

Data oddania: _____ Ocena: _____

Jakub Antosik 206788
Andrzej Lisowski 206807

Zadanie 1: Szkielet aplikacji do przetwarzania i analizy obrazów, operacje podstawowe, usuwanie szumu, modyfikacje histogramu, filtracja liniowa i nieliniowa, splot.

1. Cel

Celem zadania było zapoznanie się z metodami analizy i przetwarzania obrazów. W części implementacyjnej należało stworzyć program w wybranym przez siebie języku programowania, który będzie w stanie przeprowadzić różne operacje na obrazie. Pełen spis funkcjonalności zostanie przedstawiony w sekcji *Wprowadzenie*.

2. Wprowadzenie

Obraz w pamięci komputera jest reprezentowany przez macierz pikseli. Sam piksel jest zaś najmniejszym elementem obrazu, mogącym przyjmować różne wartości liczb naturalnych:

- 0 - 7 dla obrazów 1-bitowych
 - 0 - 255 dla obrazów 8-bitowych (odcienie szarości)
 - 0 - 16777215 dla obrazów 24-bitowych (po 8 bitów na każdy kolor RGB)
- Poniżej przedstawione zostały teoretyczne podstawy trasformacji, którym poddane zostały testowe dane.

2.1. Podstawowe operacje przetwarzania obrazu

Sekcja ta opisuje podstawowe operacje przetwarzania obrazów, często wykorzystywane w codziennym życiu.

2.1.1. Zmiana jasności

Zmiana jasności obrazu polega na dodaniu do wartości każdego piksela pewnej stałej liczby k . Jeżeli stała jest dodatnia, mówimy o zwiększeniu jasności, jeżeli jest ujemna - jasność jest zmniejszana. W momencie, w którym wynik przekroczy wartości brzegowe piksela, przypisuje się mu p_{\min} lub p_{\max} . Wzór jest następujący:

$$p(i) = \begin{cases} p_{\min} & \text{jeżeli } i + k < 0 \\ i + k & \text{jeżeli } p_{\min} \leq i + k \leq p_{\max} \\ p_{\max} & \text{jeżeli } i + k > 0 \end{cases}$$

gdzie:

$p(i)$ - wartość piksela po zmianie jasności,

i - wartość piksela przed zmianą jasności,

p_{\min} - minimalna wartość piksela, $p_{\min} = 0$,

p_{\max} - maksymalna wartość piksela,

k - zmiana jasności.

2.1.2. Zmiana kontrastu

Zmiana kontrastu obrazu polega na przekształceniu obrazu przy użyciu tablicy LUT. Jej współczynniki wyznaczane są wg wzoru przedstawionego poniżej.

$$p(i) = \begin{cases} 0 & \text{jeżeli } a(i - \frac{p_{\max}}{2}) + \frac{p_{\max}}{2} < 0 \\ a(i - \frac{p_{\max}}{2}) + \frac{p_{\max}}{2} & \text{jeżeli } 0 \leq a(i - \frac{p_{\max}}{2}) + \frac{p_{\max}}{2} \leq p_{\max} \\ p_{\max} & \text{jeżeli } a(i - \frac{p_{\max}}{2}) + \frac{p_{\max}}{2} > p_{\max} \end{cases}$$

gdzie:

$p(i)$ - wartość piksela po zmianie kontrastu,

i - wartość piksela przed zmianą kontrastu,

p_{\max} - maksymalna wartość piksela,

a - współczynnik zmiany kontrastu.

2.1.3. Wyznaczenie negatywu

Negatyw jest przedstawieniem pikseli obrazu jako różnicy wartości maksymalnej i obecnej:

$$p(i) = p_{\max} - i$$

gdzie:

$p(i)$ - wartość piksela po wyznaczeniu negatywu,

i - wartość piksela przed zmianą kontrastu,
 p_{max} - maksymalna wartość piksela.

2.2. Podstawowe filtry

Poniższa sekcja opisuje 2 podstawowe filtry, które podległy analizie - filtr ze średnią arytmetyczną oraz filtr medianowy.

2.2.1. Filtr ze średnią arytmetyczną

Filtr ze średnią arytmetyczną jest wykorzystywany w operacjach odszumiania obrazu. Algorytm polega na przypisaniu do nowej wartości pikseli średniej arytmetycznej badanego elementu oraz jego sąsiedztwa s. Sąsiedztwo może przyjmować wartości potęg kolejnych liczb nieparzystych większych od 1:

$$s \in \{9, 25, 49, \dots\}$$

$$p(i) = \frac{\sum_{x=-n}^n \sum_{y=-n}^n i_{x,y}}{s}$$

gdzie:

$p(i)$ - wartość piksela po nałożeniu filtru,
 i - wartość piksela przed nałożeniem filtru,
 s - maska filtru,
 n - rozpiętość maski filtru, obliczana ze wzoru:

$$n = \frac{\sqrt{s} - 1}{2}$$

x - współrzędna x piksela na obrazie,
 y - współrzędna y piksela na obrazie.

Należy pamiętać, że piksele poddawane filtracji nie mogą być elementami brzegowymi obrazu, więc:

$$i_x + n \leq x_{max} \wedge i_x - n \geq x_{min} \wedge i_y + n \leq y_{max} \wedge i_y - n \geq y_{min}$$

gdzie:

i - wartość piksela przed zmianą kontrastu,
 x - współrzędna x piksela na obrazie,
 y - współrzędna y piksela na obrazie,
 x_{max} - maksymalna wartość współrzędnej x na obrazie,
 x_{min} - minimalna wartość współrzędnej x na obrazie, $x_{min} = 0$,
 y_{max} - maksymalna wartość współrzędnej y na obrazie,
 y_{min} - minimalna wartość współrzędnej y na obrazie, $y_{min} = 0$.

2.2.2. Filtr medianowy

Filtr medianowy jest bardzo podobny do filtru ze średnią arytmetyczną. W tym przypadku jednak, nowa wartość piksela jest medianą badanego elementu oraz jego sąsiedztwa s. Sąsiedztwo może przyjmować wartości potęg kolejnych liczb nieparzystych większych od 1:

$$s \in \{9, 25, 49, \dots\}$$

$$p(i) = M_s$$

gdzie:

$p(i)$ - wartość piksela po nałożeniu filtru,

M - mediana,

s - maska filtru.

Należy pamiętać, że piksele poddawane filtracji nie mogą być elementami brzegowymi obrazu, więc:

$$i_x + n \leq x_{max} \wedge i_x - n \geq x_{min} \wedge i_y + n \leq y_{max} \wedge i_y - n \geq y_{min}$$

gdzie:

i - wartość piksela przed zmianą kontrastu,

n - rozpiętość maski filtru, obliczana ze wzoru:

$$n = \frac{\sqrt{s} - 1}{2}$$

x - współrzędna x piksela na obrazie,

y - współrzędna y piksela na obrazie,

x_{max} - maksymalna wartość współrzędnej x na obrazie,

x_{min} - minimalna wartość współrzędnej x na obrazie, $x_{min} = 0$,

y_{max} - maksymalna wartość współrzędnej y na obrazie,

y_{min} - minimalna wartość współrzędnej y na obrazie, $y_{min} = 0$.

2.3. Obiektywna ocena działania filtrów

Oprócz oceny subiektywnej, w celu porównania jakości filtrów wykorzystano 3 metody - obliczenie błędu średniokwadratowego, szczytowego stosunku sygnału do szumu oraz średniego błędu bezwzględnego. Ich opis przedstawiony jest w poniższych podsekcjach.

2.3.1. Błąd średniokwadratowy

Opisany jest wzorem:

$$MSE = \frac{1}{N * M} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M ([f(i, j) - f'(i, j)]^2)$$

gdzie:

N - szerokość analizowanego obrazu,

M - wysokość analizowanego obrazu,

$f(x, y)$ - wartość piksela wzorcowego,
 $f(x, y)$ - wartość piksela analizowanego.

Im wyższa wartość MSE, tym 2 obrazy bardziej się od siebie różnią.

2.3.2. Szczytowy stosunek sygnału do szumu

Opisany jest wzorem:

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{k^2}{MSE}$$

gdzie:

MSE - błąd średniokwadratowy,
 k - maksymalna wartość koloru, $k = 255$.

Im wyższa wartość PSNR, tym 2 obrazy są do siebie bardziej podobne.

2.3.3. Średni błąd bezwzględny

Opisany jest wzorem:

$$MAE = \frac{1}{N * M} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (|f(i, j) - f'(i, j)|)$$

gdzie:

N - szerokość analizowanego obrazu,
 M - wysokość analizowanego obrazu,
 $f(x, y)$ - wartość piksela wzorcowego,
 $f(x, y)$ - wartość piksela analizowanego.

Podobnie jak w przypadku MSE, im wyższa wartość MAE, tym 2 obrazy bardziej się od siebie różnią. W odróżnieniu od błędu średniokwadratowego, duże różnice w pikselach mają mniejszy wpływ na wartość finalnego wyniku.

2.4. Modyfikacje obrazu w oparciu o histogram

Histogram umożliwia przedstawienie rozkładu pikseli o określonych wartościach na wykresie. Poniższa sekcja prezentuje modyfikacje obrazu na podstawie jego histogramu.

