

Data oddania: _____

Ocena: _____

Mateusz Grabowski 214903

Radosław Pawlaczyk 214952

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

1. Cel

W ramach tego zadania należało stworzyć aplikację umożliwiającą przetwarzanie obrazów 2D, zarówno kolorowych jak i w odcieniach szarości. Głównym celem zadania było poznanie wybranych algorytmów przetwarzania obrazów, które zostały zaimplementowane w przygotowanej aplikacji.

2. Wprowadzenie

Obraz jest to uporządkowany zbiór pikseli, przedstawiany w formie dwuwymiarowej tabeli. Każdy element tabeli zawiera informacje dotyczącą jasności i koloru piksela obrazu. Przetwarzanie obrazu polega na modyfikacji elementów wspomnianej tabli, zgodnie z przyjętym przez nas schematem. W efekcie otrzymujemy nowy obraz różniący się od wejściowego. W dalszej części zostaną omówione zaimplementowane metody przetwarzania obrazów.

* SVN: http://serce.ics.p.lodz.pl/svn/labs/poid/poid_bs/mapa/@47

2.1. Jasność

Operacja polega na zmianie wartości wszystkich pikseli o wybraną stałą wartość. Operacja opisana została następującym wzorem:

$$P_o(n, m) = P_i(n, m) + K \quad (1)$$

Gdzie, $P_i(x, y)$ - wartość piksela obrazu wejściowego, $P_o(x, y)$ - wartość piksela obrazu wyjściowego, K - wartość stała.

2.2. Kontrast

Operacja zmiany kontrastu polega na takiej modyfikacji, aby piksele przybierały wartości bliskie ekstremom (wysoki kontrast), lub żeby miały one wartości bliskie średniej (niski kontrast). Operacja opisana została następującym wzorem:

$$P_o(n, m) = A * (P_i(n, m) - 127) + 127 \quad (2)$$

Gdzie, A - parametr przybierający wartości nieujemne.

2.3. Negatyw

Operacja polegająca na zastąpieniu wartości każdego piksela, wartością do niego przeciwną. Operacja opisana została następującym wzorem:

$$P_o(n, m) = |255 - P_i(n, m)| \quad (3)$$

2.4. Filtr ze średnią arytmetyczną

Operacja polega na wyliczeniu nowej wartości piksela w oparciu o sąsiadujące z nim piksele. W tym celu tworzy się maskę o podanym boku, która definiuje sąsiedztwo danego piksela. Nowa wartość jest to średnia arytmetyczna wartości pikseli znajdujących się wewnątrz maski. Operacja opisana została następującym wzorem:

$$P_o(n, m) = \frac{1}{L} \sum_{i=-x}^x \sum_{j=-y}^y P_i(n + i, m + j) \quad (4)$$

Gdzie, L - liczba pikseli znajdujących się w sąsiedztwie, x i y - promień sąsiedztwa zarówno w ramach wysokości jak i szerokości.

2.5. Filtr medianowy

Operacja polega na wyliczeniu nowej wartości piksela w oparciu o sąsiadujące z nim piksele. W tym celu tworzy się maskę o podanym boku, która definiuje sąsiedztwo danego piksela. Nowa wartość jest to mediana, wybrana spośród wszystkich pikseli znajdujących się wewnątrz maski.

2.6. Histogram

Jest to wykres przedstawiający ilość pikseli o zadanej wartości. W oparciu o histogram możliwe jest wykonanie przetwarzania obrazu w celu zmiany jego charakterystyki. W tym celu posłużyliśmy się wzorem Raleigha:

$$g(f) = g_{min} + (2\alpha^2 \ln(\frac{1}{N} \sum_{m=0}^f H(m))^{-1})^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Gdzie, g_{min} - wartość minimalna jasności piksela, α - parametr algorytmu, N - liczba wszystkich pikseli, f - stara wartość jasności piksela, $H(m)$ - liczba pikseli posiadających jasność m .

