

Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania

Grupa ID06IO1



ALGORYTMY PRZETWARZANIA OBRAZÓW

Aplikacja zbiorcza (ćwiczenia laboratoryjne i projekt)

Tytuł projektu

Udoskonalenie oprogramowania przygotowanego na zajęciach przez implementację nowego narzędzia do tworzenia panoramy na postawie serii zdjęć

Autor:
Vadym Mariiechkko

Prowadzący: dr hab. Anna Korzyńska, prof. IBIB PAN

Warszawa 2020/2021

Spis treści

1. Wprowadzenie	4
1.1. Wymagania systemowe	4
1.2. Wykorzystane narzędzia	4
1.2.1. Główne Biblioteki:	4
1.3. Uruchomienie	4
1.3.1. Z wykorzystaniem gotowego programu	4
1.3.2. Z wykorzystaniem kodu źródłowego	4
1.3.3. Z wykorzystaniem instalatora	4
2. Interfejs programu	6
2.1. Główne okno	6
2.1.1. Pasek menu	6
2.2. Pasek narzędziowy	6
2.3. Okno obrazu	7
3. Menu główne	8
3.1. File	8
3.1.1. Open.....	8
3.1.2. Save as	9
3.1.3. Undo.....	9
3.1.4. Cascade	10
3.1.5. Exit	11
3.2. Image	12
3.2.1. Type	12
3.2.2. Rename.....	12
3.2.3. Duplicate	12
3.2.4. Zoom In	13
3.2.5. Zoom Out	13
3.2.6. Zoom Off	13
3.2.7. Info	14
3.3. Analyze	15
3.3.1. Histogram	15
3.3.2. Plot Profile	16
3.3.3. Object Features.....	17
3.4. Process	18
3.4.1. Histogram	18
3.4.2. Point Operations.....	19
3.4.3. Local Operations	19
3.4.4. Segmentation	19
3.4.5. SVM Classification.....	19
3.5. Info	20

4. Operacje	21
4.1. Histogram.....	21
4.1.1. Normalization.....	21
4.1.2. Equalization.....	22
4.2. Point Operations	22
4.2.1. Negation	22
4.2.2. Posterize	23
4.2.3. Image Calculator	24
4.3. Local Operations	26
4.3.1. Smooth	26
4.3.2. Sharpen.....	27
4.3.3. Convolve	28
4.3.4. Gray Morphology	29
4.3.5. Edge Detection.....	32
4.4. Segmentation	33
4.4.1. Threshold	33
4.4.2. Watershed	35
4.5. SVM Classification	36
4.6. Panorama (Projekt).....	37

1. Wprowadzenie

Program pozwala na obróbkę obrazów metodami jednopunktowymi jedno i dwuargumentowymi, metodami sąsiedztwa, morfologii matematycznej, segmentacji, klasyfikacji oraz tworzenia panoramy.

1.1. Wymagania systemowe

- System operacyjny: Windows 10
- Miejsce na dysku twardym: 310 MB

1.2. Wykorzystane narzędzia

- Język programowania – Python 3.6
- IDE – PyCharm

1.2.1. Główne Biblioteki:

- [PyQt5](#) 5.15.2
- [OpenCV](#) 4.5.1.48
- [NumPy](#) 1.19.5
- [Matplotlib](#) 3.3.4

1.3. Uruchomienie

1.3.1. Z wykorzystaniem gotowego programu

Aby uruchomić program, należy kliknąć dwukrotnie lewym przyciskiem myszy na program wykonywalny „APO Image Processing.exe” w folderze gotowego programu.

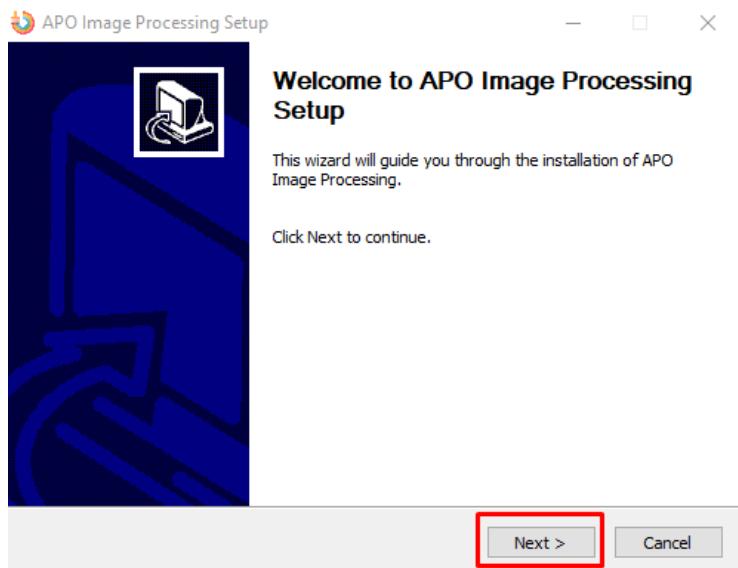
1.3.2. Z wykorzystaniem kodu źródłowego

Aby uruchomić program, wykorzystując kod źródłowy, należy:

1. Utworzyć nowe środowisko wirtualne w Python
2. Zainstalować wymagane biblioteki z pliku requirements.txt
3. Uruchomić plik main.py

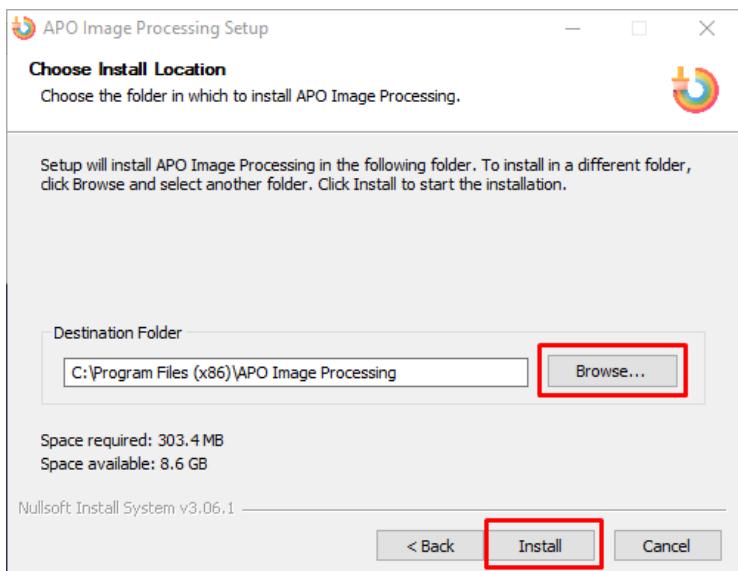
1.3.3. Z wykorzystaniem instalatora

Aby zainstalować program na komputer, należy uruchomić instalator „APO Image ProcessingSetup.exe”, pojawi się wtedy okienko:



Zatem naciskamy „Next” oraz wybieramy katalog docelowy („Browse”), w którym będzie zainstalowany program.

UWAGA! Jako katalog docelowy należy wybrać pusty folder, ponieważ cała zawartość programu (duża liczba plików) zostanie wypakowana do katalogu docelowego.



Na końcu wciskamy przycisk „Install” oraz czekamy na zakończenie instalacji, zatem zamykamy okienko instalatora. Teraz możemy uruchomić program, jak to jest opisane w kroku 1.3.1, albo możemy wyszukać program po nazwie i uruchomić go.

Zaletą instalacji programu z wykorzystaniem instalatora jest to, że można program wyszukać, a także instalator dodaje go do menu Start i tworzy wpis na liście zainstalowanych programów systemu Windows, aby można było łatwo odinstalować.

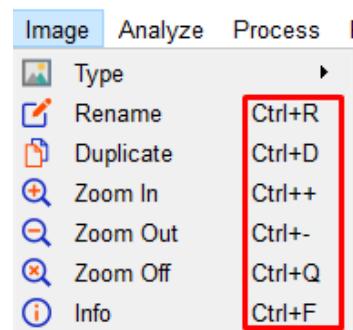
2. Interfejs programu

2.1. Główne okno

2.1.1. Pasek menu



Pasek menu stanowi główną część programu, który pozwala na korzystanie z jego funkcjonalności. Są tam umieszczone wszystkie funkcje programu. Niektóre funkcje są też dostępne z poziomu paska narzędziowego. Także niektóre funkcje posiadają skrót klawiszowy, które można zobaczyć po prawej stronie funkcjonalności:



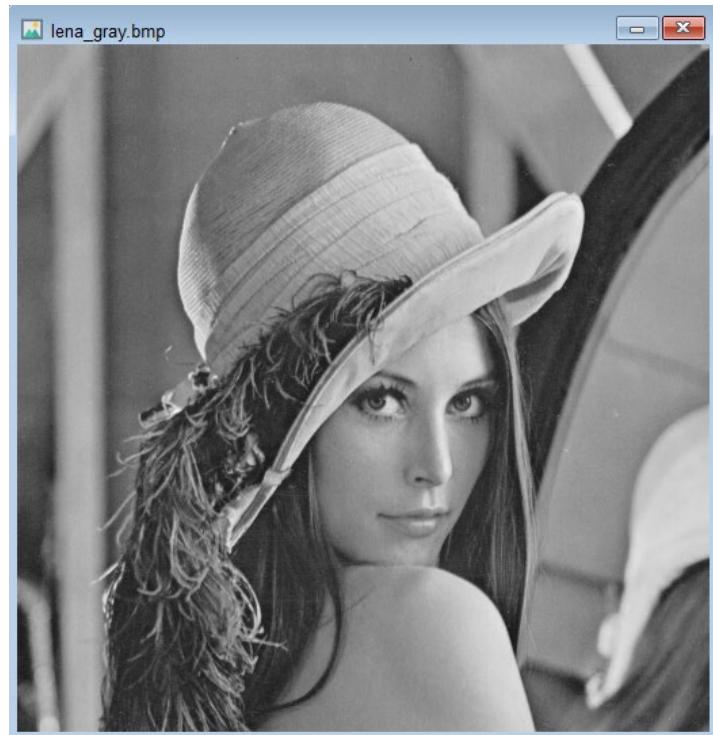
2.2. Pasek narzędziowy



Pasek narzędziowy znajduje się w górnej części okna pod paskiem menu. Na pasku znajdują się przyciski odwołujące się do najczęstszych operacji. Przyciski paska narzędziowego posiadają podpowiedzi tzw. Tooltip.