2.4.1. Jednostajna wyjściowa gęstość prawdopodobieństwa

Obliczana jest ze wzoru:

$$g(f) = g_{min} + (g_{max} - g_{min}) \frac{1}{N} \sum_{m=0}^f H(m)$$

gdzie:

f - wartość rozważanego kanału przed modyfikacją,
 g - wartość rozważanego kanału po modyfikacji,
 g_{min} - pożądana minimalna wartość przetwarzanego kanału,

g_{max} - pożądana maksymalna wartość przetwarzanego kanału,
 N - suma pikseli na obrazie,
 $H(m)$ - wartość histogramu dla wartości m kanału.

2.4.2. Wyjściowa gęstość prawdopodobieństwa o postaci wykładniczej

Obliczana jest ze wzoru:

$$g(f) = g_{min} - \frac{1}{\alpha} \ln(1 - \frac{1}{N} \sum_{m=0}^f H(m))$$

gdzie:

f - wartość rozważanego kanału przed modyfikacją,
 g - wartość rozważanego kanału po modyfikacji,
 g_{min} - pożądana minimalna wartość przetwarzanego kanału,
 α - współczynnik
 N - suma pikseli na obrazie,
 $H(m)$ - wartość histogramu dla wartości m kanału.

2.4.3. Wyjściowa gęstość prawdopodobieństwa podana wzorem Raleigh'a

Obliczana jest ze wzoru:

$$g(f) = g_{min} + (2\alpha^2 \ln(\frac{1}{N} \sum_{m=0}^f H(m)))^{-1})^{\frac{1}{2}}$$

gdzie:

f - wartość rozważanego kanału przed modyfikacją,
 g - wartość rozważanego kanału po modyfikacji,
 g_{min} - pożądana minimalna wartość przetwarzanego kanału,
 α - współczynnik obliczany ze wzoru:

$$\text{alpha} = \frac{(g_{max} - g_{min})}{\sqrt{2 * \ln(N)}}$$

N - suma pikseli na obrazie,
 $H(m)$ - wartość histogramu dla wartości m kanału.

2.4.4. Wyjściowa gęstość prawdopodobieństwa określona przez potęgę 2/3

Obliczana jest ze wzoru:

$$g(f) = (g_{min}^{\frac{1}{3}} + (g_{max}^{\frac{1}{3}} - g_{min}^{\frac{1}{3}}) \frac{1}{N} \sum_{m=0}^f H(m))^3$$

gdzie:

f - wartość rozważanego kanału przed modyfikacją,

g - wartość rozważanego kanału po modyfikacji,
 g_{min} - pożądana minimalna wartość przetwarzanego kanału,
 g_{max} - pożądana maksymalna wartość przetwarzanego kanału,
 N - suma pikseli na obrazie,
 $H(m)$ - wartość histogramu dla wartości m kanału.

2.4.5. Wyjściowa gęstość prawdopodobienstwa o postaci hiperbolicznej

Obliczana jest ze wzoru:

$$g(f) = g_{min} \left(\frac{g_{max}}{g_{min}} \right)^{\frac{1}{N}} \sum_{m=0}^f H(m)$$

gdzie:

f - wartość rozważanego kanału przed modyfikacją,
 g - wartość rozważanego kanału po modyfikacji,
 g_{min} - pożądana minimalna wartość przetwarzanego kanału,
 g_{max} - pożądana maksymalna wartość przetwarzanego kanału,
 N - suma pikseli na obrazie,
 $H(m)$ - wartość histogramu dla wartości m kanału.

2.5. Filtracja liniowa oparta o splot

Poniższa sekcja przedstawia zbadane przekształcenia filtracji liniowej. Polega ona na modyfikacji pikseli obrazu poprzez nałożenie na nie maski filtrującej. Wzór przedstawia się następująco:

$$g(p, q) = \sum_{i=-M}^{M} \sum_{j=-M}^{M} h(i, j)x(p+i, q+j), p = M, 2, \dots, P-M-1, q = M, 2, \dots, Q-M-1$$

gdzie:

$x(p, q)$ - wartość rozważanego kanału przed modyfikacją,
 $g(p, q)$ - wartość rozważanego kanału po modyfikacji,
 $h(i, j)$ - wartość maski filtru.

2.5.1. Filtr dolnoprzepustowy

Filtry dolnoprzepustowe są wykorzystywane do usuwania elementów o wysokiej częstotliwości. Dążą one do uśrednienia wartości sąsiadujących pikselów. Wykorzystane maski:

$$\frac{1}{9} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad \frac{1}{10} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad \frac{1}{16} \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

2.5.2. Wyostrzanie krawędzi

Poniższe maski zostały użyte do wyostrzenia krawędzi:

$$\begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{pmatrix}$$

2.5.3. Wydobywanie szczegółów z tła: N, NE, E, SE

Wydobycie szczegółów z tła w kierunkach: północnym, północno-wschodnim, wschodnim i południowo-wschodnim zostało przebadane następującymi maskami:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} -1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} -1 & -1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

2.5.4. Wydobywanie szczegółów z tła: S, SW, W, NW

Do wydobycia szczegółów z tła w kierunkach: południowym, południowo-zachodnim, zachodnim i północno-zachodnim zostało wykorzystane następujące maski:

$$\begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

2.5.5. Wydobywanie szczegółów z tła bez zdefiniowanego kierunku (laplasjan)

Wydobycie szczegółów z tła bez zdefiniowanego kierunku jest możliwe przy nałożeniu następujących masek:

$$\begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{pmatrix}$$

2.5.6. Identyfikowanie linii

Identyfikowanie linii na obrazie zostało zrealizowane po nałożeniu masek:

$$\begin{pmatrix} -1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 2 & 2 & 2 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} -1 & -1 & 2 \\ -1 & 2 & -1 \\ 2 & -1 & -1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{pmatrix}$$

2.6. Filtracja nieliniowa

Poniższa sekcja przedstawia zbadane przekształcenia filtracji nielinowej.

2.6.1. Operator Robertsa (Wariant I)

Wzór operatora jest następujący:

$$g(x, y) = ((f(x, y) - f(x + 1, y + 1))^2 + (f(x, y + 1) - f(x + 1, y))^2)^{\frac{1}{2}}$$

gdzie:

$g(x, y)$ - wartość rozważanego piksela po modyfikacji,

$f(x, y)$ - wartość rozważanego piksela przed modyfikacją.

2.6.2. Operator Robertsa (Wariant II)

Wzór operatora jest następujący:

$$g(x, y) = |f(x, y) - f(x + 1, y + 1)| + |f(x, y + 1) - f(x + 1, y)|$$

gdzie:

$g(x, y)$ - wartość rozważanego piksela po modyfikacji,

$f(x, y)$ - wartość rozważanego piksela przed modyfikacją.

2.6.3. Operator Sobela

Wzór operatora jest następujący:

$$g(x, y) = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$

$$S_x = (a_2 + 2a_3 + a_4) - (a_0 + 2a_7 + a_6)$$

$$S_y = (a_0 + 2a_1 + a_2) - (a_6 + 2a_5 + a_4)$$

gdzie:

$g(x, y)$ - wartość rozważanego piksela po modyfikacji,

$a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$, - wzory na współczynniki podane pod koniec sekcji.

2.6.4. Operator Kirsha

Wzór operatora jest następujący:

$$g(x, y) = \max(1, \max_{i=0,..,7} |5K_{1,i} - 3K_{2,i}|)$$

$$K_{1,i} = a_1 + a_{i+1} + a_{i+2}$$

$$K_{2,i} = a_{i+3} + a_{i+4} + a_{i+5} + a_{i+6} + a_{i+7}$$

gdzie:

$g(x, y)$ - wartość rozważanego piksela po modyfikacji,

a_i - wzory na współczynniki podane pod koniec sekcji,

operacje dodawania indeksów są operacjami modulo 8.

2.6.5. Operator Rosenfelda

Wzór operatora jest następujący:

$$g(x, y) = \frac{1}{R} \left(\sum_{i=1}^R f(x + i - 1, y) - \sum_{i=1}^R f(x - i, y) \right)$$

gdzie:

$g(x, y)$ - wartość rozważanego piksela po modyfikacji,

$f(x, y)$ - wartość rozważanego piksela przed modyfikacją,

R - współczynnik Rosenfelda, podawany na wejściu przez użytkownika.

2.6.6. Operator Uolisa

Wzór operatora jest następujący:

$$g(x, y) = \frac{1}{4} \log\left(\frac{f(x, y)^4}{a_1 a_3 a_5 a_7}\right)$$

gdzie:

$g(x, y)$ - wartość rozważanego piksela po modyfikacji,

$f(x, y)$ - wartość rozważanego piksela przed modyfikacją,

a_1, a_3, a_5, a_7 , - wzory na współczynniki podane pod koniec sekcji.