2.7. Filtr liniowy oparty o splot

Operacja polega na wyliczeniu nowej wartości piksela w oparciu o sąsiadujące z nim piksele. W tym celu tworzy się maskę, która jest tablicą dwuwymiarową o podanym boku, zawierającą informacje o tym z jaką wagą mają być traktowane wartości sąsiadujących pikseli.

$$P_o(n, m) = \frac{1}{K} \sum_{i=-x}^x \sum_{j=-y}^y P_i(n+i, m+j) * M(i+x, j+y) \quad (6)$$

Gdzie, K - suma wag maski (jeśli suma wynosi 0, wtedy $K=1$), $M(,)$ - maska.

2.8. Filtr nieliniowy - operator Sobela

Operatora tego używa się w celu wykrywania krawędzi na obrazach. W tym celu korzysta się z maski, będącą macierzą 3x3. W tabeli 1 przedstawiono omawianą maskę.

A_0	A_1	A_2
A_7	$x(n, m)$	A_3
A_6	A_5	A_4

Tabela 1. Maska operatora Sobela.

Natomiast sam operator Sobela ma postać:

$$g(n, m) = \sqrt{X^2 + Y^2} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} X &= (A_2 + 2A_3 + A_4) - (A_0 + 2A_7 + A_6), \\ Y &= (A_0 + 2A_1 + A_2) - (A_6 + 2A_5 + A_4). \end{aligned}$$

3. Opis implementacji

Aplikacja została zaimplementowana w języku C++, z użyciem środowiska programistycznego Qt, które umożliwiło stworzenie interfejsu graficznego

(GUI). Aplikacja została stworzona z myślą możliwości przetwarzania wielu obrazów jednocześnie. W ramach pojedynczego obrazu GUI udostępnia jednocześnie widok na obraz przed i po wykonaniu przetwarzania.

Zaimplementowane metody przetwarzania obrazów, zostały napisane w oparciu o mechanizm polimorfizmu i dziedziczenia. Każdy algorytm przetwarzania obrazu dziedziczy po abstrakcyjnej klasie *Tool*, uprościło to proces dodawania nowych algorytmów i narzędzi.

4. Materiały i metody

W roli testów obrazów testowych, posłużyliśmy się udostępnionym nam zbiorem obrazów. Dostęp do nich można uzyskać poprzez zapisanie się do kursu "Przetwarzanie obrazu i dźwięku" na platformie Wikamp.

W ramach testowania wyników odsumowania obrazów za pomocą filtrów ze średnią arytmetyczną i mediany, wymagane było zaproponowanie metody obiektywnej oceny wyników pracy aplikacji. W tym celu wybraliśmy błąd średnio-kwadratowy:

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m (P_0(i, j) - P_1(i, j))^2 \quad (8)$$

Gdzie, N - liczba wszystkich pikseli, n - wysokość obrazu, m - szerokość obrazu, $P_0(x, y)$ - wartość piksela o współrzędnych (x, y) .

W przypadku filtru liniowego przydzielone zostały nam następujące rodzaje masek, odpowiednio: północ, północny-wschód, wschód, południowy-wschód.

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

5. Wyniki

5.1. Operacje podstawowe

Wyniki operacji podstawowych, do których zaliczamy: zmianę jasności, kontrastu i negatyw, pozwoliliśmy sobie nie zamieszczać w sprawozdaniu ponieważ są to operacje trywialne.

5.2. Filtr ze średnią arytmetyczną

Wartości w tabelach to wartości błędu średnio-kwadratowego dla wykonanego testu. Testowana maska miała rozmiar 3x3.

Nazwa pliku	Typ obrazu	Błąd średnio-kwadratowy
lena.bmp	wejście	0
	wyjście	24.36
lena_impulse1.bmp	wejście	156.66
	wyjście	44.40
lena_impulse3.bmp	wejście	1606.73
	wyjście	234.61
lena_normal1.bmp	wejście	332.33
	wyjście	63.48
lena_normal3.bmp	wejście	1191.13
	wyjście	169.55
lena_uniform1.bmp	wejście	167.46
	wyjście	44.54
lena_uniform3.bmp	wejście	1243.68
	wyjście	174.73

Tabela 2. Wyniki dla obrazów w odcieniach szarości.