2.3. Okno obrazu



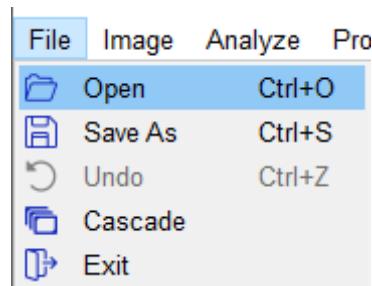
Domyślnie wyświetla obraz w jego realnym rozmiarze

3. Menu główne

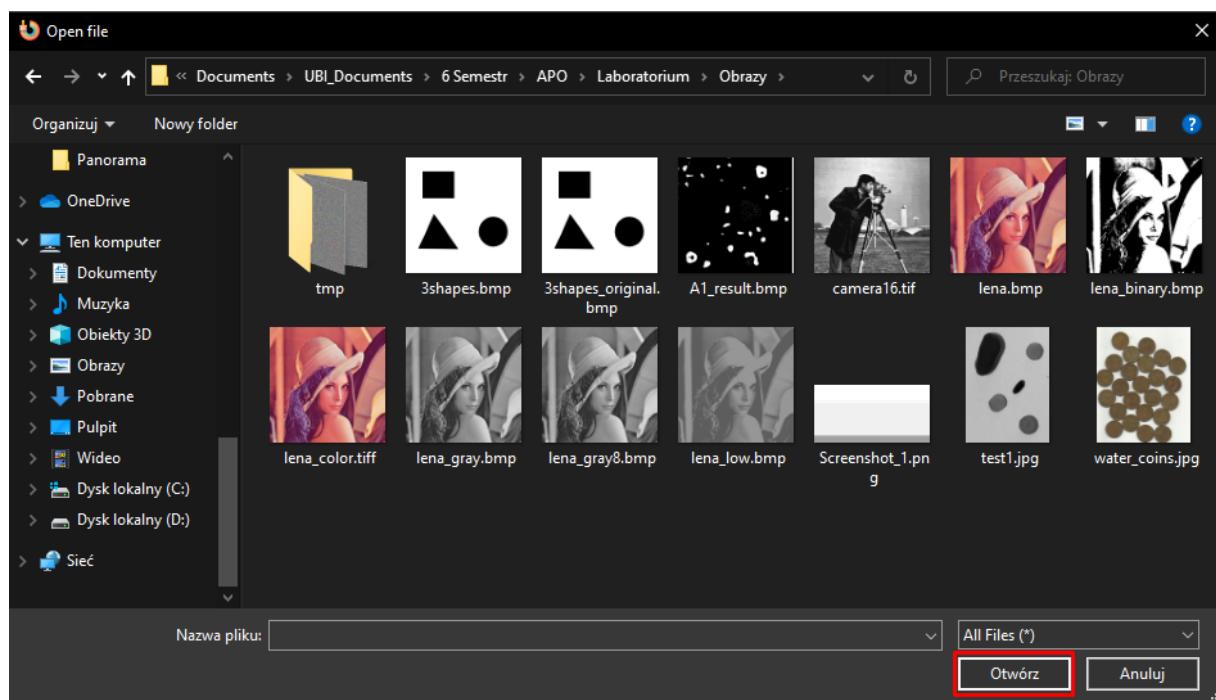
3.1. File

3.1.1. Open

Opcja *File*→*Open*, znajdująca się w menu głównym programu, otwiera obraz.



Po naciśnięciu pojawi się okno otwierania plików, za pomocą którego należy odszukać na dysku wybrany plik z obrazem. Po wybraniu pliku wciśnięcie przycisku *Otwórz* spowoduje zamknięcie okna oraz otwarcie obrazu.



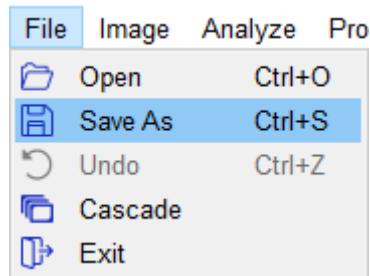
Minimalny rozmiar wczytywanych obrazów wynosi 100×50 . Program może wczytywać obrazy w następujących formatach:

- BMP
- JPEG
- JPG
- PNG

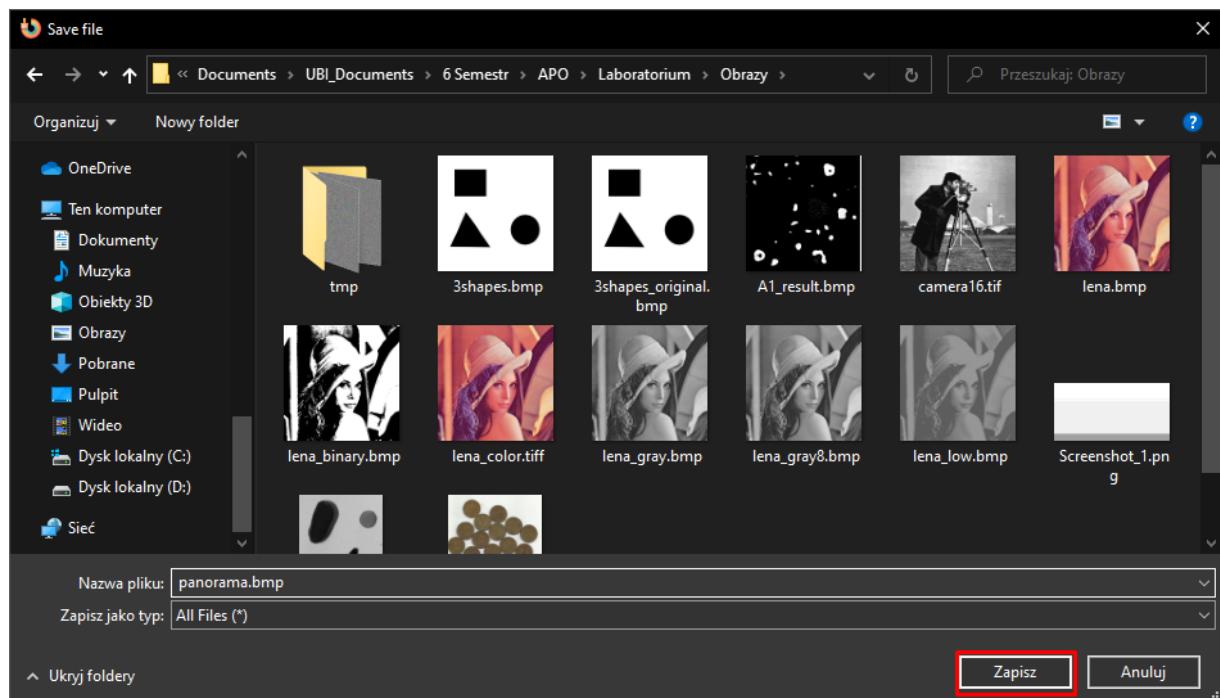
- TIFF
- TIF

3.1.2. Save as

Opcja *File→Save as* zapisuje aktualnie wybrany obraz na dysku we wskazanym miejscu.



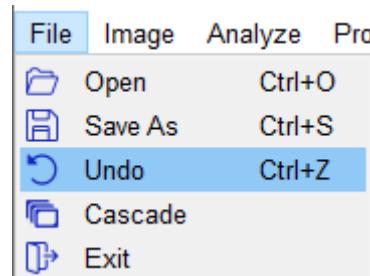
Po naciśnięciu pojawi się okno do zapisywania. W tym oknie należy wpisać nazwę pliku oraz można wybrać jego rozszerzenie. Naciśnij *Zapisz*, aby zapisać plik.



Jeżeli rozszerzenie pliku nie zostało podane, to domyślnie będzie zapisany z rozszerzeniem .bmp

3.1.3. Undo

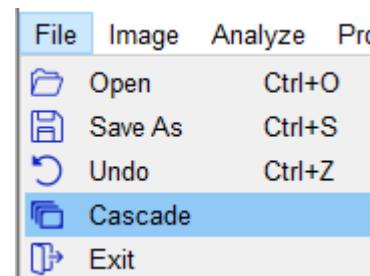
Opcja *File→Undo* przewraca ostatnią zmianę, wykonaną dla zdjęcia.



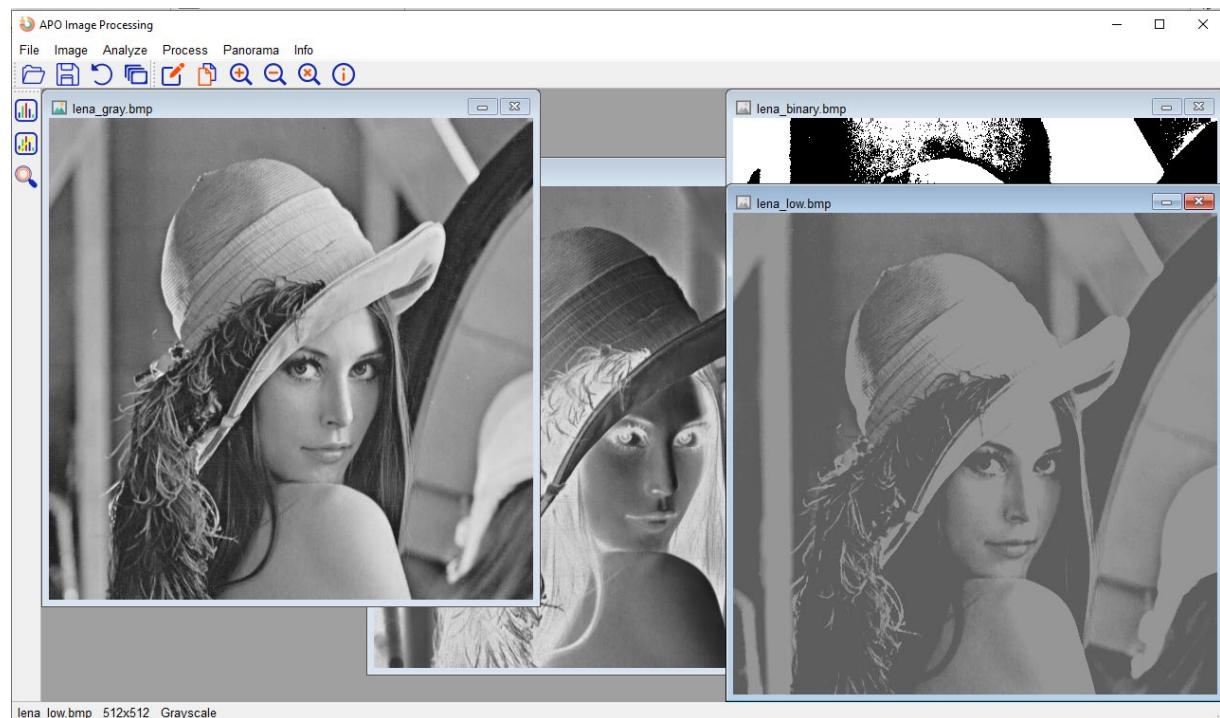
Naciśnięcie przewróci zdjęcie do poprzedniego stanu przed ostatnią zmianą.

3.1.4. Cascade

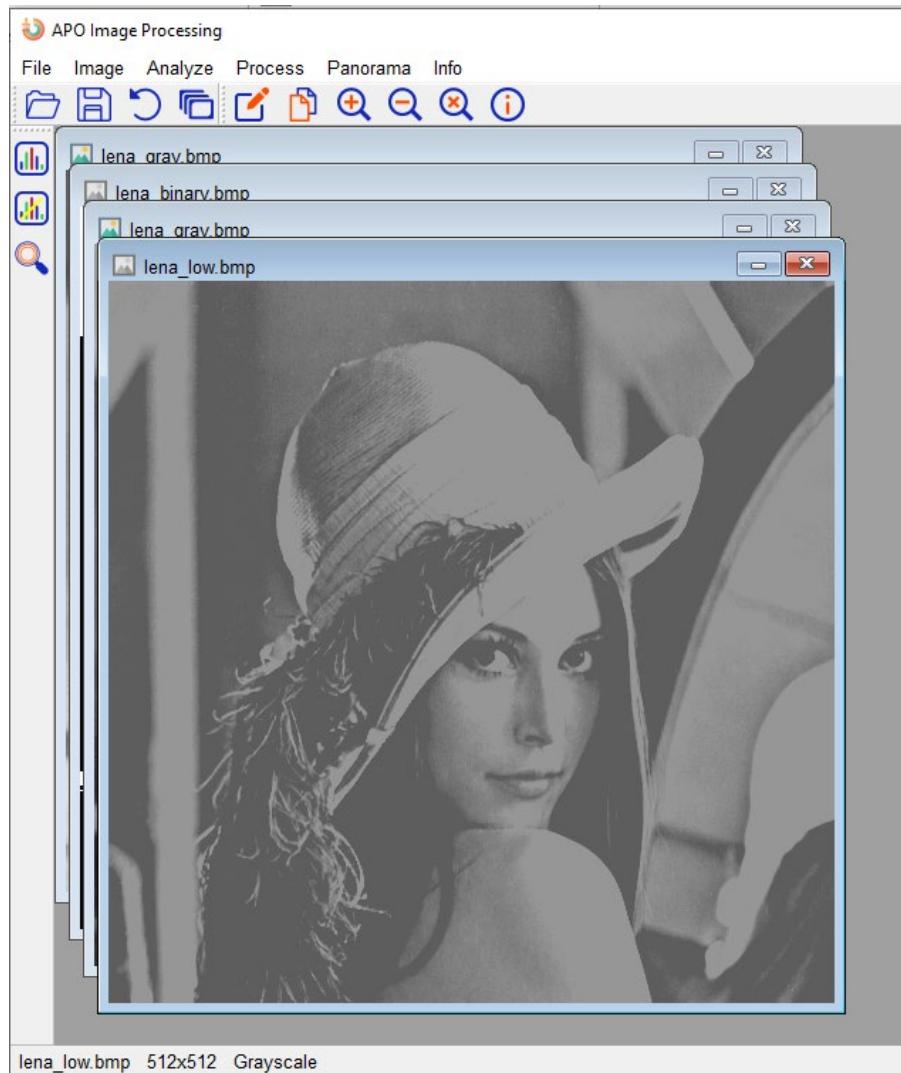
Opcja *File*→*Cascade* układają wszystkie okna kaskadowo.