2.6.7. Wzory na współczynniki a

$$a_0 = f(x - 1, y - 1)$$

$$a_1 = f(x, y - 1)$$

$$a_2 = f(x + 1, y - 1)$$

$$a_3 = f(x + 1, y)$$

$$a_4 = f(x + 1, y + 1)$$

$$a_5 = f(x, y + 1)$$

$$a_6 = f(x - 1, y + 1)$$

$$a_7 = f(x - 1, y)$$

gdzie:

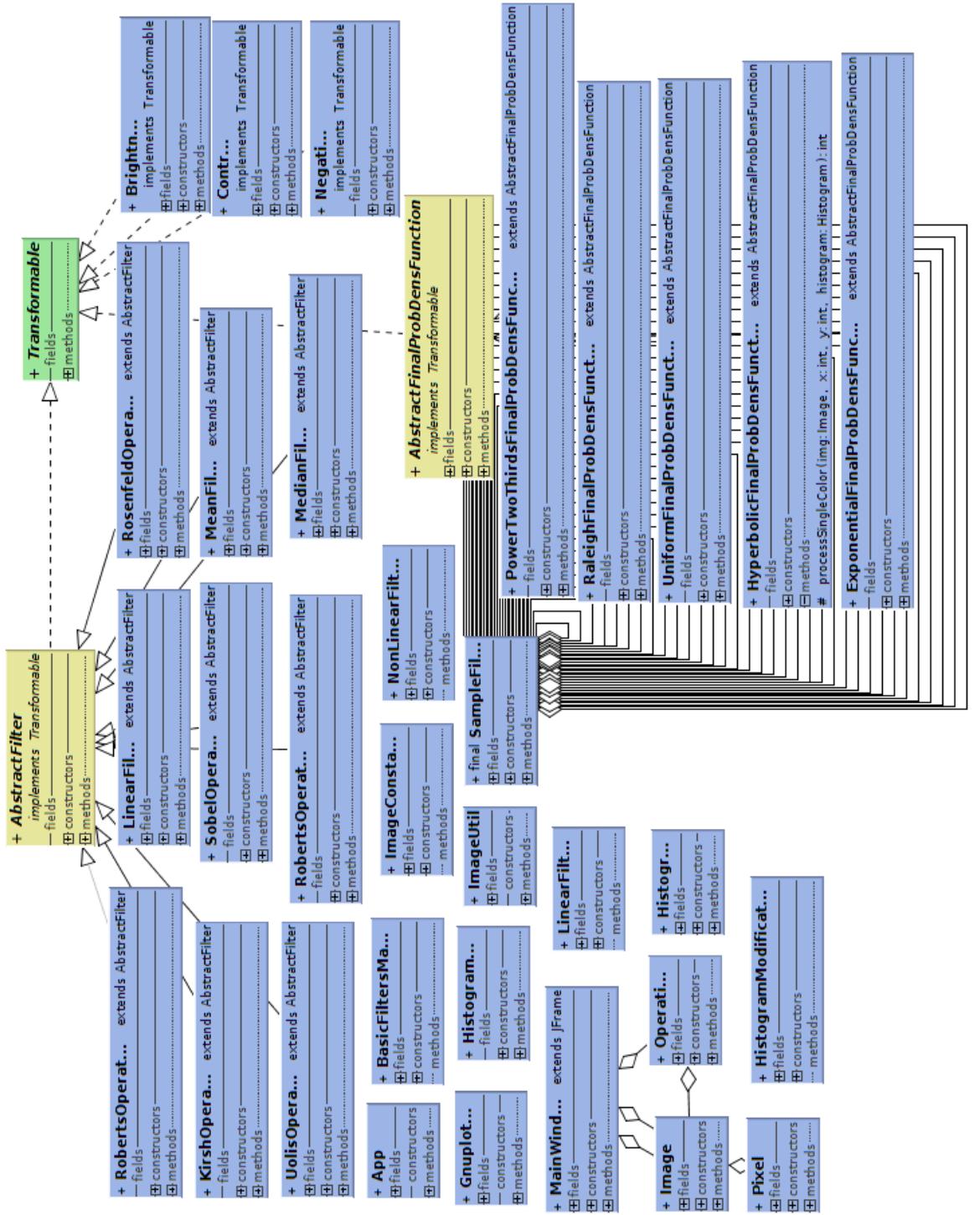
$f(x, y)$ - wartość rozważanego piksela przed modyfikacją.

3. Opis implementacji

Aplikacja została napisana w języku programowania Java. Wybór środowiska był podyktowany dużą ilością bibliotek mogących pomóc w realizacji zadania oraz osobistymi preferencjami członków zespołu. Warstwa GUI została zrealizowana przy użyciu standardowej biblioteki graficznej Javy - Swing. Aplikacja wykorzystuje następujące biblioteki zewnętrzne:

- *JavaPlot.jar* - wykorzystywana do tworzenia histogramów; jest to/javowa implementacja gnuplota
- *log4j-1.2.17.jar* - wykorzystywana do obsługi logowania
- *slf4j-api-1.7.12.jar* - wykorzystywana do obsługi logowania
- *slf4j-log4j12-1.7.12.jar* - wykorzystywana do obsługi logowania

Poniżej przedstawiony został diagram UML klas znajdujących się w programie. Aby zachować czytelność, nie zamieszczono połączeń pomiędzy wywołaniami obiektów, a także ukryto informacje na temat metod i parametrów.



4. Materiały i metody

Testowy zbiór przekształcanych obrazów można podzielić na 3 główne grupy:

- obrazy 1-bitowe
- obrazy 8-bitowe (w skali szarości)
- obrazy 24-bitowe (RGB)



(a) Boat



(b) Girl

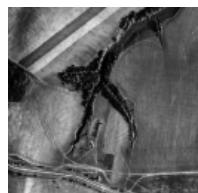


(c) Lena

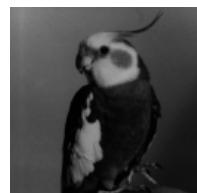


(d) Mandril

Rysunek 1: Testowe obrazy 1-bitowe



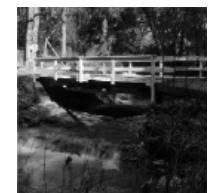
(a) Aero



(b) Bird



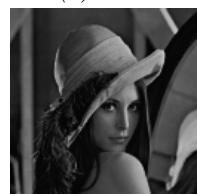
(c) Boat



(d) Bridge



(e) Camera



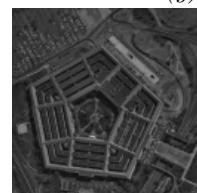
(f) Lena



(g) Mandril

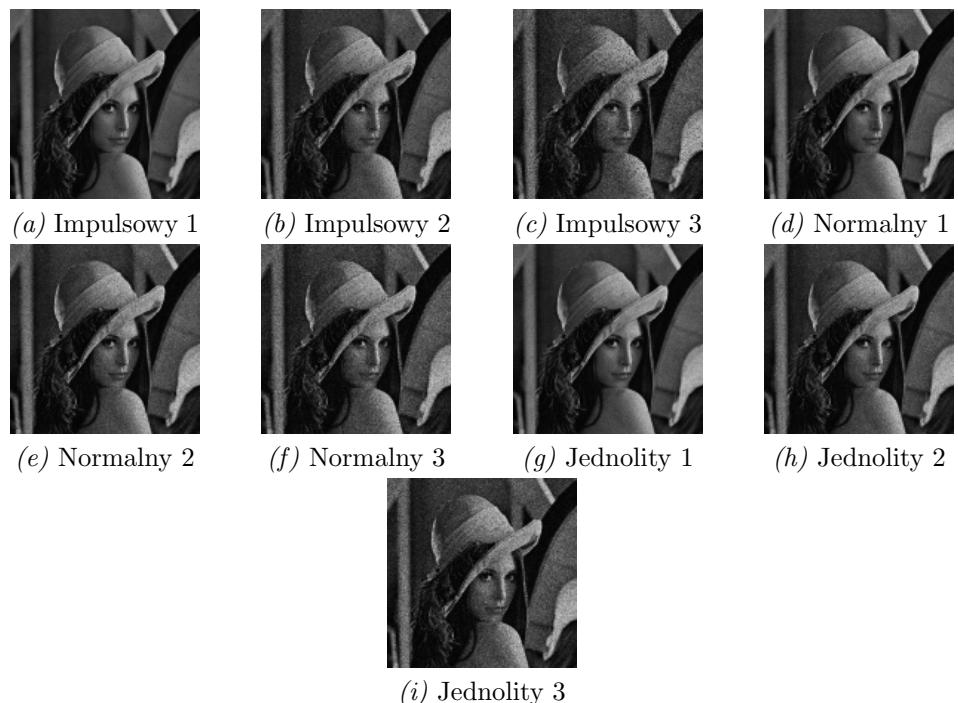


(h) Messer



(i) Pentagon

Rysunek 2: Testowe obrazy 8-bitowe



Rysunek 3: Testowe obrazy Lena 8-bitowe zaszumione



Rysunek 4: Testowe obrazy 24-bitowe



Rysunek 5: Testowe obrazy Lena 24-bitowe zaszumione

Badania zostały zrealizowane przy pomocy stworzonej aplikacji. Użytkownik definiował wejściowy obraz, który potem był poddawany wybranemu przez niego przekształceniu. Wyniki były zapisywane na dysku. Szczegółowa konfiguracja współczynników podczas transformacji zostanie podany w sekcji *Wyniki*.

