

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

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

Jakub Antosik    XXXXXX  
Andrzej Lisowski    206087

**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 transformacji, 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 zwiększaniu jasności, jeżeli jest ujemna - jasność jest zmniejszana. W momencie, w którym wynik przekroczy wartości brzegowe piksela, przypisuje się mu  $p_{\min}$  lub  $p_{\max}$  zgodnie z poniższym wzorem:

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

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 zwiększeniu jasności jasnych pikseli przy jednoczesnym zmniejszeniu jasności ciemnych pikseli. Ciemne piksele należą do przedziału  $\langle 0, \frac{p_{\max}}{2} \rangle$ , zaś jasne do przedziału  $\langle \frac{p_{\max}}{2}, p_{\max} \rangle$ .

Wzór wygląda następująco:

$$p(i) = \begin{cases} i \div k & \text{jeżeli } 0 \leq i < \frac{p_{\max}}{2} \\ i * k & \text{jeżeli } \frac{p_{\max}}{2} \leq i \leq p_{\max} \\ p_{\max} & \text{jeżeli } i * k > p_{\max} \end{cases}$$

gdzie:

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

$i$  - wartość piksela przed zmianą kontrastu,

$p_{\max}$  - maksymalna wartość piksela,

$k$  - 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. 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.

### 2.3.1. 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.

### 2.3.2. 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,

$\alpha$  - współczynnik obiczany ze wzoru: TODO,

$N$  - suma pikseli na obrazie,

$H(m)$  - wartość histogramu dla wartości  $m$  kanału.

### 2.3.3. Wyjściowa gęstość prawdopodobieństwa podana wzorem Raleigha

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,

$\alpha$  - współczynnik obiczany ze wzoru: TODO,

$N$  - suma pikseli na obrazie,

$H(m)$  - wartość histogramu dla wartości  $m$  kanału.

### 2.3.4. 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.

### 2.3.5. Wyjściowa gęstość prawdopodobieństwa 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.

## 2.4. 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.

### 2.4.1. Filtr dolnoprzepustowy

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

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

### 2.4.2. Wyostrzanie krawędzi

Poniższe maski zostały użyte do wyostrzenia krawędzi:

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

### 2.4.3. 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:

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

### 2.4.4. Wydobywanie szczegółów z tła: S, SW, W, NW

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

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

### 2.4.5. Wydobywanie szczegółów z tła bez zdefiniowanego kierunku (laplasjan)

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

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

### 2.4.6. Identyfikowanie linii

Identyfikowanie linii na obrazie zostało zrealizowane po nałożeniu masek:

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

## 2.5. Filtracja nieliniowa

//TODO

### 2.5.1. Operator Robertsa (Wariant I)

//TODO

### 2.5.2. Operator Robertsa (Wariant II)

//TODO

### 2.5.3. Operator Sobela

//TODO

### 2.5.4. Operator Kirsha

//TODO

### 2.5.5. Operator Rosenfelda

//TODO

### 2.5.6. Operator Uolisa

//TODO

## 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 realizowana przy użyciu standardowej biblioteki graficznej Javy - Swing. Aplikacja wykorzystuje następujące biblioteki zewnętrzne:

- *JavaPlot.jar* - wykorzystywana do tworzenia histogramów; jest to jawa 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.