Przed zastosowaniem opcji:

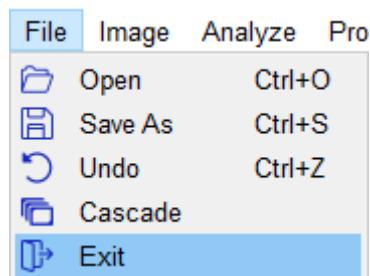


Po zastosowaniu opcji:



3.1.5. Exit

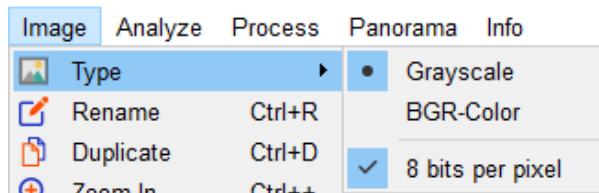
Opcja *File→Exit* zamyka program. Wszystkie niezapisane obrazy zostaną utracone.



3.2. Image

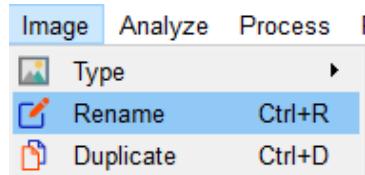
3.2.1. Type

Opcja *Image→Type* pozwala zmienić poziom szarości obrazu na szaroodcieniowy lub kolorowy. Także można zmienić głębię koloru na 8 bitów dla jednego piksela, przydaje się, gdy piksele obrazu są zapisane na większej liczbie bitów.

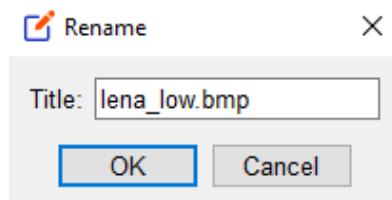


3.2.2. Rename

Opcja *Image→Rename* pozwala zmienić nazwę dla wybranego obrazu.

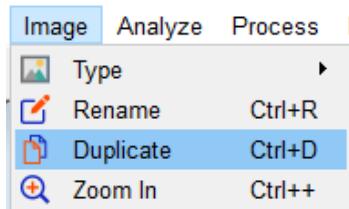


Po wciśnięciu nazwa dla obrazu wpisuje się w oddzielnym oknie:



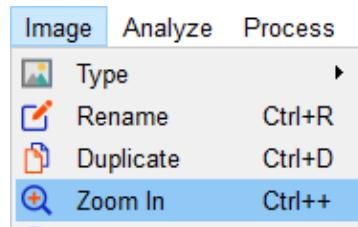
3.2.3. Duplicate

Opcja *Image→Duplicate* duplikuje wybrany obraz oraz pozwala od razu ustalić jego nazwę.



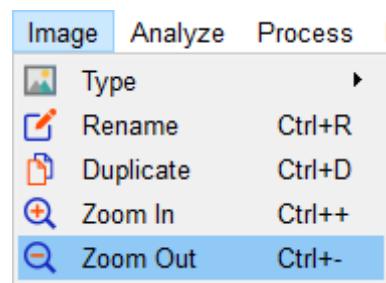
3.2.4. Zoom In

Opcja *Image*→*Zoom In* pozwala zbliżyć wybrany obraz.



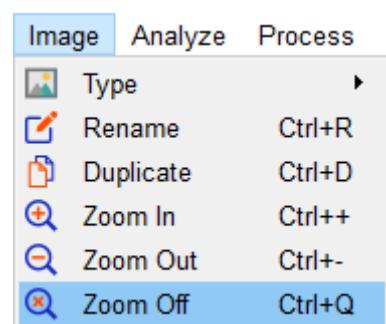
3.2.5. Zoom Out

Opcja *Image*→*Zoom Out* pozwala zmniejszyć wybrany obraz.



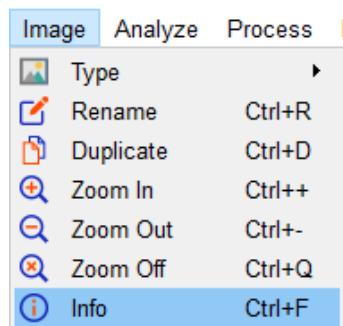
3.2.6. Zoom Off

Opcja *Image*→*Zoom Off* pozwala przewrócić rozmiar obrazu do domyślnego.



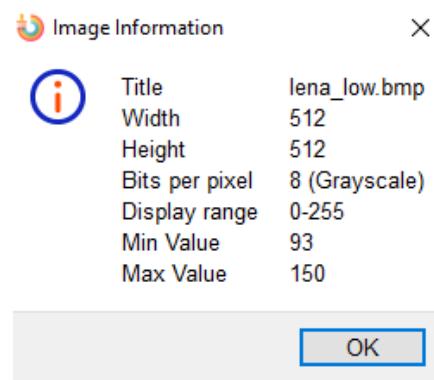
3.2.7. Info

Opcja *Image→Info* wyświetla informację o wybranym obrazie.



Po naciśnięciu pojawia się okienko z danymi o aktywnym obrazie.
Są to informacje:

- Nazwa obrazu.
- Szerokość w pikselach.
- Wysokość w pikselach.
- Liczba bitów na jeden piksel.
- Zakres wyświetlania.
- Minimalna wartość piksela w obrazie.
- Maksymalna wartość piksela w obrazie.



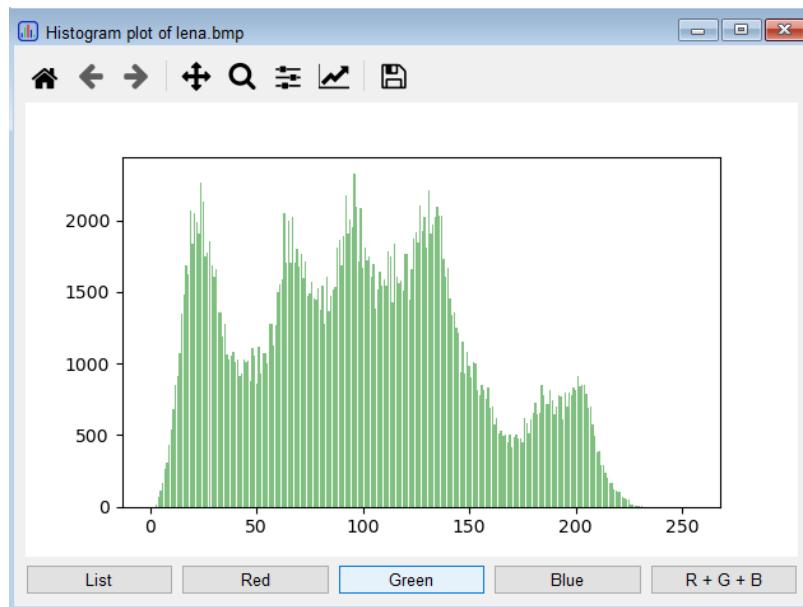
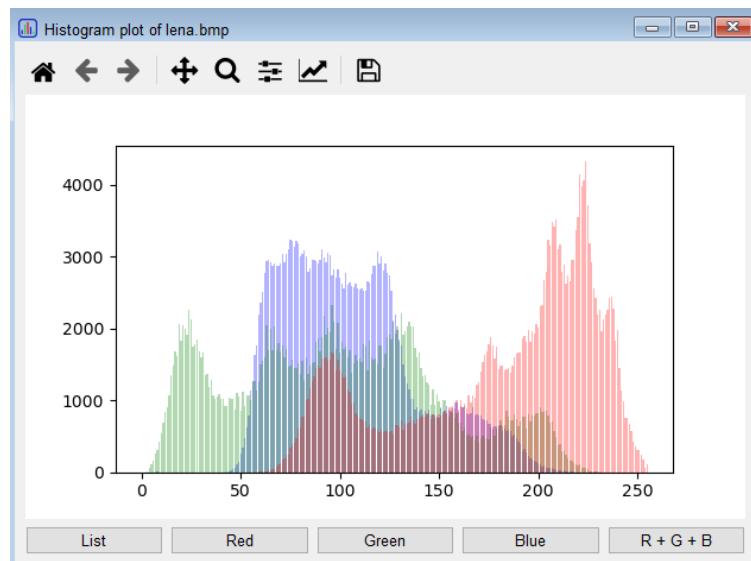
3.3. Analyze

3.3.1. Histogram

Opcja *Analyze*→*Histogram* wyświetla histogram wybranego obrazu w nowym okienku:



Po wciśnięciu pojawi się histogram z możliwością przejrzenia histogramu dla oddzielnych kanałów, poruszania się po histogramie, zapisanie histogramu itd.



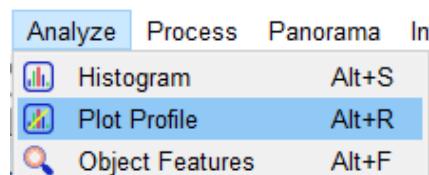
Także naciśnięcie przycisku „List” spowoduje pokazanie histogramu w formie tablicy, która jest bieżąco aktualizowana przy zmianie wyświetlnych kanałów.

Value	Count
0	0
1	0
2	0
3	11
4	65
5	111
6	164
7	261
8	308
9	431
10	537

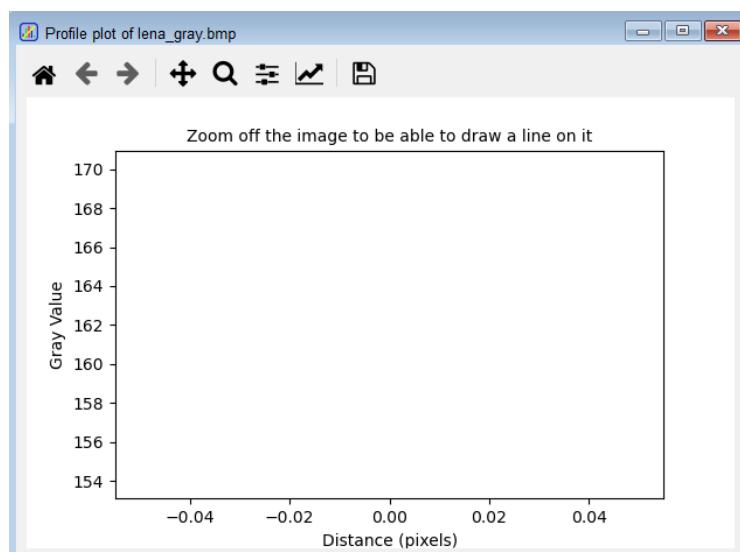
Samo okienko histogramu również jest aktualizowane na bieżąco przy zmianie obrazu za pomocą operacji.