5. Wyniki

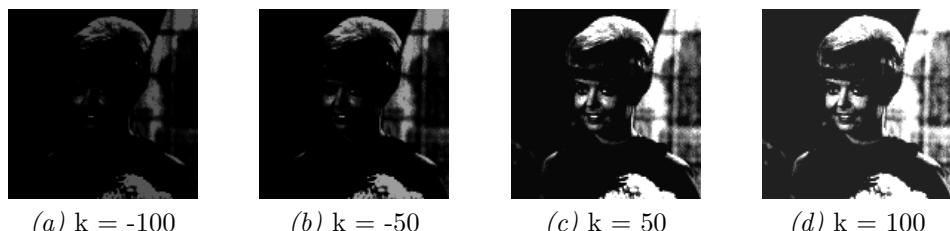
Poniżej przedstawione zostały efekty przeprowadzonych badań. Przeanalizowano wybrane obrazy 1-, 8- i 24-bitowe.

5.1. Podstawowe operacje przetwarzania obrazu

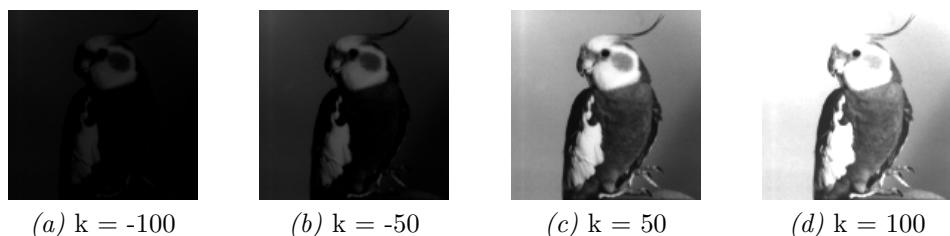
Sekcja przedstawia wyniki podstawowego przetwarzania obrazów - zmiany jasności, kontrastu oraz wyznaczenia negatywu.

5.1.1. Zmiana jasności

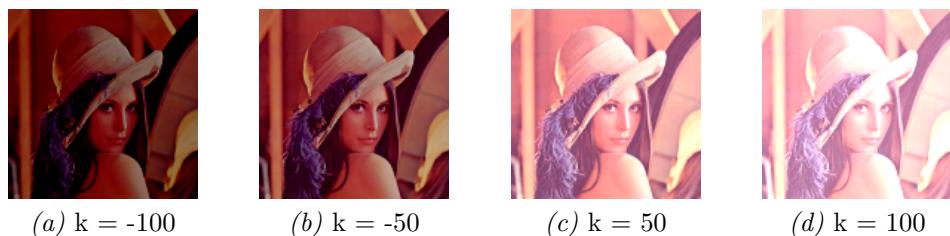
Poniżej przedstawione zostały wyniki zmiany jasności dla 3 wybranych obrazów.



Rysunek 6: Zmiana jasności w obrazie Girl 1-bitowym



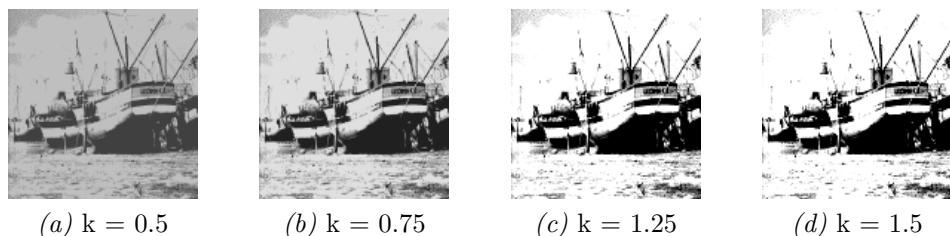
Rysunek 7: Zmiana jasności w obrazie Bird 8-bitowym



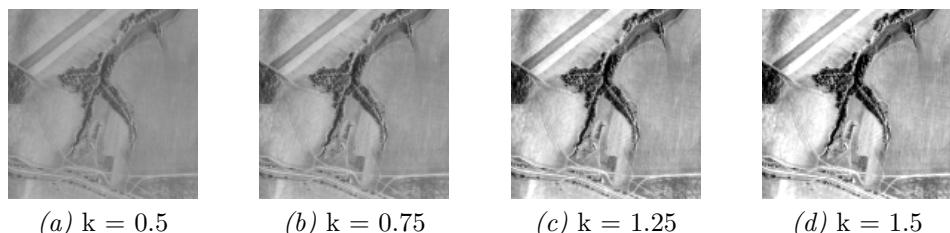
Rysunek 8: Zmiana jasności w obrazie Lena 24-bitowym

5.1.2. Zmiana kontrastu

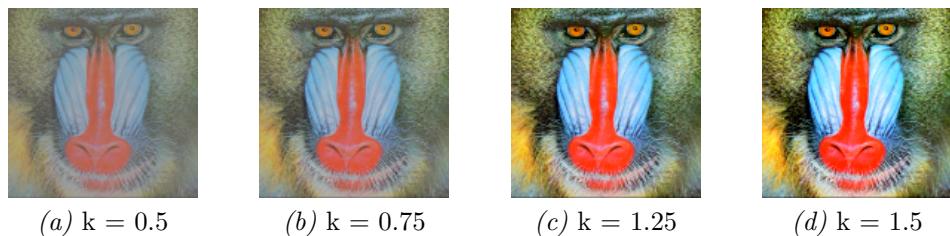
Poniżej przedstawione zostały wyniki zmiany kontrastu dla 3 wybranych obrazów.



Rysunek 9: Zmiana kontrastu w obrazie Boat 1-bitowym



Rysunek 10: Zmiana kontrastu w obrazie Aero 8-bitowym



Rysunek 11: Zmiana kontrastu w obrazie Mandril 24-bitowym

5.1.3. Wyznaczenie negatywu

Poniżej przedstawione zostały wyniki wyznaczenia negatywu dla 3 wybranych obrazów.



Rysunek 12: Negatyw wybranych obrazów

5.2. Podstawowe filtry

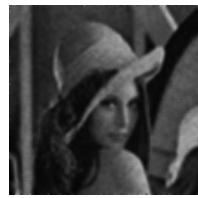
Sekcja przedstawia wyniki nałożenia na obrazy podstawowych filtrów - ze średnią arytmetyczną i medianowego.

5.2.1. Filtr ze średnią arytmetyczną

Poniżej przedstawione zostały wyniki nałożenia filtru ze średnią arytmetyczną na obraz Lena 8- i 24-bitowy dla szumów:

- Impulsowy 3
- Jednolity 3
- Normalny 3

W sprawozdaniu przedstawiono wyniki dla trzech masek: 3x3, 5x5 i 7x7. Ponadto, załączono tabelę przedstawiającą wartości MSE, PSNR i MAE przed i po filtracji.



(a) Maska 3x3



(b) Maska 5x5

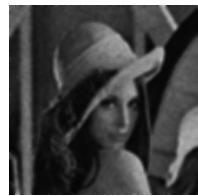


(c) Maska 7x7

Rysunek 13: Wyniki nałożenia filtru ze średnią arytmetyczną na obraz Lena 8-bitowy, szum Impulsowy 3

Maska	MSE	PNSR	MAE
-	115,50	27,50	7,66
3 x 3	147,70	26,44	8,50
5 x 5	280,45	23,65	11,50
7 x 7	404,07	22,07	14,04

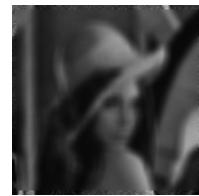
Tabela 1: Wartości MSE, PNSR i MAE dla szumu Impulsowego 3 dla 8-bitowego obrazu Lena



(a) Maska 3x3



(b) Maska 5x5

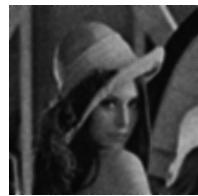


(c) Maska 7x7

Rysunek 14: Wyniki nałożenia filtru ze średnią arytmetyczną na obraz Lena 8-bitowy, szum Jednolity 3

Maska	MSE	PNSR	MAE
-	80,20	29,09	7,02
3 x 3	121,90	27,28	7,27
5 x 5	252,19	24,11	10,38
7 x 7	374,29	22,49	13,06

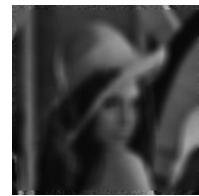
Tabela 2: Wartości MSE, PNSR i MAE dla szumu Jednolitego 3 dla 8-bitowego obrazu Lena



(a) Maska 3x3



(b) Maska 5x5



(c) Maska 7x7

Rysunek 15: Wyniki nałożenia filtru ze średnią arytmetyczną na obraz Lena 8-bitowy, szum Normalny 3

Maska	MSE	PNSR	MAE
-	76,48	29,30	6,85
3 x 3	94,11	28,39	6,49
5 x 5	177,10	25,65	8,12
7 x 7	271,39	23,79	9,97