Nazwa pliku	Typ obrazu	Błąd -czerwony	Błąd -zielony	Błąd -niebieski
lenac.bmp	wejście	0	0	0
	wyjście	24.28	24.68	24.46
lenac_impulse1.bmp	wejście	143.30	155.04	168.42
	wyjście	42.25	43.66	44.74
lenac_impulse3.bmp	wejście	810.04	865.97	924.48
	wyjście	130.92	133.38	138.22
lenac_normal1.bmp	wejście	145.63	150.78	160.42
	wyjście	41.89	42.75	43.27
lenac_normal3.bmp	wejście	1006.75	1078.71	1187.08
	wyjście	156.65	159.35	166.19
lenac_uniform1.bmp	wejście	227.82	234.44	245.67
	wyjście	52.55	52.92	53.53
lenac_uniform3.bmp	wejście	1605.79	1732.62	1877.19
	wyjście	247.06	246.25	252.29

Tabela 3. Wyniki dla obrazów kolorowych.

5.3. Filtr medianowy

Wartości w tabelach to wartości błędu średnio-kwadratowego dla wykonanego testu. Testowana maska miała rozmiar 3x3.

Nazwa pliku	Typ obrazu	Błąd średnio-kwadratowy
lena.bmp	wejście	0
	wyjście	15.405
lena_impulse1.bmp	wejście	156.66
	wyjście	17.72
lena_impulse3.bmp	wejście	1606.73
	wyjście	34.99
lena_normal1.bmp	wejście	332.33
	wyjście	30.30
lena_normal3.bmp	wejście	1191.13
	wyjście	45.58
lena_uniform1.bmp	wejście	167.46
	wyjście	23.91
lena_uniform3.bmp	wejście	1243.68
	wyjście	69.90

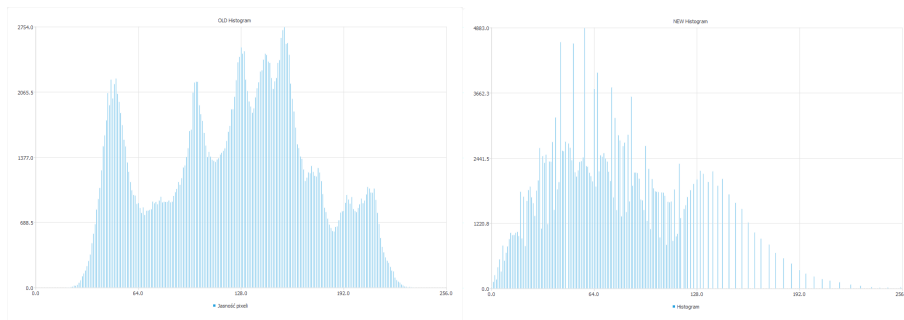
Tabela 4. Wyniki dla obrazów w odcieniach szarości.

Nazwa pliku	Typ obrazu	Błąd -czerwony	Błąd -zielony	Błąd -niebieski
lenac.bmp	wejście	0	0	0
	wyjście	15.64	15.38	16.33
lenac_impulse1.bmp	wejście	143.30	155.04	168.42
	wyjście	19.44	19.3	19.84
lenac_impulse3.bmp	wejście	810.04	865.97	924.48
	wyjście	26.26	27.05	27.79
lenac_normal1.bmp	wejście	145.63	150.78	160.42
	wyjście	21.23	21.37	21.68
lenac_normal3.bmp	wejście	1006.75	1078.71	1187.08
	wyjście	67.25	70.42	72.22
lenac_uniform1.bmp	wejście	227.82	234.44	245.67
	wyjście	29.88	29.92	29.72
lenac_uniform3.bmp	wejście	1605.79	1732.62	1877.19
	wyjście	61.14	65.4	62.86

Tabela 5. Wyniki dla obrazów kolorowych.