3.3.2. Plot Profile

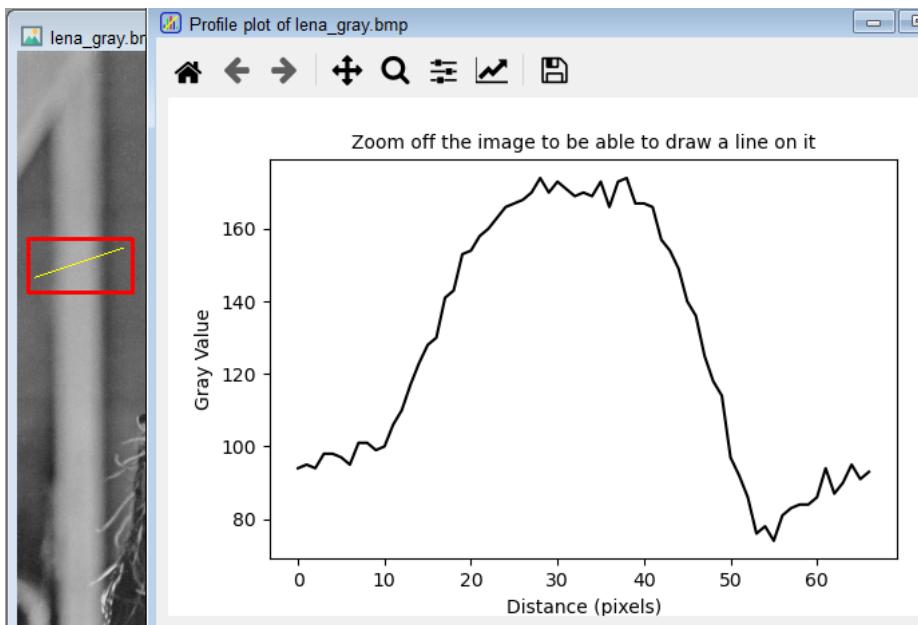
Opcja *Analyze*→*Plot Profile* wyświetla linię profilu dla wybranego obrazu w nowym okienku:



Po wcisnięciu pojawi się wykres linii profilu.



Na początku wykres będzie pusty, ponieważ trzeba narysować żółtą linię na obrazie. Aby to zrobić, obraz musi mieć standardowy rozmiar (Nacisnąć opcję *Image→Zoom Off*). Zatem wystarczy po prostu wcisnąć lewy przycisk myszy na samym obrazie, dalej utrzymując ten przycisk, należy przesuwać myszkę w żądaną stronę, a na końcu odpuścić lewy przycisk, aby otwarty wykres się wypełnił.

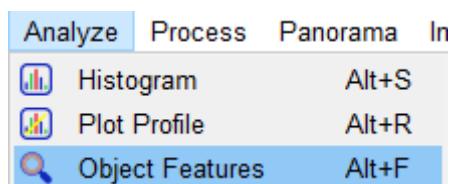


Także można narysować linię profilu dla obrazu kolorowego, wtedy udział każdego z kanałów będzie mieć następujący współczynnik:

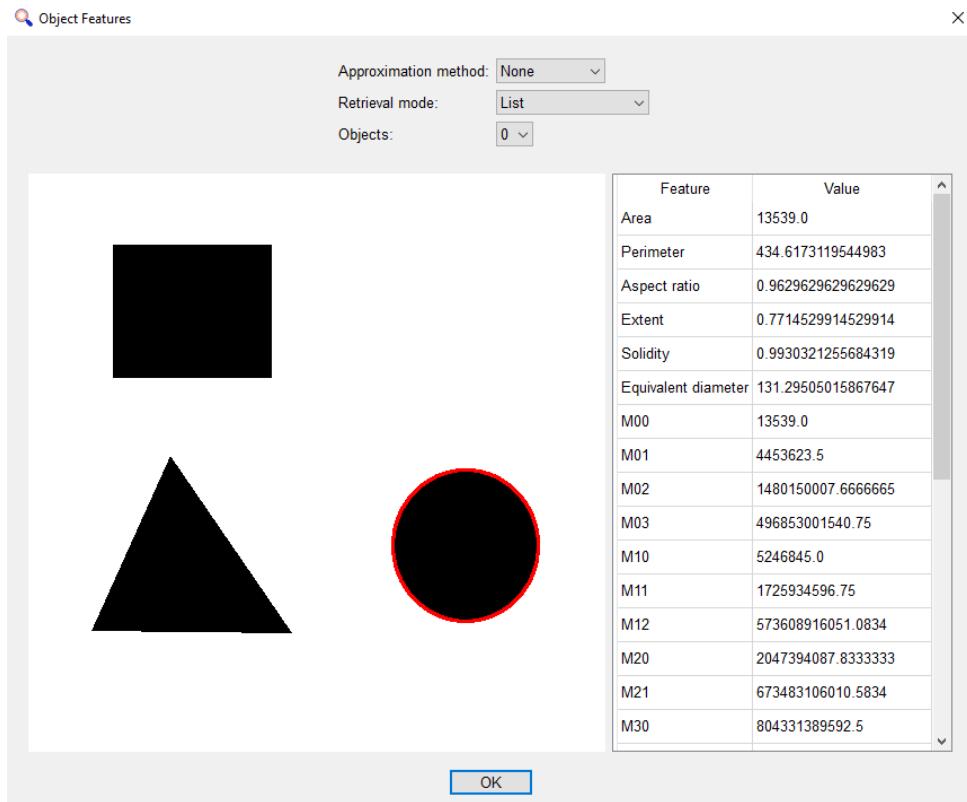
- Dla kanału niebieskiego 0.07.
- Dla kanału zielonego 0.69.
- Dla kanału czerwonego 0.24.

3.3.3. Object Features

Opcja *Analyze→Object Features* wyświetla okienko, które pozwala obejrzeć poszczególne składowe wektora cech dla obiektu binarnego.



Po wciśnięciu pojawi się okienko, które pozwala wybrać obiekt z obrazu oraz inne opcje, które ustalają znalezienie obiektów na obrazie.



Wybrany obiekt jest wydzielony czerwonym konturem.

Wyświetlane składowe wektora cech:

- Momenty do 3 rzędu.
- Pole powierzchni i obwód.
- Współczynniki kształtu: aspectRatio, extent, solidity, equivalentDiameter

3.4. Process

Wspomniane poniżej operacje są szczególnie opisane w następnym rozdziale „Operacje”.

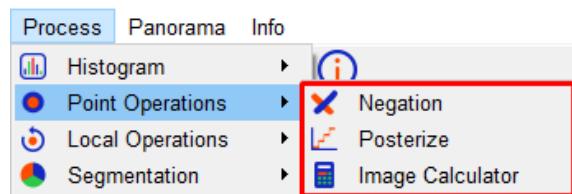
3.4.1. Histogram

Menu *Process→Histogram* pokazuje dostępne operacje nad histogramem.



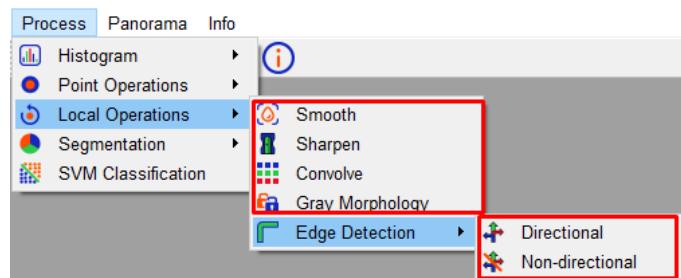
3.4.2. Point Operations

Menu *Process→Point Operations* pokazuje dostępne operacje jednopunktowe.



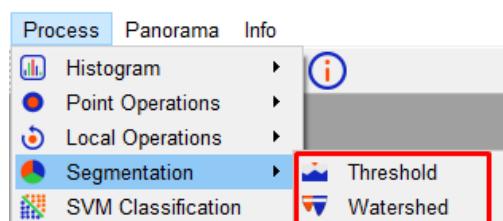
3.4.3. Local Operations

Menu *Process→Local Operations* pokazuje dostępne operacje sąsiedztwa.



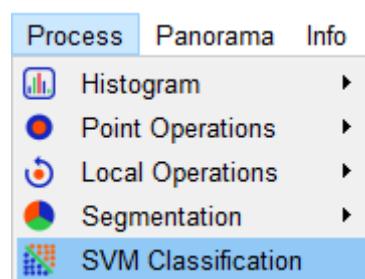
3.4.4. Segmentation

Menu *Process→Segmentation* pokazuje dostępne operacje segmentacji.



3.4.5. SVM Classification

Opcja *Analyze→SVM Classification* wykonuje klasyfikację za pomocą SVM, opisana jest w następnym rozdziale „4. Operacje”.

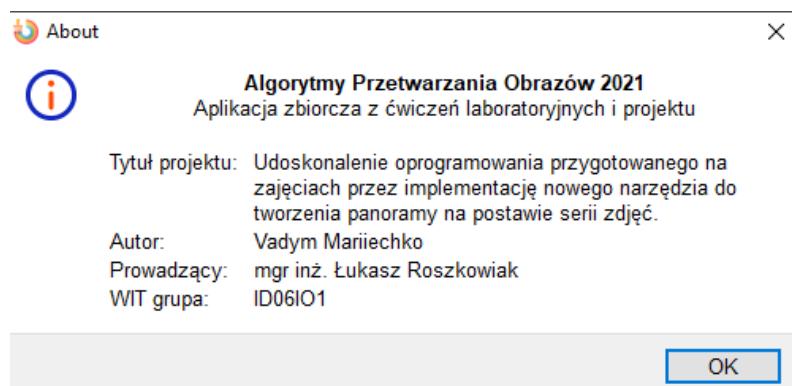


3.5. Info

Opcja *Info* wyświetla informację o programie.



Po wciśnięciu zostaje wyświetlone okienko:



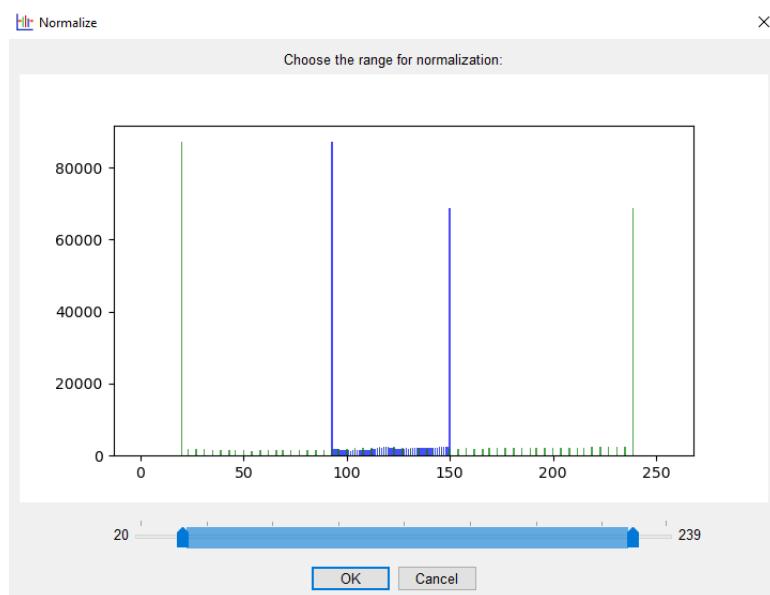
4. Operacje

Wykorzystywane poniżej zdjęcia są dostępne w katalogu „Test Images”.