Tabela 3: Wartości MSE, PNSR i MAE dla szumu Normalnego 3 dla 8-bitowego obrazu Lena



Rysunek 16: Wyniki nałożenia filtru ze średnią arytmetyczną na obraz Lena 24-bitowy, szum Impulsowy 3

Maska	MSE	PNSR	MAE
-	59,54	30,38	5,25
3 x 3	116,76	27,46	7,17
5 x 5	236,77	24,39	10,09
7 x 7	347,44	22,72	12,50

Tabela 4: Wartości MSE, PNSR i MAE dla szumu Impulsowego 3 dla 24-bitowego obrazu Lena



Rysunek 17: Wyniki nałożenia filtru ze średnią arytmetyczną na obraz Lena 24-bitowy, szum Jednolity 3

Maska	MSE	PNSR	MAE
-	123,18	27,23	8,71
3 x 3	139,32	26,69	8,42
5 x 5	258,53	24,01	11,11
7 x 7	370,16	22,47	13,46

Tabela 5: Wartości MSE, PNSR i MAE dla szumu Jednolitego 3 dla 24-bitowego obrazu Lena



Rysunek 18: Wyniki nałożenia filtru ze średnią arytmetyczną na obraz Lena 24-bitowy, szum Normalny 3

Maska	MSE	PNSR	MAE
-	73,99	29,44	6,81
3 x 3	118,96	27,38	7,32
5 x 5	237,92	24,37	10,16
7 x 7	347,95	22,72	12,56

Tabela 6: Wartości MSE, PNSR i MAE dla szumu Normalnego 3 dla 24-bitowego obrazu Lena

5.2.2. Filtr medianowy

Poniżej przedstawione zostały wyniki nałożenia filtru medianowego na obraz Lena 8- i 24-bitowy dla szumów:

- Impulsowy 3
- Jednolity 3
- Normalny 3

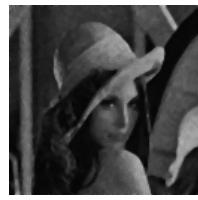
W sprawozdaniu przedstawiono wyniki dla trzech masek: 3x3, 5x5 i 7x7.



Rysunek 19: Wyniki nałożenia filtru medianowego na obraz Lena 8-bitowy, szum Impulsowy 3

Maska	MSE	PNSR	MAE
-	115,50	27,50	7,66
3 x 3	113,41	27,58	7,42
5 x 5	198,45	25,15	9,12
7 x 7	291,33	23,49	10,97

Tabela 7: Wartości MSE, PNSR i MAE dla szumu Impulsowego 3 dla 8-bitowego obrazu Lena



(a) Maska 3x3



(b) Maska 5x5

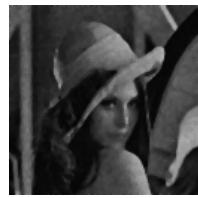


(c) Maska 7x7

Rysunek 20: Wyniki nałożenia filtru medianowego na obraz Lena 8-bitowy, szum Jednolity 3

Maska	MSE	PNSR	MAE
-	80,20	29,09	7,02
3 x 3	91,63	28,51	6,44
5 x 5	173,33	25,74	8,03
7 x 7	268,17	23,85	9,86

Tabela 8: Wartości MSE, PNSR i MAE dla szumu Jednolitego 3 dla 8-bitowego obrazu Lena



(a) Maska 3x3



(b) Maska 5x5

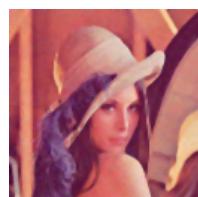


(c) Maska 7x7

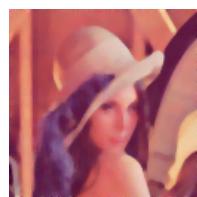
Rysunek 21: Wyniki nałożenia filtru medianowego na obraz Lena 8-bitowy, szum Normalny 3

Maska	MSE	PNSR	MAE
-	76,48	29,30	6,85
3 x 3	94,11	28,39	6,49
5 x 5	177,10	25,65	8,12
7 x 7	271,39	23,79	9,97

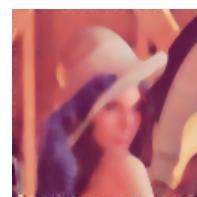
Tabela 9: Wartości MSE, PNSR i MAE dla szumu Normalnego 3 dla 8-bitowego obrazu Lena



(a) Maska 3x3



(b) Maska 5x5



(c) Maska 7x7

Rysunek 22: Wyniki nałożenia filtru medianowego na obraz Lena 24-bitowy, szum Impulsowy 3

Maska	MSE	PNSR	MAE
-	59,54	30,38	5,25
3 x 3	87,46	28,71	6,05
5 x 5	161,99	26,04	7,65
7 x 7	246,58	24,21	9,38

Tabela 10: Wartości MSE, PNSR i MAE dla szumu Impulsowego 3 dla 24-bitowego obrazu Lena



Rysunek 23: Wyniki nałożenia filtru medianowego na obraz Lena 24-bitowy, szum Jednolity 3

Maska	MSE	PNSR	MAE
-	123,18	27,23	8,71
3 x 3	114,31	27,55	7,74
5 x 5	186,61	25,42	9,16
7 x 7	269,59	23,82	10,78

Tabela 11: Wartości MSE, PNSR i MAE dla szumu Jednolitego 3 dla 24-bitowego obrazu Lena



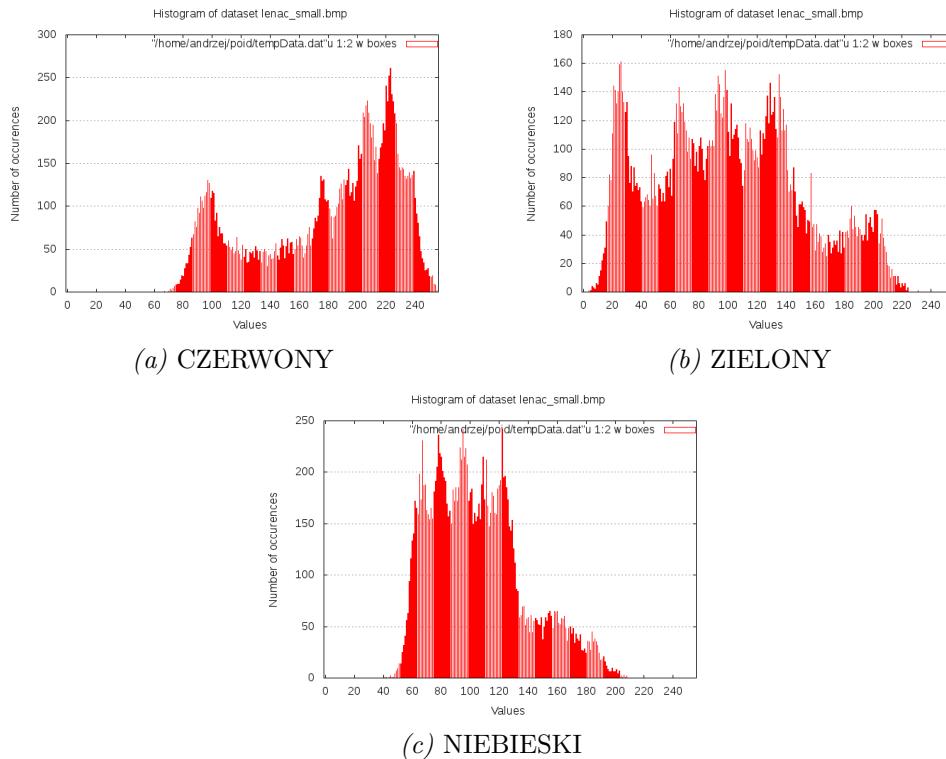
Rysunek 24: Wyniki nałożenia filtru medianowego na obraz Lena 24-bitowy, szum Normalny 3

Maska	MSE	PNSR	MAE
-	73,99	29,44	6,81
3 x 3	94,58	28,37	6,65
5 x 5	167,30	25,90	8,08
7 x 7	250,79	24,14	9,73

Tabela 12: Wartości MSE, PNSR i MAE dla szumu Normalnego 3 dla 24-bitowego obrazu Lena

5.3. Modyfikacje obrazu w oparciu o histogram

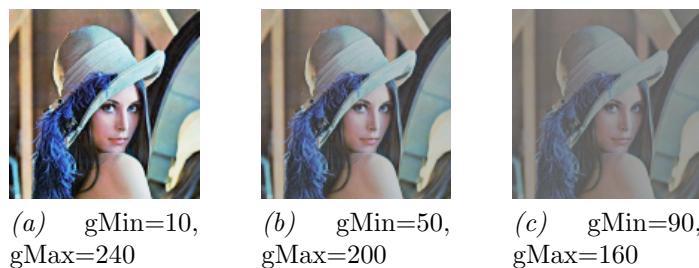
Sekcja przedstawia wyniki modyfikacji obrazów w oparciu o histogram. W celu porównania wyników, wszystkie operacje przeprowadzane były na obrazie 24-bitowym obrazie Lena. Poniżej przedstawiono histogramy kolorów obrazu oryginalnego.