5.4. Histogram

Użyto pliku *lena.bmp*. Parametr wzoru Raleigha wynosi $\alpha = 60$.



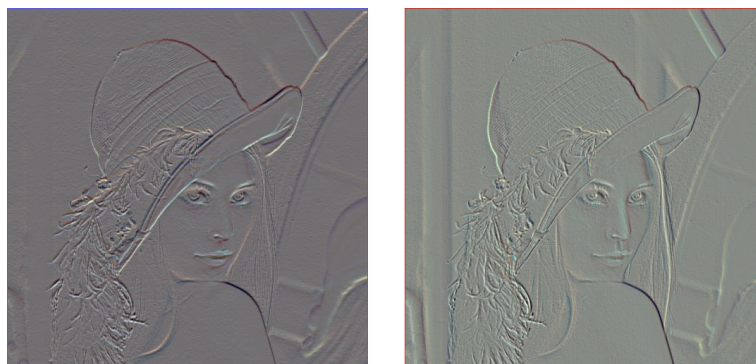
Rysunek 1. Wykresy histogramów przed i po modyfikacji obrazu



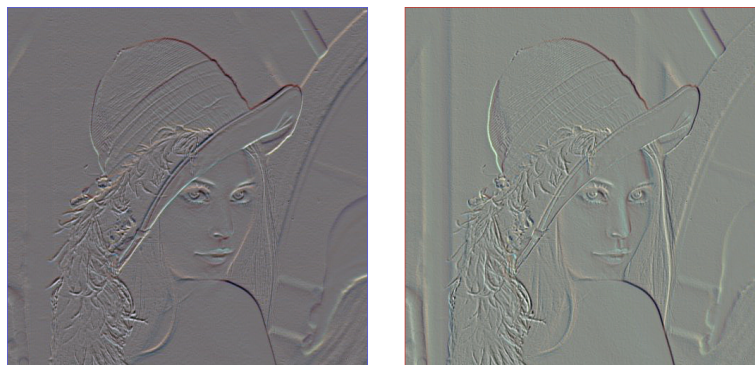
Rysunek 2. Obraz po dostosowaniu histogramu do danej charakterystyki

5.5. Filtr liniowy oparty o splot

Test wykonano na obrazie kolorowym (*lenac.bmp*).



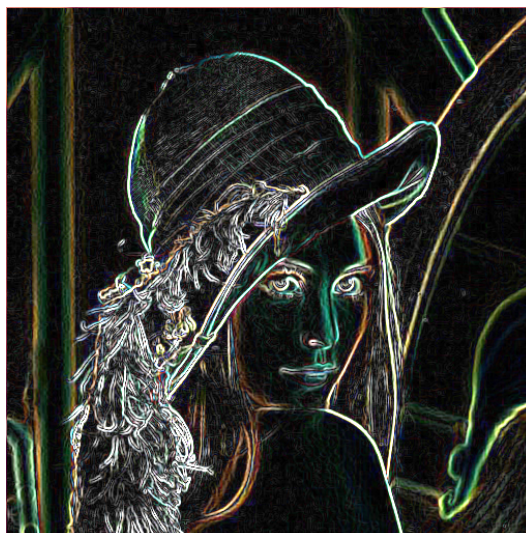
Rysunek 3. Obraz z lewej strony - filtr północny, obraz prawej strony - filtr północno-wschodni.



Rysunek 4. Obraz z lewej strony - filtr wschodni, obraz prawej strony - filtr południowo-wschodni.

5.6. Filtr nieliniowy - operator Sobela

Test wykonano na obrazie kolorowym (*lenac.bmp*).



Rysunek 5. Efekty wykonania filtracji za pomocą operatora Sobela.