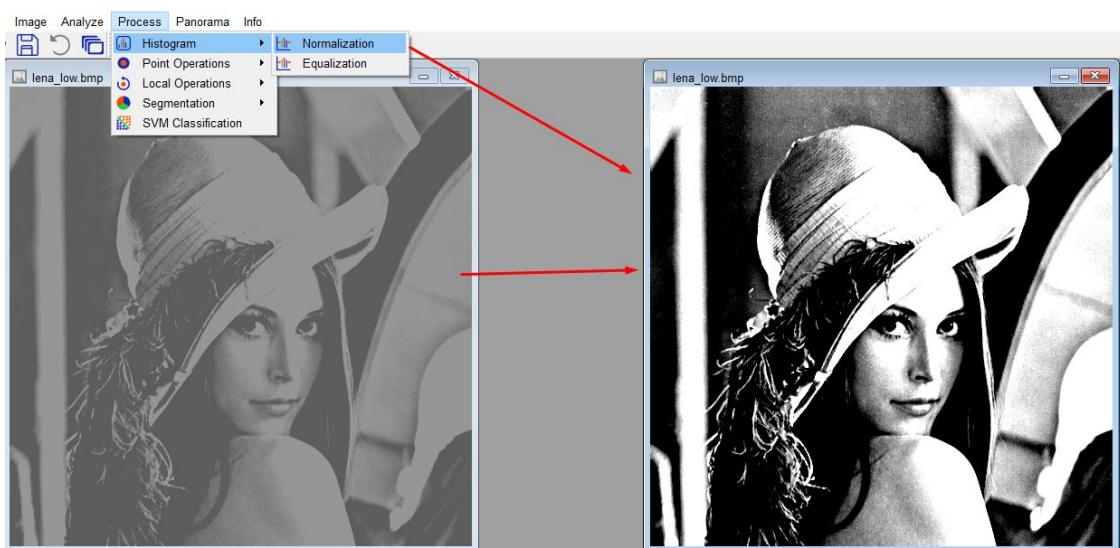
4.1. Histogram

4.1.1. Normalization

Operacja rozciągania histogramu. Pozwala ustalić zakres rozciągania za pomocą suwaków na dole. Histogram o niebieskim kolorze pokazuje aktualny histogram zdjęcia, zatem histogram o zielonym kolorze pokazuje, jak zostanie rozciągnięty histogram.



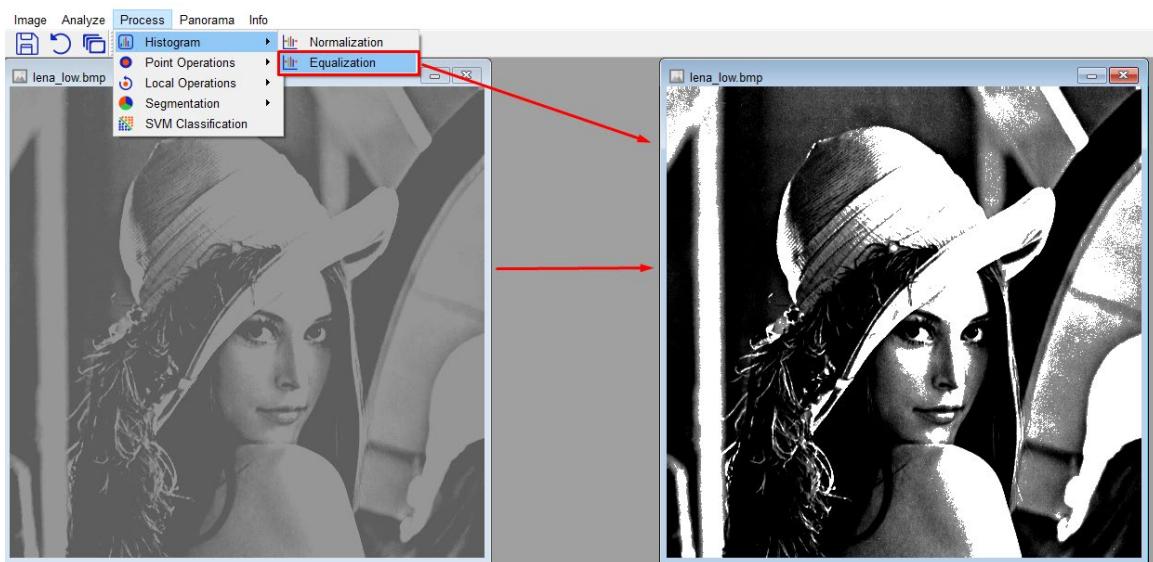
Wynik operacji:



4.1.2. Equalization

Operacja wyrównania histogramu przez equalizację. Wystarczy po prostu kliknąć tę operację, zatem aktywny obraz zostanie zequalizowany.

Wynik operacji:

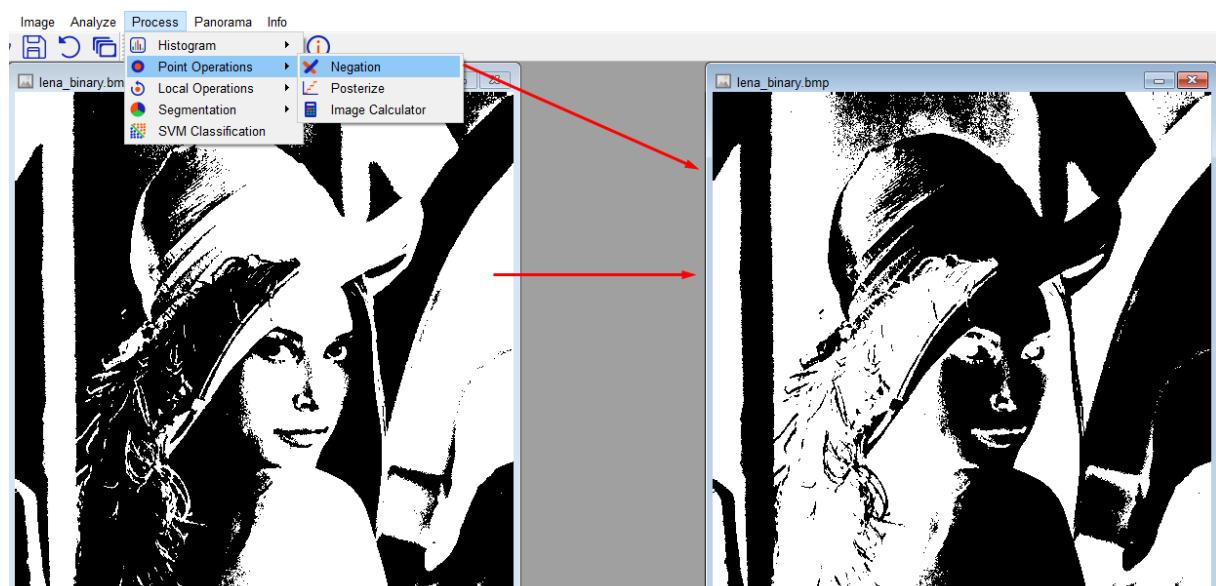


4.2. Point Operations

4.2.1. Negation

Operacja negacji obrazu. Wystarczy po prostu kliknąć tę operację, zatem aktywny obraz zostanie zanegowany.

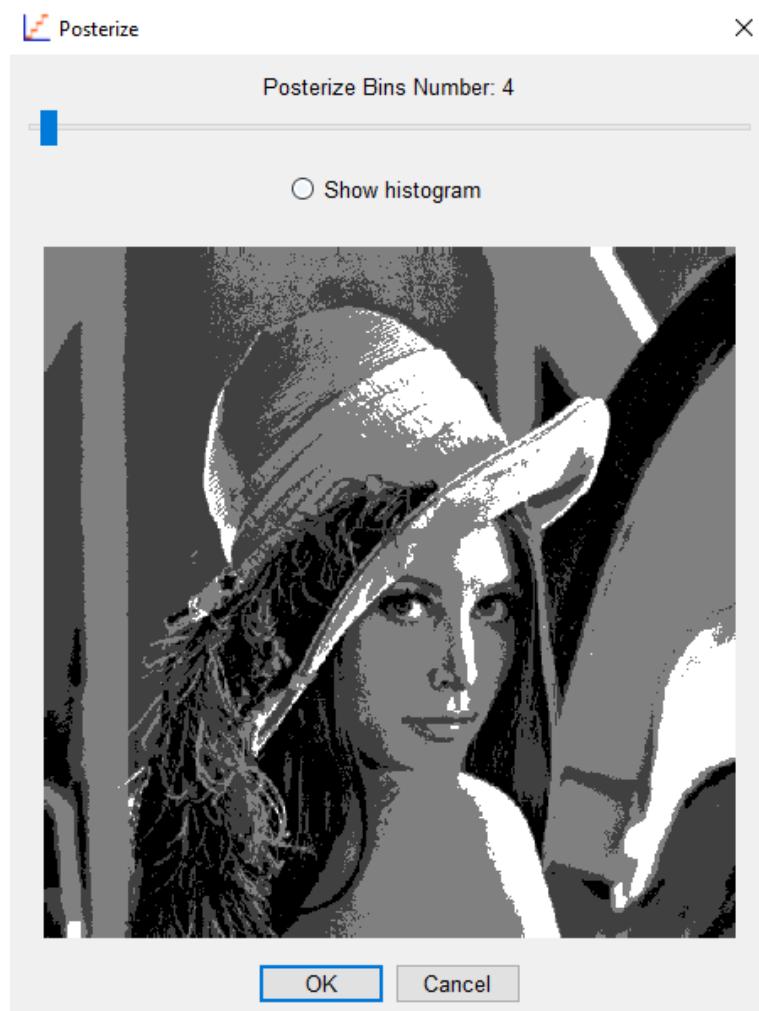
Wynik operacji:



4.2.2. Posterize

Operacja redukcji poziomów szarości przez posteryzację.

Po wciśnięciu pojawi się okienko, w którym można wybrać ilość tzw. binów.

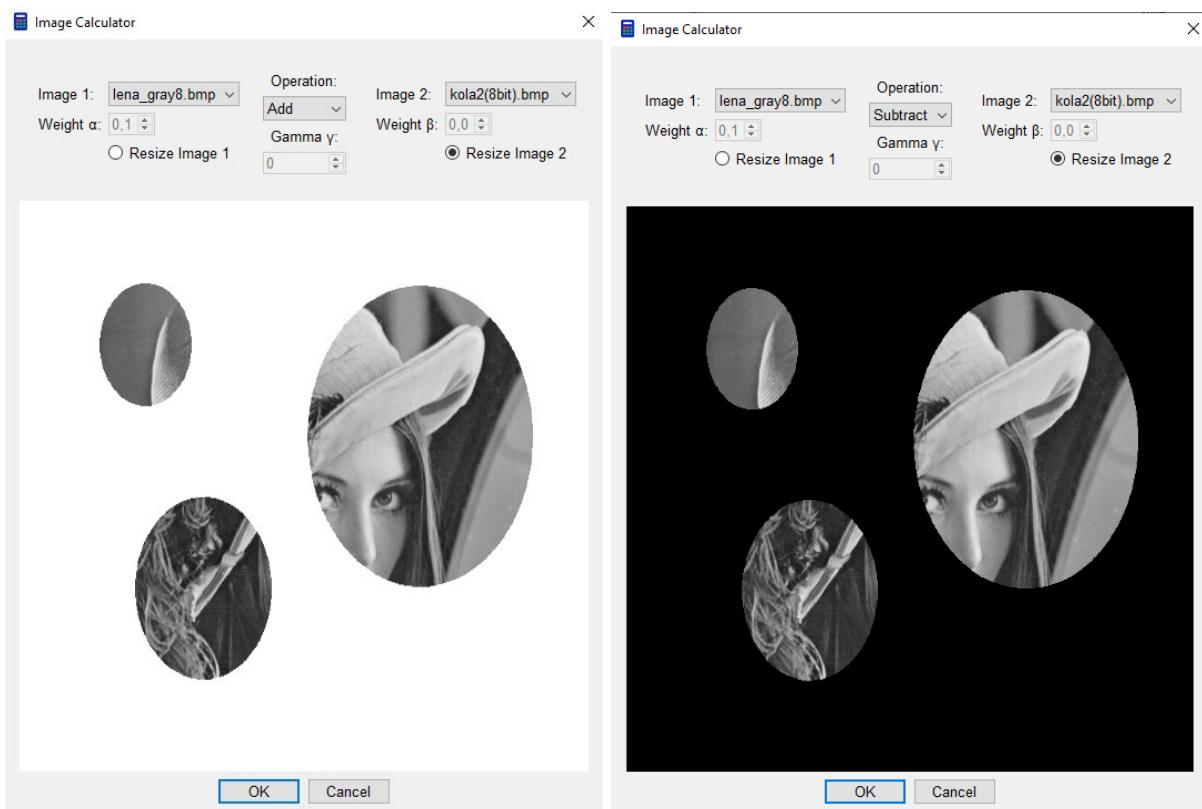


4.2.3. Image Calculator

Implementacja operacji punktowych dwuargumentowych. Po wciśnięciu pojawi się okienko, które przyjmuje różne argumenty. Najpierw należy wybrać dwa obrazy na wejściu, zatem wybrać operację. Jeżeli obrazy mają różne rozmiary, to należy jeden z obrazów wyrównać, wciskając przycisk „Resize Image 1” albo „Resize Image 2”.