Rysunek 25: Histogramy kolorów dla 24-bitowego obrazu Lena

5.3.1. Jednostajna wyjściowa gęstość prawdopodobieństwa

Poniżej przedstawione zostały wyniki przetworzenia obrazu Lena 24-bitowego poprzez modyfikację histogramu jednostajną wyjściową gęstością prawdopodobieństwa.



Rysunek 26: Obraz Lena 24-bitowy przetworzony poprzez modyfikację histogramu jednostajną wyjściową gęstością prawdopodobieństwa

5.3.2. Wyjściowa gęstość prawdopodobieństwa podana wzorem Raleigha

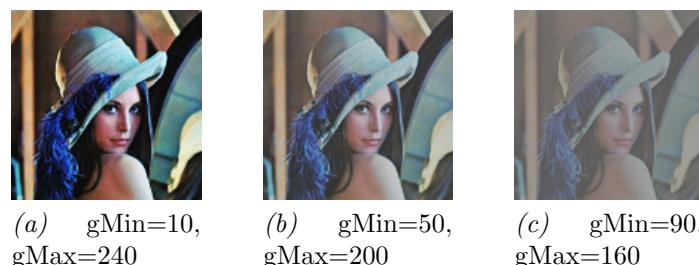
Poniżej przedstawione zostały wyniki przetworzenia obrazu Lena 24-bitowego poprzez modyfikację histogramu wyjściową gęstością prawdopodobieństwa podaną wzorem Raleigha.



Rysunek 27: Obraz Lena 24-bitowy przetworzony poprzez modyfikację histogramu wyjściową gęstością prawdopodobieństwa podaną wzorem Raleigha

5.3.3. Wyjściowa gęstość prawdopodobieństwa określona przez potęgę 2/3

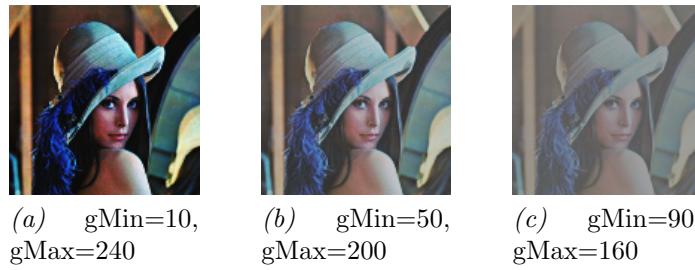
Poniżej przedstawione zostały wyniki przetworzenia obrazu Lena 24-bitowego poprzez modyfikację histogramu wyjściową gęstością prawdopodobieństwa określoną przez potęgę 2/3.



Rysunek 28: Obraz Lena 24-bitowy przetworzony poprzez modyfikację histogramu wyjściową gęstością prawdopodobieństwa określoną przez potęgę 2/3

5.3.4. Wyjściowa gęstość prawdopodobieństwa o postaci hiperbolicznej

Poniżej przedstawione zostały wyniki przetworzenia obrazu Lena 24-bitowego poprzez modyfikację histogramu wyjściową gęstością prawdopodobieństwa o postaci hiperbolicznej.



Rysunek 29: Obraz Lena 24-bitowy przetworzony poprzez modyfikację histogramu wyjściową gęstością prawdopodobieństwa o postaci hiperbolicznej

5.4. Filtracja liniowa oparta o splot

Sekcja przedstawia wyniki nałożenia na obrazy filtrów liniowych w oparciu o splot.

5.4.1. Filtr dolnoprzepustowy

Poniżej przedstawione zostały wyniki nałożenia filtra dolnoprzepustowego o różnych maskach na wybrane obrazy 8- i 24-bitowe. Wygląd masek znajduje się w sekcji *Wprowadzenie*.



Rysunek 30: Wyniki nałożenia filtra dolnoprzepustowego o różnych maskach na obraz Camera 8-bitowy



Rysunek 31: Wyniki nałożenia filtra dolnoprzepustowego o różnych maskach na obraz Lena 24-bitowy

5.4.2. Wystrzanie krawędzi

Poniżej przedstawione zostały wyniki wystrzania krawędzi stosując różne maski na wybranych obrazach 8- i 24-bitowych. Wygląd masek znajduje się w sekcji *Wprowadzenie*.



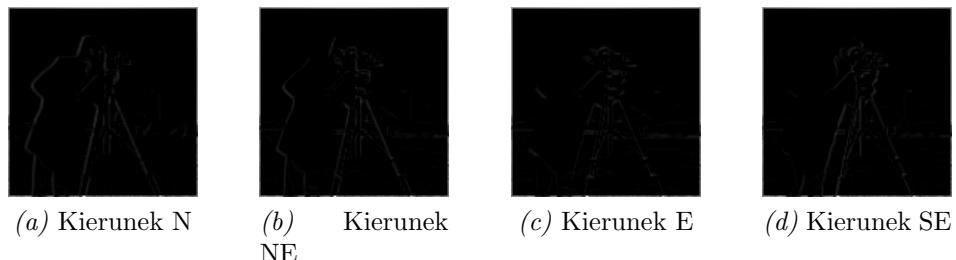
Rysunek 32: Wyniki wyostrzania krawędzi stosując różne maski na obrazie Camera 8-bitowym



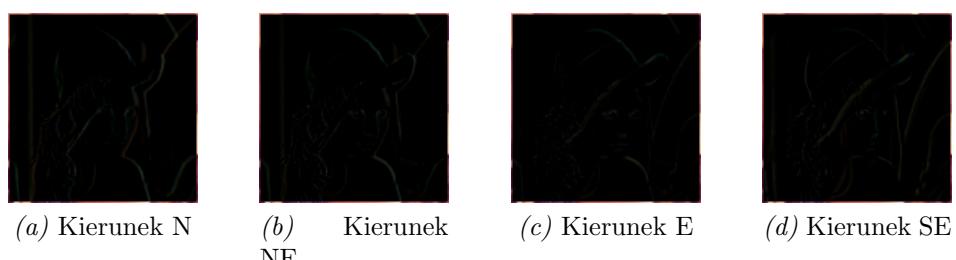
Rysunek 33: Wyniki wyostrzania krawędzi stosując różne maski na obrazie Lena 24-bitowym

5.4.3. Wydobywanie szczegółów z tła: N, NE, E, SE

Poniżej przedstawione zostały wyniki wydobywania szczegółów z tła w kierunkach N, NE, E i SE na wybranych obrazach 8- i 24-bitowych. Wygląd masek znajduje się w sekcji *Wprowadzenie*.



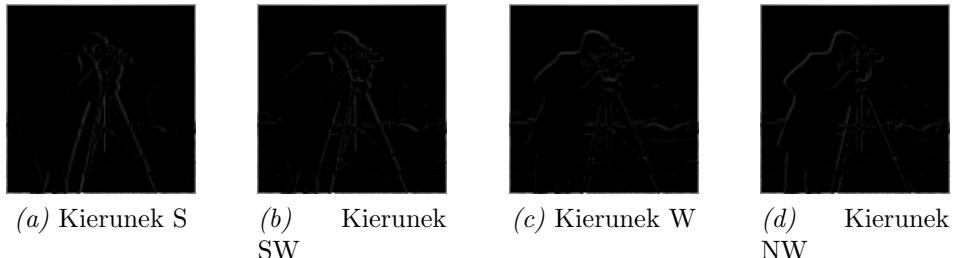
Rysunek 34: Wyniki wydobywania szczegółów z tła w kierunkach N, NE, E i SE na obrazie Camera 8-bitowym



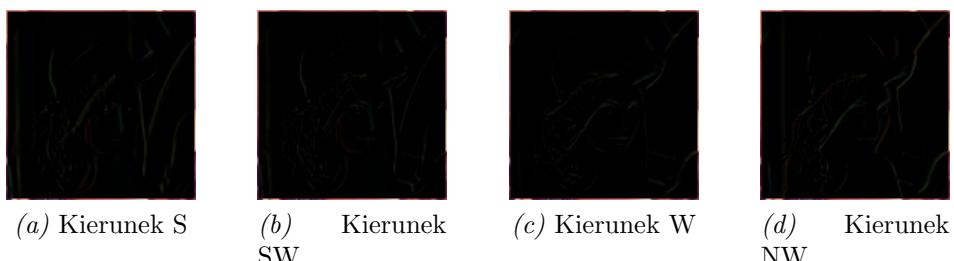
Rysunek 35: Wyniki wydobywania szczegółów z tła w kierunkach N, NE, E i SE na obrazie Lena 24-bitowym

5.4.4. Wydobywanie szczegółów z tła: S, SW, W, NW

Poniżej przedstawione zostały wyniki wydobywania szczegółów z tła w kierunkach S, SW, W, NW na wybranych obrazach 8- i 24-bitowych. Wygląd masek znajduje się w sekcji *Wprowadzenie*.