6. Dyskusja

W zakresie operacji podstawowych, są one na tyle trywialne, że wydaje nam się nie potrzebują opisu. Nie mniej jednak istotnym zagadnieniem, było zdecydowanie w jaki sposób będą traktowane sytuacje gdy nowa wartość piksela wykracza poza przewidziany zakres wartości (0, 255). Rozważyliśmy dwa podejścia to tego problemu. Pierwszą metodą jest odcięcie wartości wykraczających poza zakres, wszystkie takie piksele otrzymują wartość maksymalną lub minimalną przewidzianego zakresu. Drugim podejściem jest przeskalowanie wszystkich pikseli obrazu, tak aby nowe wartości należały do przewidzianego przedziału. W naszej aplikacji przyjęliśmy podejście pierwsze.

W zakresie usuwania szumu na obrazie filtr medianowy jest (subiektywnie) niewątpliwym faworytem nad filtrem ze średnią arytmetyczną. Oba filtry

powodują rozmycie obrazu, ale filtr medianowy robi to w mniejszym stopniu. Usuwanie szumów za pomocą filtra ze średnią arytmetyczną powoduje otrzymanie obrazu mocno ziarnistego, gdzie użycie filtra medianowego powoduje prawie kompletne usunięcie szumów. Zmiana rozmiaru maski powoduje jedynie zwiększenie rozmycia obrazu.

W rozdziałach 5.2 i 5.3 zaprezentowane zostały wyniki testów filtrów w celu usuwania szumów. Tabele zawierają obiektywne wyniki obu algorytmów przedstawione za pomocą błędu średnio-kwadratowego. Zauważamy niepodważalną wyższość filtra medianowego nad filtrem ze średnią arytmetyczną. Nie mniej jednak znakomite wyniki filtra medianowego są okupione większą złożonością obliczeniową. Spowodowane jest faktem potrzeby wykonania sortowania wartości pikseli znajdujących się wewnątrz maski filtra, w celu wybrania z nich mediany.

Modyfikacja obrazu w celu dostosowania histogramu do nowej charakterystyki zakończyła się sukcesem. Na rysunku 1 przedstawiono stary i nowy histogram obrazu. Nowy histogram w zadowalającym stopniu przypomina rozkład Raleigha. Nie mniej jednak operacja ta spowodowała znaczą modyfikację kolorów obrazu wejściowego.

Filtr liniowy oparty o spłot oraz rodzaje przydzielonych nam masek, pozwoliły na wydobywanie szczegółów z tła obrazu. W zależności od rodzaju filtra wydobyte zostały inne elementy obrazu. Filtr północny nie był w stanie wykryć pionowych elementów, które w znacznym stopniu nie zmieniają kolorów na przestrzeni obrazu. Z kolei podczas testowania filtra wschodniego, dochodzimy do podobnych wniosków, nie wykrywa on elementów poziomych.

Operator Sobela pozwala na wykrywanie krawędzi w obrazie. Efekt ten jest osiągany poprzez porównywanie wierzchołków i kolumn pikseli znajdujących się wewnątrz maski zgodnie ze wzorem 7. Jeśli w badanym wycinku obrazu nie występuje krawędź tzn. wartości pikseli są zbliżone, jako wynik otrzymujemy ciemną (czerną) wartość piksela. Natomiast jeśli w badanym wycinku obrazu wartości pikseli mocno różnią się od siebie, taki punkt jest identyfikowany jako krawędź i oznaczany jest jasną (bielą) wartością piksela.

7. Wnioski

- Istotne jest wybranie jakiejś metody radzenia sobie z nowymi wartościami pikseli wykraczającymi poza zakres.
- Filtr ze średnią powoduje rozmycie obrazu, a w przypadku usuwania szumów otrzymujemy obraz zniekształcony.
- Filtr medianowy (zarówno subiektywnie i obiektywnie) dobrze sprawuje się w zadaniu usuwania szumów.
- Zmiana charakterystyki histogramu prowadzi do (w naszym przypadku dużych) zmian obrazu wejściowego.
- Liniowa filtracja obrazu pozwala na modyfikację obrazu, otrzymany efekt jest zależny od zastosowanej maski filtra.
- Operator Sobela pozwolił wykryć krawędzie na testowanych obrazach, efekt ten został potwierdzony jedynie subiektywnie.