dobrze oddawały faktyczne skupiska pikseli o podobnych kolorach (rys. 12c, rys. 12d).

Metoda podziału obszarów również dobrze spełniła swoje zadanie. Wyniki okazały się jednak zauważalnie gorsze od tych uzyskanych w wyniku analizy metody rozrostu. Prawdopodobnie było to spowodowane metodą łączenia obszarów, która była inicjalowana po całym procesie podziału, zamiast po każdorazowym tworzeniu nowych regionów.

## Literatura

- [1] [http://ftims.edu.p.lodz.pl/pluginfile.php/19300/mod\\_resource/content/3/Zadanie2.pdf](http://ftims.edu.p.lodz.pl/pluginfile.php/19300/mod_resource/content/3/Zadanie2.pdf), 2015
- [2] [http://ftims.edu.p.lodz.pl/pluginfile.php/19301/mod\\_resource/content/0/dft.pdf](http://ftims.edu.p.lodz.pl/pluginfile.php/19301/mod_resource/content/0/dft.pdf), 2015
- [3] <https://github.com/alisowsk/image-and-sound-processing/blob/master/sprawozdanie/sprawozdanie.pdf>, 2015
- [4] [http://ics.p.lodz.pl/tomczyk/available/po\\_en/second.html](http://ics.p.lodz.pl/tomczyk/available/po_en/second.html), 2015
- [5] <https://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX/Mathematics>, 2015
- [6] <http://lodev.org/cgtutor/fourier.html>, 2015
- [7] <http://www.doc.ic.ac.uk/~dfg/vision/v02.html>, 2015
- [8] [http://fourier.eng.hmc.edu/e101/lectures/Image\\_Processing/node6.html](http://fourier.eng.hmc.edu/e101/lectures/Image_Processing/node6.html), 2015
- [9] [http://users.ecs.soton.ac.uk/msn/book/new\\_demo/fourier/](http://users.ecs.soton.ac.uk/msn/book/new_demo/fourier/), 2015
- [10] [https://pl.wikipedia.org/wiki/Algorytm\\_Cooleya-Tukeya](https://pl.wikipedia.org/wiki/Algorytm_Cooleya-Tukeya), 2015
- [11] <http://librow.com/articles/article-10>, 2015
- [12] [https://www.cs.cf.ac.uk/Dave/Vision\\_lecture/node34.html](https://www.cs.cf.ac.uk/Dave/Vision_lecture/node34.html), 2015