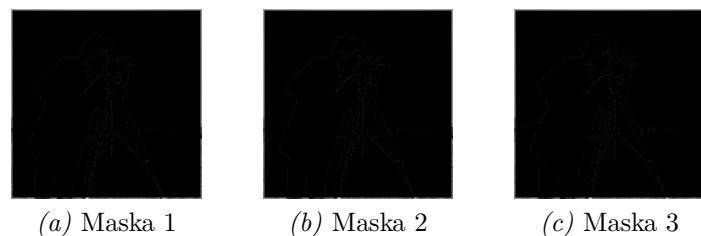
Rysunek 36: Wyniki wydobywania szczegółów z tła w kierunkach S, SW, W i NW na obrazie Camera 8-bitowym



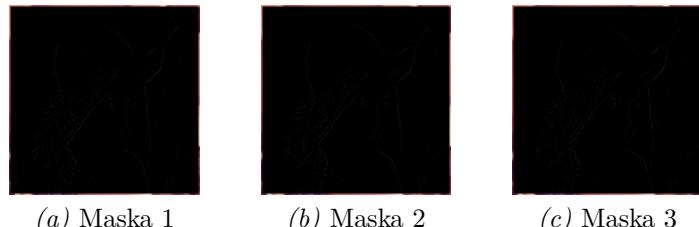
Rysunek 37: Wyniki wydobywania szczegółów z tła w kierunkach S, SW, W i NW na obrazie Lena 24-bitowym

5.4.5. Wydobywanie szczegółów z tła bez zdefiniowanego kierunku (laplasjan)

Poniżej przedstawione zostały wyniki wydobywania szczegółów z tła bez zdefiniowanego kierunku na wybranych obrazach 8- i 24-bitowych. Wygląd masek znajduje się w sekcji *Wprowadzenie*.



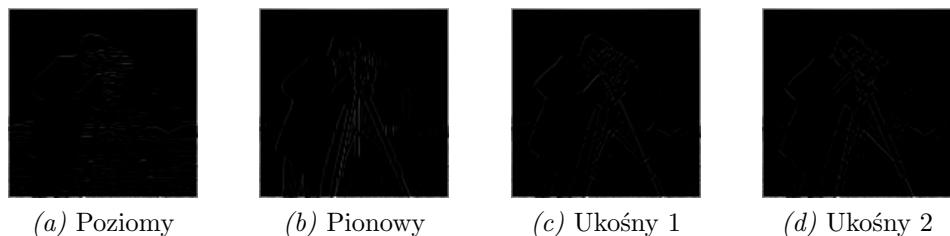
Rysunek 38: Wyniki wydobywania szczegółów z tła bez zdefiniowanego kierunku na obrazie Camera 8-bitowym



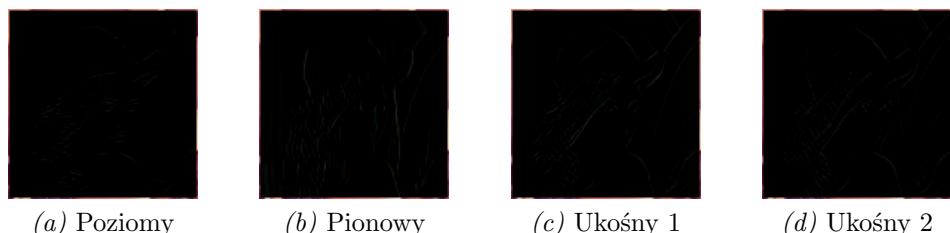
Rysunek 39: Wyniki wwydobywania szczegółów z tła bez zdefiniowanego kierunku na obrazie Lena 24-bitowym

5.4.6. Identyfikowanie linii

Poniżej przedstawione zostały wyniki identyfikacji linii z wybranych obrazów 8- i 24-bitowych. Wygląd masek znajduje się w sekcji *Wprowadzenie*.



Rysunek 40: Wyniki identyfikacji linii na obrazie Camera 8-bitowym



Rysunek 41: Wyniki identyfikacji linii na obrazie Lena 24-bitowym

5.5. Filtracja nieliniowa

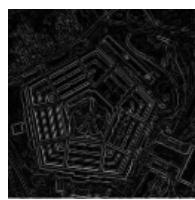
Sekcja przedstawia wyniki nałożenia na obrazy filtrów nieliniowych.

5.5.1. Operator Robertsa (Wariant I)

Poniżej przedstawione zostały wyniki zastosowania operatora Robertsa w I wariantie na wybranych obrazach 8- i 24-bitowych.



(a) Bird 8b



(b) Pentagon 8b



(c) Girl 24b



(d) Mandril 24b

Rysunek 42: Wyniki zastosowania operatora Robertsa w I wariantie na wybranych obrazach 8- i 24-bitowych

5.5.2. Operator Robertsa (Wariant II)

Poniżej przedstawione zostały wyniki zastosowania operatora Robertsa w II wariantie na wybranych obrazach 8- i 24-bitowych.



(a) Bird 8b



(b) Pentagon 8b



(c) Girl 24b



(d) Mandril 24b

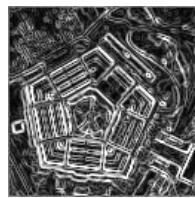
Rysunek 43: Wyniki zastosowania operatora Robertsa w I wariantie na wybranych obrazach 8- i 24-bitowych

5.5.3. Operator Sobela

Poniżej przedstawione zostały wyniki zastosowania operatora Sobela na wybranych obrazach 8- i 24-bitowych.



(a) Bird 8b



(b) Pentagon 8b



(c) Girl 24b

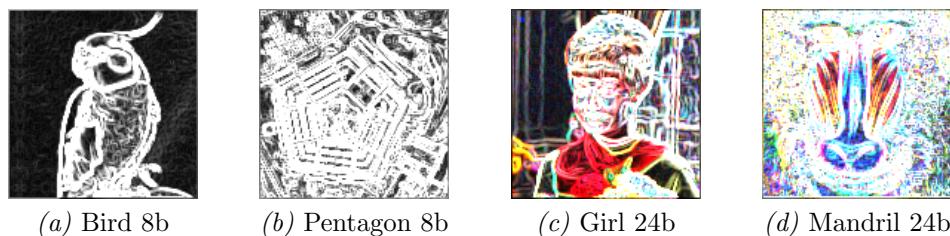


(d) Mandril 24b

Rysunek 44: Wyniki zastosowania operatora Sobela na wybranych obrazach 8- i 24-bitowych

5.5.4. Operator Kirsha

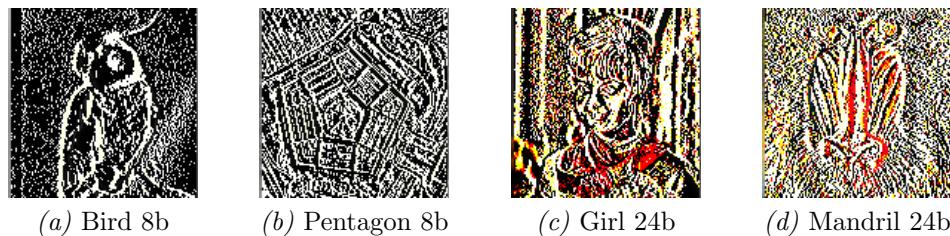
Poniżej przedstawione zostały wyniki zastosowania operatora Kirsha na wybranych obrazach 8- i 24-bitowych.



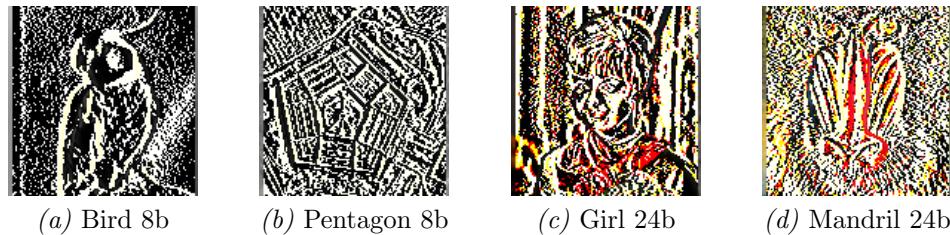
Rysunek 45: Wyniki zastosowania operatora Kirsha na wybranych obrazach 8- i 24-bitowych

5.5.5. Operator Rosenfelda

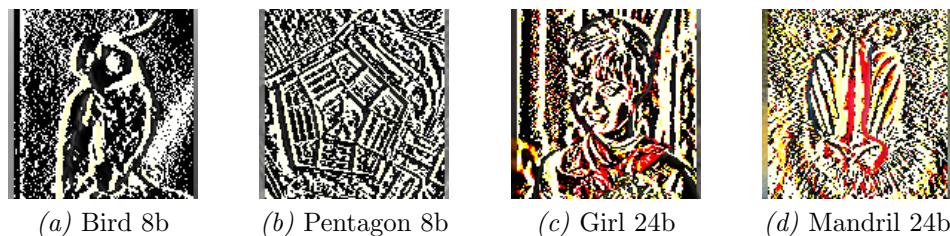
Poniżej przedstawione zostały wyniki zastosowania operatora Rosenfelda na wybranych obrazach 8- i 24-bitowych, w zależności od różnych parametrów R.