Dostępne operacje między obrazami:

- Dodawanie/odejmowanie.



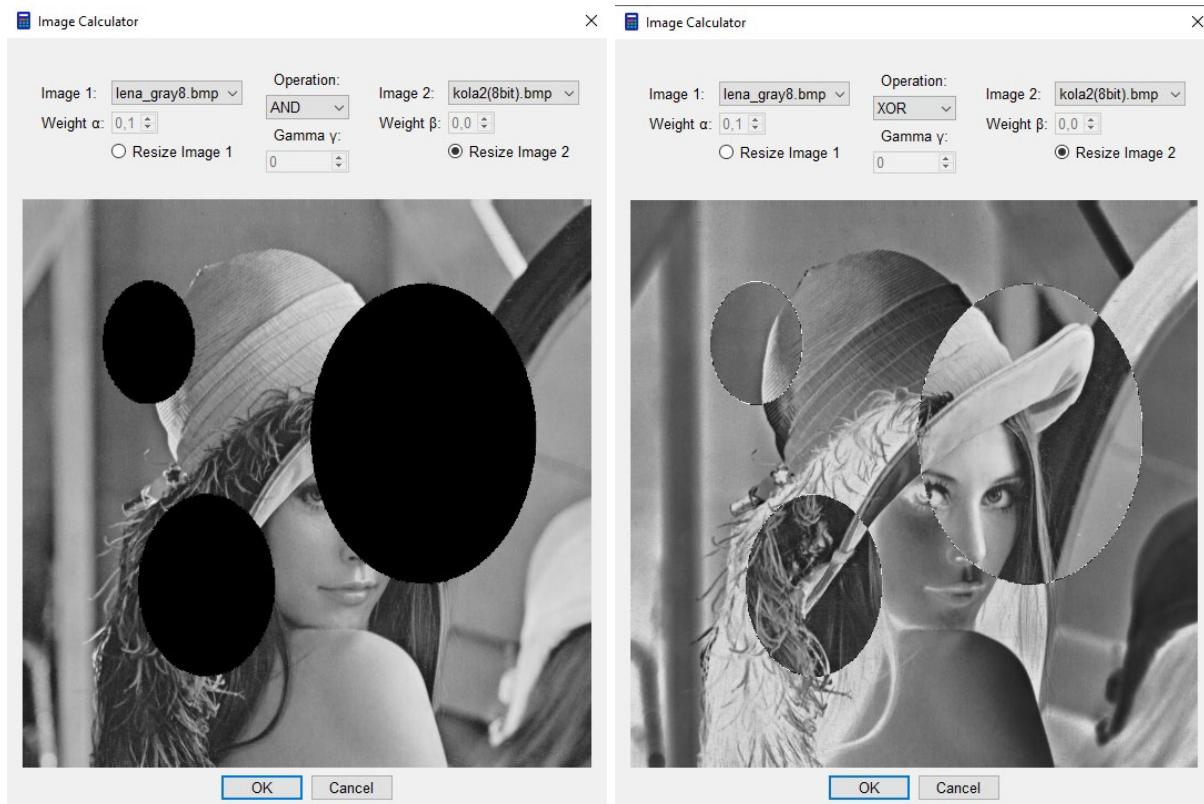
- Mieszanie (blending).

Dla tej operacji warto zaznaczyć wartość wagi dla każdego obrazu, która wpływa na procentowy udział zdjęcia w mieszaniu.

Także można wybrać wartość stałej „Gamma” w pikselach, która zawsze jest dodana do obrazu wynikowego.



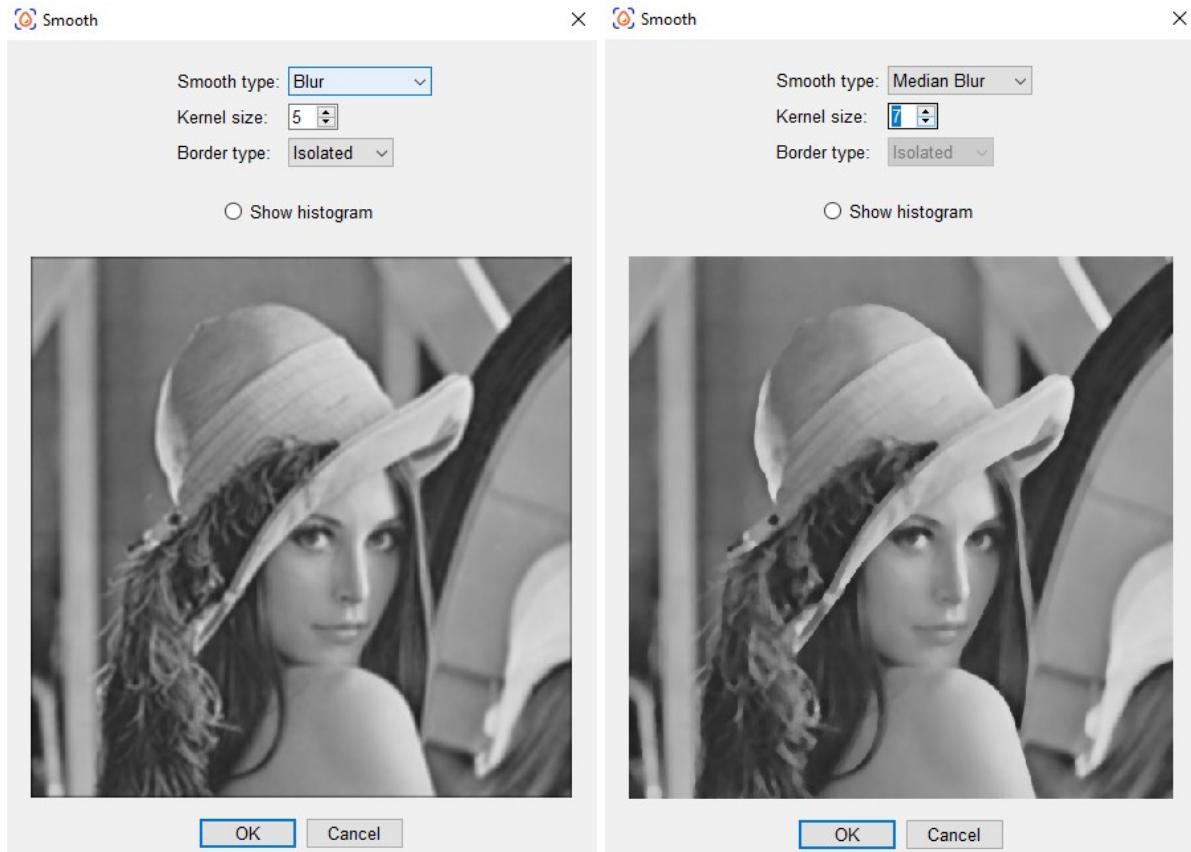
➤ Operacje logiczne: AND, OR, XOR.



4.3. Local Operations

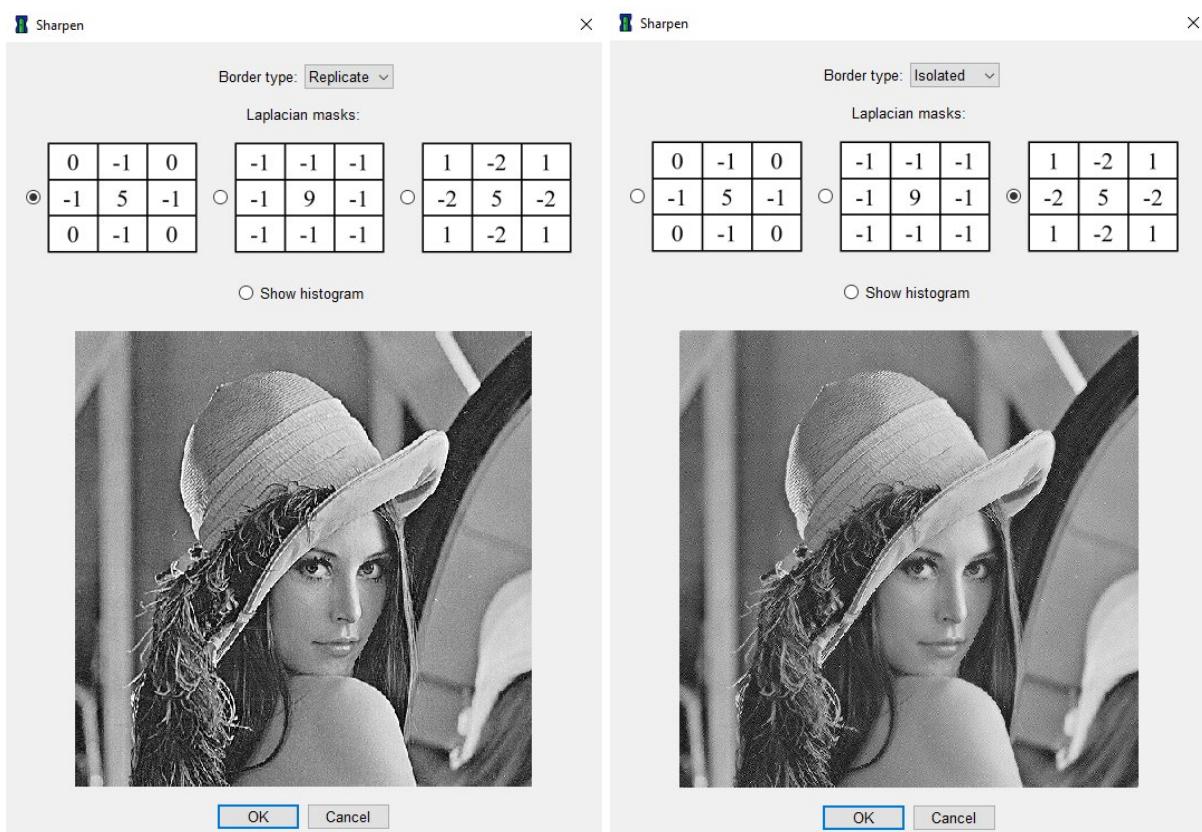
4.3.1. Smooth

Operacje wygładzania liniowego oparte na typowych maskach wygładzania (blur, gaussian blur) oraz filtracja medianowa oparta na otoczeniu, którego rozmiar wybiera użytkownika.



4.3.2. Sharpen

Operacja wyostrzania liniowego opartego na 3 maskach laplasjanowych.
Po wciśnięciu pojawi się okienko, w którym można wybrać maskę oraz zachowanie się pikseli skrajnych.