(a) Boat



(b) Girl

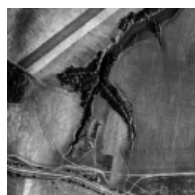


(c) Lena

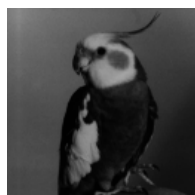


(d) Mandril

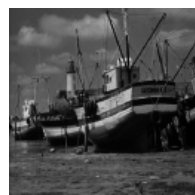
Rysunek 1: Testowe obrazy 1-bitowe



(a) Aero



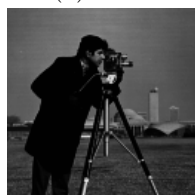
(b) Bird



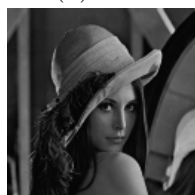
(c) Boat



(d) Bridge



(e) Camera



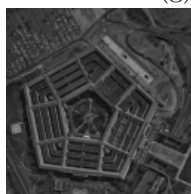
(f) Lena



(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

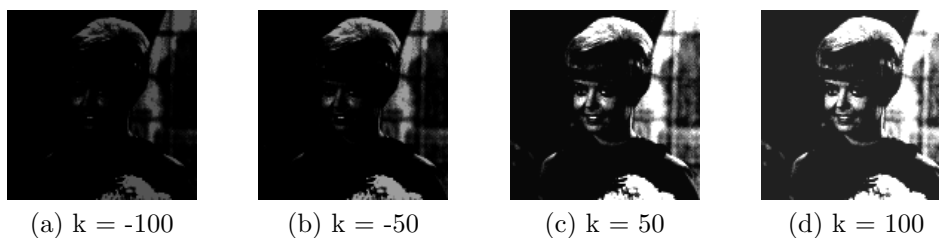
Poniżej przedstawione zostały efekty przeprowadzonych badań. Przeanalizowano wybrane obrazy 1-, 8- i 24-bitowe.

### 5.1. Podstawowe operacje przetwarzania obrazu

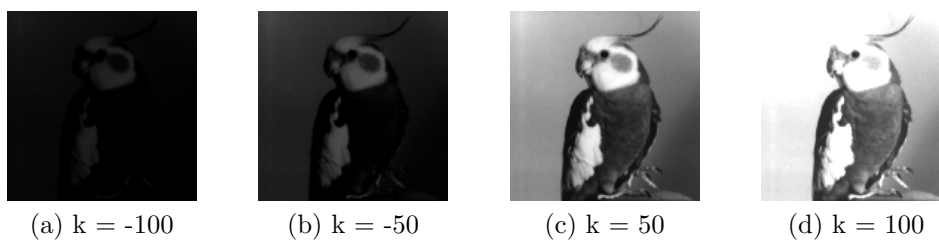
Sekcja przedstawia wyniki podstawowego przetwarzania obrazów - zmiany jasności, kontrastu oraz wyznaczenia negatywu.

#### 5.1.1. Zmiana jasności

Poniżej przedstawione zostały wyniki zmiany jasności dla 3 wybranych obrazów.



Rysunek 6: Zmiana jasności w obrazie Girl 1-bitowym



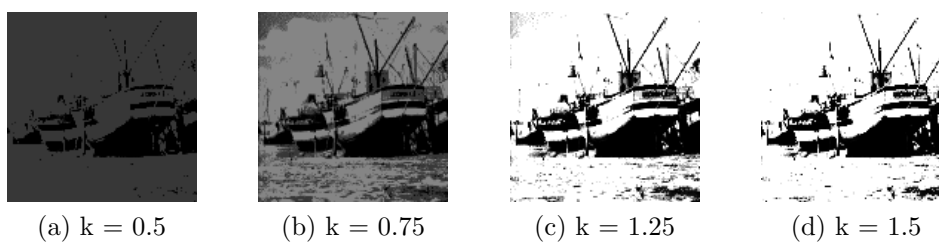
Rysunek 7: Zmiana jasności w obrazie Bird 8-bitowym



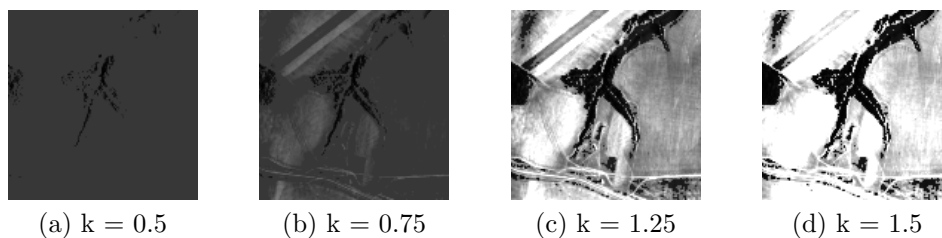
Rysunek 8: Zmiana jasności w obrazie Lena 24-bitowym

### 5.1.2. Zmiana kontrastu

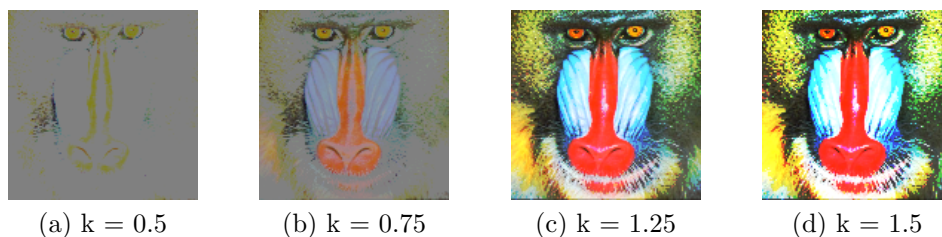
Poniżej przedstawione zostały wyniki zmiany kontrastu dla 3 wybranych obrazów.