Rysunek 46: Wyniki zastosowania operatora Rosenfelfa na wybranych obrazach 8- i 24-bitowych, $R = 2$



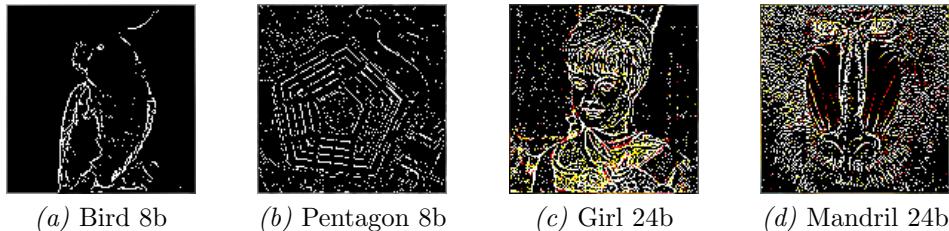
Rysunek 47: Wyniki zastosowania operatora Rosenfelfa na wybranych obrazach 8- i 24-bitowych, $R = 3$



Rysunek 48: Wyniki zastosowania operatora Rosenfelfa na wybranych obrazach 8- i 24-bitowych, $R = 4$

5.5.6. Operator Uolisa

Poniżej przedstawione zostały wyniki zastosowania operatora Uolisa na wybranych obrazach 8- i 24-bitowych.



Rysunek 49: Wyniki zastosowania operatora Uolisa na wybranych obrazach 8- i 24-bitowych

6. Dyskusja

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

6.1. Podstawowe operacje przetwarzania obrazu

Przetworzenie obrazów podstawowymi operacjami przyniosło spodziewane rezultaty.

6.2. Podstawowe filtry

Filtr ze średnią arytmetyczną umożliwia dokładne usunięcie szumu dopiero przy nałożeniu maski 5x5 (rys. 13-18b). Niestety, powoduje to również bardzo widoczne rozmycie obrazu. Obiektywne wyniki badań działania filtru wykazały, że nakładanie większych masek znacznie zwiększa finalny obraz.

Filtr medianowy spełnia swoją rolę o wiele lepiej. Nadal widać różnicę pomiędzy obrazem oryginalnym, a odszumionym lecz porównując tę metodę z poprzednią (rys. 13-18 w porównaniu do rys. 19-24), widać wyraźną poprawę. Podobnie jak w przypadku filtru ze średnią arytmetyczną, po zastosowaniu większych masek, obraz staje się bardzo rozmazany. Obiektywne wyniki badań działania filtru wykazały, że działa on najlepiej dla szumów impulsowych. Jest to spowodowane działaniem algorytmu, który odrzuca piksele o wartościach bardzo odległych od modelu i nie bierze ich pod uwagę przy liczeniu nowej wartości (w przeciwieństwie do filtru ze średnią arytmetyczną).

6.3. Modyfikacje obrazu w oparciu o histogram

Modyfikacje obrazu w oparciu o histogram dały bardzo zbliżone rezultaty (rys. 26, 28, 29). Jedynym wyjątkiem jest przetworzenie poprzez modyfikację histogramu wyjściową gęstością prawdopodobieństwa podaną wzorem Raleigha. Wynikowe obrazy są negatywami (rys. 27).

6.4. Filtracja liniowa oparta o splot

Algorytm analizowanych filtrów polega na nałożeniu odpowiedniej maski na piksele oraz ich sąsiedztwo. Normalizacja wyników, w celu dokładniejszego wyświetlenia krawędzi, została zrealizowana poprzez dodanie współczynnika wynoszącego 0.7. Mnożone są przez niego wartości wszystkich pikseli wynikowych, jeżeli są mniejsze od maksymalnej.

Filtr dolnoprzepustowy tłumii elementy o wysokiej częstotliwości i wygładza wejściowy obraz. Zarówno rysunek 8-bitowy (rys. 30), jak i 24-bitowy (rys. 31) dobrze prezentują to zachowanie.

Wystrzanie krawędzi dla obrazów w skali szarości przynosi najlepsze efekty przy zastosowaniu maski 2 (rys. 32b). Dla próbek w skali RGB (rys. 33), wyniki są porównywalne.

Wydobywanie szczegółów z tła przynosi, zgodnie z oczekiwaniemi, różne rezultaty przy analizie odmiennych obrazów. Wyraźnie można dostrzec korelację pomiędzy konturami elementów na obrazie a zastosowanym kierunkiem filtra (rys. 34-37).

Wydobycie szczegółów z tła bez zdefiniowanego kierunku okazało się skomplikowanym zadaniem w przypadku testowych obrazów Camera i Lena. Algorytm zwrócił niesatysfakcjonujący wynik, odnajdując jedynie część konturów.

Identyfikowanie linii, podobnie jak wydobywanie szczegółów z tła z zastosowaniem konkretnego kierunku poszukiwań, jest ściśle związane z analizowanym obrazem. Widać to między innymi na identyfikacji pionowej obrazu Camera (rys. 40b) oraz ukośnej 1 próbki Lena (rys. 41c).

W celu zoptymalizowania filtrów z powyższej sekcji pod względem czasowym i pamięciowym, można zastosować następujące rozwiązania:

- w przypadku masek posiadających zera, można zarezerwować mniejszą ilość pamięci na jej przechowywanie, pomijając te elementy; podczas działania programu, nie powinien on wykonywać podwójnego fora na pikselu (aby obliczyć wartości z całej maski nxn), lecz wybierać tych sąsiadów, którzy faktycznie mają wpływ na finalny wynik
- podobnie jak w poprzednim punkcie można postąpić z elementami maski o wartościach 1 lub -1; zamiast wymnażać je przez wartość piksela i dopiero po tej operacji dodawać go do sumy, można pominąć zbędny krok

6.5. Filtracja nieliniowa

Filtracja nieliniowa umożliwia znalezienie krawędzi elementów, bez względu na ich położenie względem osi XOY.

Operator Robertsa, a zwłaszcza jego drugi wariant, bardzo dokładnie pokazuje wszystkie wyraźne, lokalne zmiany w natężeniu barw. Widać to szczególnie dobrze na rysunkach przedstawiających ptaka (rys. 43a) oraz

dzieńczynę (rys. 43c).

Operator Sobela również dobrze sobie radzi z odnajdywaniem krawędzi, jednakże oznacza je o wiele grubszymi liniami. Ponieważ bierze pod uwagę większe sąsiedztwo pikseli niż operator Robertsa, dokładnie odwzorowuje kontury elementów pod warunkiem, że nie są one położone blisko siebie (rys. 44a i rys. 44b). W momencie w którym obraz na wejściu nie ma wyraźnych krawędzi znacznie oddalonych od siebie (rys. 44d), wynik jest niesatysfakcjonujący.

Zastosowanie operatora Kirsha przynosi efekty podobne do operatora Sobela, jednakże jeszcze trudniej można się doszukać oryginalnych konturów. Dobrze obrazuje to przykład Pentagonu (rys. 45b) oraz mandryla (rys. 45d). Ze względu na dużą jasność wszystkich wyników, dane wyjściowe można poddać normalizacji.

Operator Rosenfelda odnajduje krawędzi (rys. 46b) lecz tworzy niepotrzebny szum tła (rys. 46a). Zwiększenie parametru R powoduje pogrubianie wynikowych linii.

Wynik przekształcenia operatorem Uolisa został znormalizowany poprzez pomnożenie wartości każdego piksela przez liczbę 10. Bez tej operacji rezultat był nieczytelny. Po transformacji, wynik prezentuje najbardziej wyraziste krawędzie (rys. 49).

7. Wnioski

Podsumowując, do usuwania szumów nie powinno się stosować filtru ze średnią arytmetyczną, ponieważ filtr medianowy daje lepsze rezultaty. Potwierdziły to obiektywne metody pomiaru skuteczności filtrów. Trzeba jednak pamiętać, aby nie nałożyć zbyt dużej maski, ponieważ otrzymany obraz może się okazać zbyt rozmazany.

Przetworzenie obrazu poprzez modyfikację histogramu jednostajną wyjściową gęstością prawdopodobieństwa, wyjściową gęstością prawdopodobieństwa określoną przez potęgę $2/3$ oraz wyjściową gęstością prawdopodobieństwa o postaci hiperbolicznej daje bardzo zbliżone rezultaty.

Filtracja liniowa oparta o splot potrafi dać bardzo dobre rezultaty wyszukiwania krawędzi pod warunkiem, że szukamy ich w konkretnych kierunkach.

Filtracja nieliniowa daje o wiele lepsze efekty. Szczególnie operator Robertsa w wariantie 2 oraz operator Sobela pozwalają na bardzo dokładne wyróżnienie wszystkich krawędzi.

Literatura

- [1] [http://ftims.edu.p.lodz.pl/pluginfile.php/18220/mod_resource/content/1/
Zadanie1.pdf](http://ftims.edu.p.lodz.pl/pluginfile.php/18220/mod_resource/content/1/Zadanie1.pdf), 2015
- [2] http://ics.p.lodz.pl/tomczyk/available/po_en/second.html, 2015
- [3] <https://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX/Mathematics>, 2015
- [4] https://pl.wikipedia.org/wiki/Filtracja_obra%C5%82w, 2015