4.3.3. Convolve

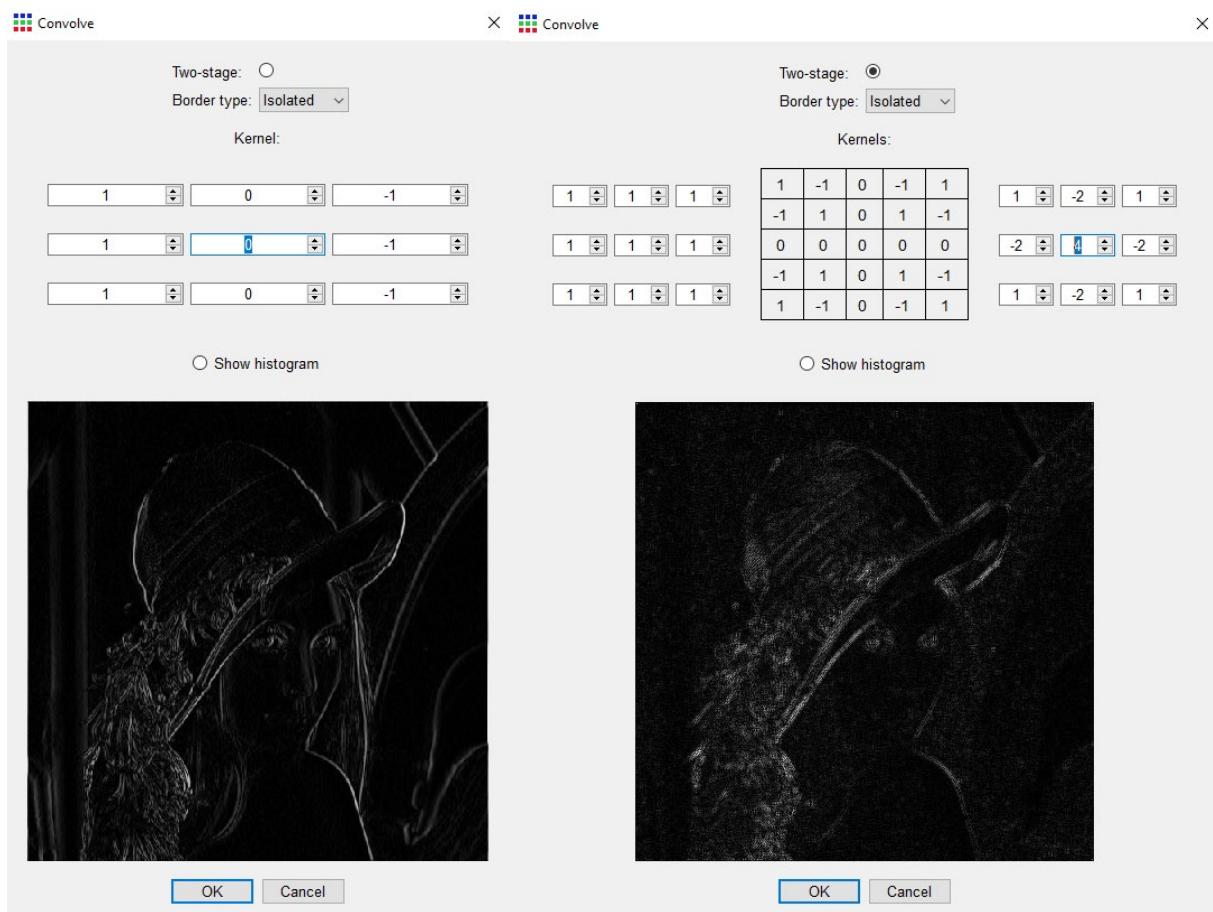
Uniwersalna operacja liniowa sąsiedztwa:

- oparta na maskach 3x3.
- oparta na dwóch maskach 3x3 w dwuetapowej operacji filtracji (1-szy etap – wygładzanie, 2-gi etap – wyostrzanie) oraz wyświetlenie maski wynikowej 5x5.

Wartości dla masek zadawane są w sposób interakcyjny.

Po wciśnięciu pojawi się okienko, w którym można ustalić wartości dla masek.

Aby wprowadzić wartość dla drugiej maski, należy zaznaczyć przycisk „Two-stage”:



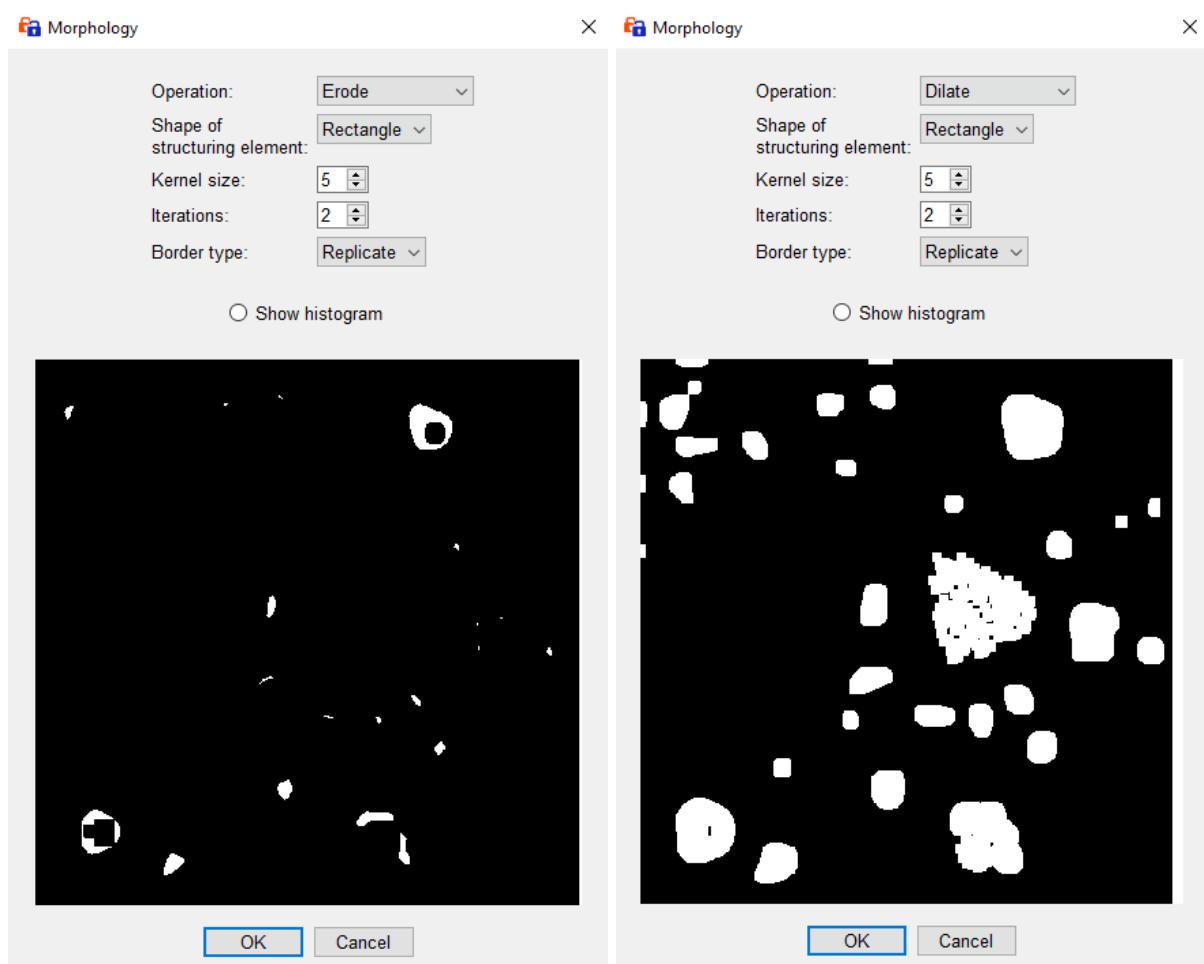
4.3.4. Gray Morphology

Operacje morfologii matematycznej wykonane na obrazie binarnym przy użyciu wybranego elementu strukturalnego. Program zakłada typową dla morfologii matematycznej organizację: jasny obiekt na ciemnym tle.

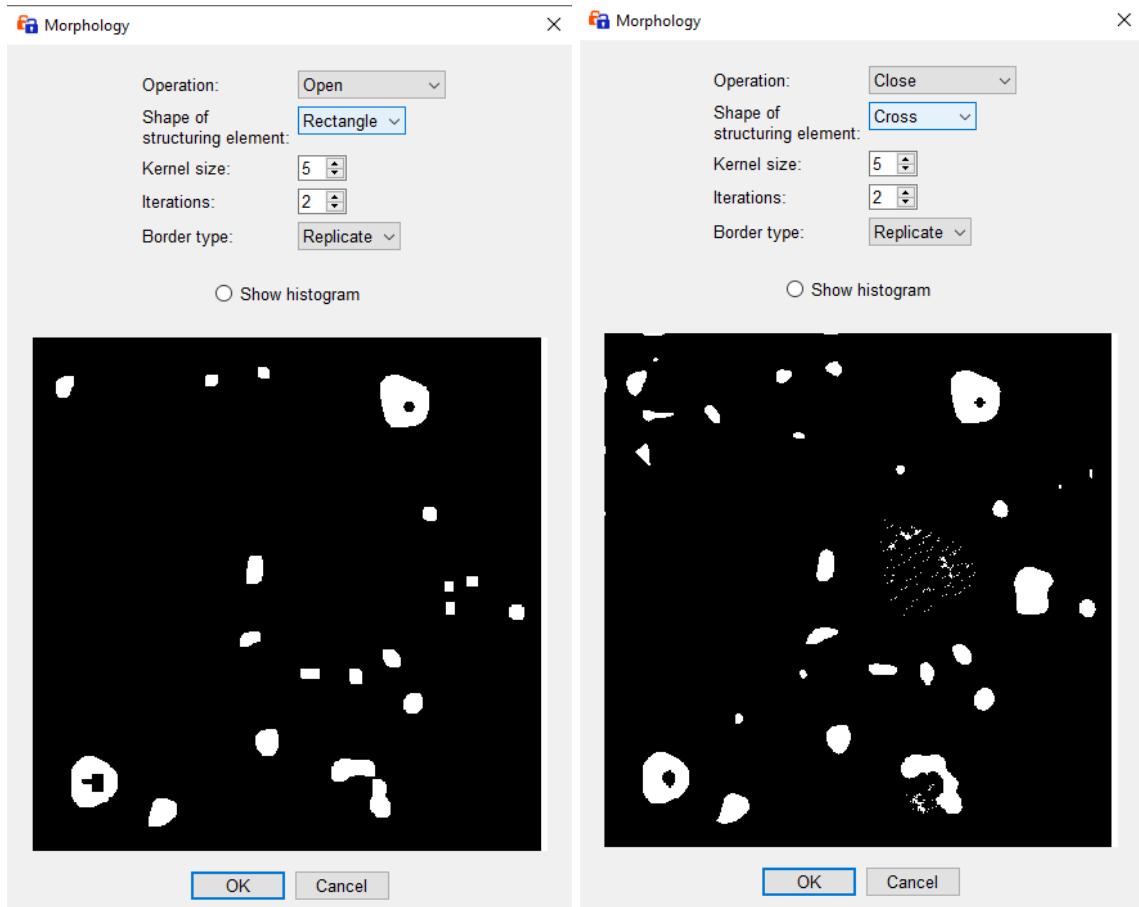
Po wciśnięciu pojawi się okienko, w którym można wybrać operację, element strukturalny, rozmiar kernela, liczbę iteracji oraz zachowanie się pikseli skrajnych.

Dostępne operacje morfologii:

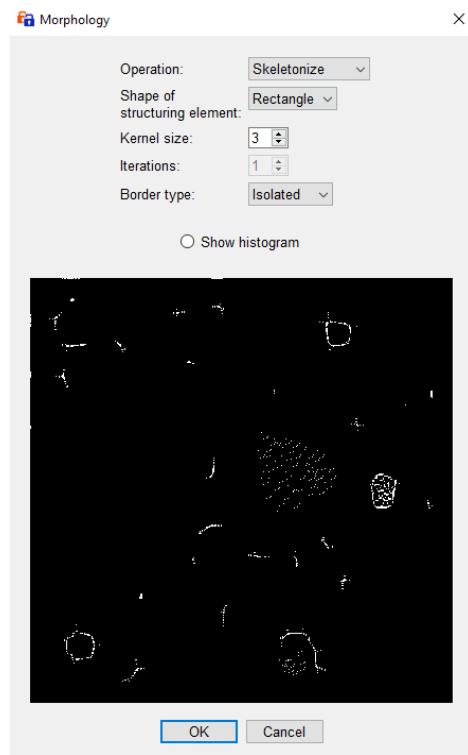
- Erozja / dylacja.