Rysunek 9: Zmiana kontrastu w obrazie Boat 1-bitowym



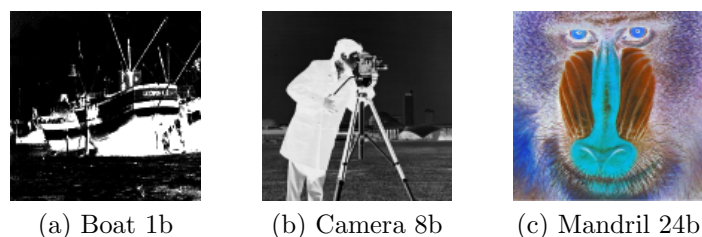
Rysunek 10: Zmiana kontrastu w obrazie Aero 8-bitowym



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

//TODO

### 5.2.1. Filtr ze średnią arytmetyczną

//TODO

### 5.2.2. Filtr medianowy

//TODO

## 5.3. Modyfikacje obrazu w oparciu o histogram

//TODO

### 5.3.1. Jednostajna wyjściowa gęstość prawdopodobieństwa

//TODO

**5.3.2. Wyjściowa gęstość prawdopodobieństwa o postaci  
wykładniczej**

//TODO

**5.3.3. Wyjściowa gęstość prawdopodobieństwa podana wzorem  
Raleigha**

//TODO

**5.3.4. Wyjściowa gęstość prawdopodobieństwa określona przez  
potęgę  $2/3$**

//TODO

**5.3.5. Wyjściowa gęstość prawdopodobieństwa o postaci  
hiperbolicznej**

//TODO

**5.4. Filtracja liniowa oparta o splot**

//TODO

**5.4.1. Filtr dolnoprzepustowy**

//TODO

**5.4.2. Wyostrzanie krawędzi**

//TODO

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

//TODO

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

//TODO

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

//TODO

**5.4.6. Identyfikowanie linii**

//TODO

**5.5. Filtracja nieliniowa**

//TODO

**5.5.1. Operator Robertsa (Wariant I)**

//TODO

**5.5.2. Operator Sobela**

//TODO



### 5.5.3. Operator Kirsha

//TODO

### 5.5.4. Operator Rosenfelda

//TODO

### 5.5.5. Operator Uolisa

//TODO

W tej sekcji należy zaprezentować, dla każdego przeprowadzonego eksperymentu, kompletny zestaw wyników w postaci tabel, wykresów itp. Powinny być one tak ponazywane, aby było wiadomo, do czego się odnoszą. Wszystkie tabele i wykresy należy oczywiście opisać (opisać co jest na osiach, w kolumnach itd.) stosując się do przyjętych wcześniej oznaczeń. Nie należy tu komentować i interpretować wyników, gdyż miejsce na to jest w kolejnej sekcji. Tu również dobrze jest wprowadzić oznaczenia (tabel, wykresów) aby móc się do nich odwoływać poniżej.

## 6. Dyskusja

Sekcja ta powinna zawierać dokładną interpretację uzyskanych wyników eksperymentów wraz ze szczegółowymi wnioskami z nich płynącymi. Najcenniejsze są, rzecz jasna, wnioski o charakterze uniwersalnym, które mogą być istotne przy innych, podobnych zadaniach. Należy również omówić i wyjaśnić wszystkie napotkane problemy (jeśli takie były). Każdy wniosek powinien mieć poparcie we wcześniej przeprowadzonych eksperymentach (odwołania do konkretnych wyników). Jest to jedna z najważniejszych sekcji tego sprawozdania, gdyż prezentuje poziom zrozumienia badanego problemu.

## 7. Wnioski

W tej, przedostatniej, sekcji należy zamieścić podsumowanie najważniejszych wniosków z sekcji poprzedniej. Najlepiej jest je po prostu wypunktować. Znow, tak jak poprzednio, najistotniejsze są wnioski o charakterze uniwersalnym.

## Literatura

- [1] [http://ftims.edu.p.lodz.pl/plugin.file.php/18220/mod\\_resource/content/1/Zadanie1.pdf](http://ftims.edu.p.lodz.pl/plugin.file.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\\_obraz%C3%B3w](https://pl.wikipedia.org/wiki/Filtracja_obraz%C3%B3w), 2015