- Otwarcie / zamknięcie.



- Top Hat / Black Hat
- Szkieletyzacja (ścienianie).



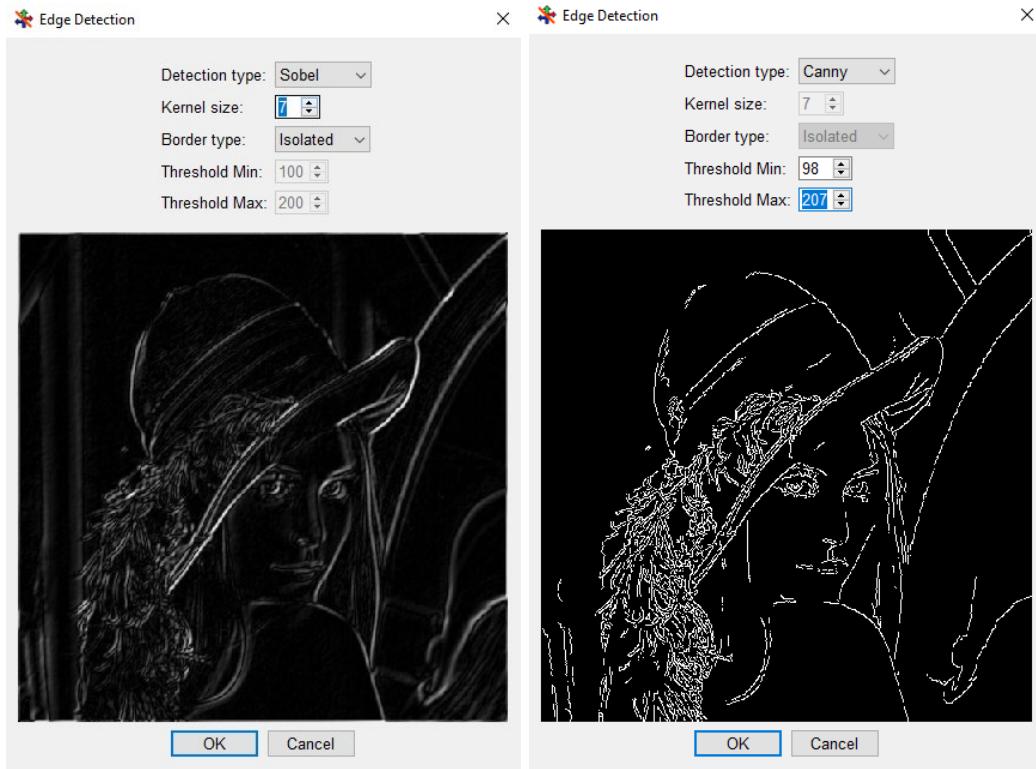
- Detekcja krawędzi.

Dostępne elementy strukturalne:

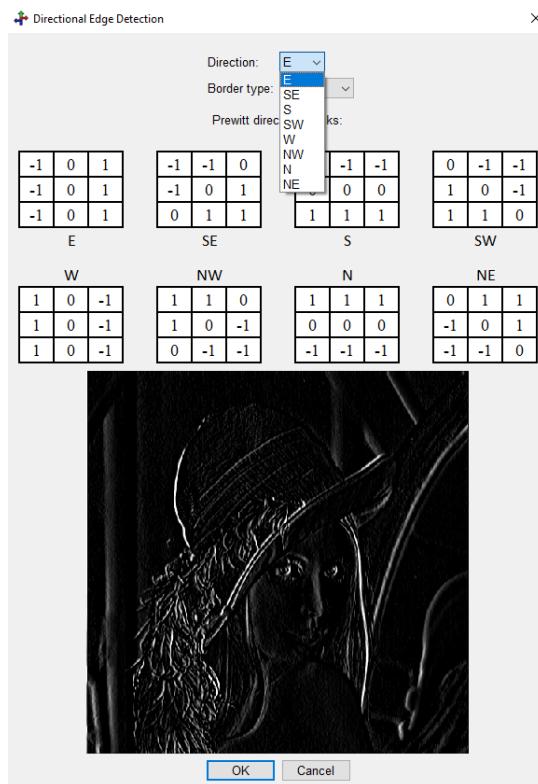
- Romb.
- Kwadrat.
- Elipsa.
- Krzyż.

4.3.5. Edge Detection

- Bezkierunkowa detekcja krawędzi oparta na 3 maskach: Sobel, Laplacian, Canny.



- Kierunkowa detekcja krawędzi w oparciu o maskę Prewitta (podstawowe 8 kierunków)



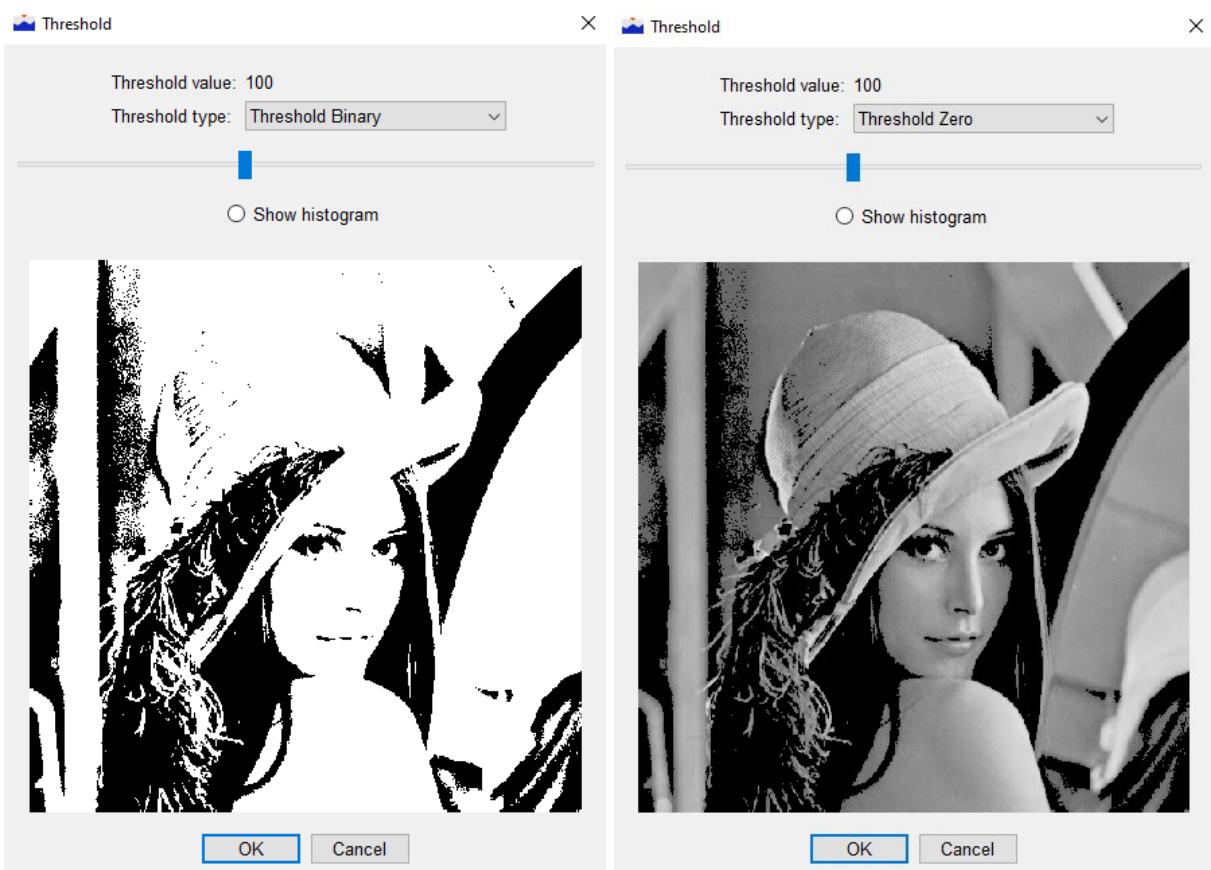
4.4. Segmentation

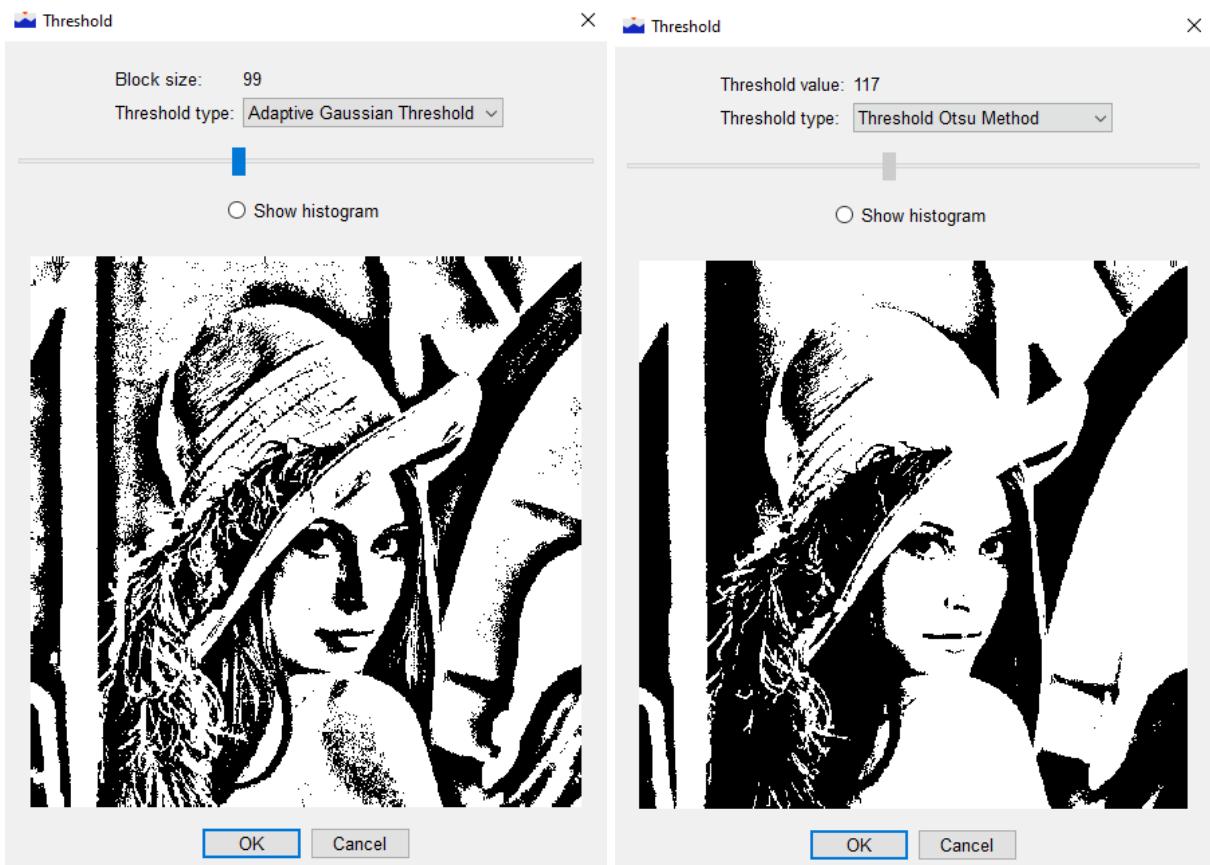
4.4.1. Threshold

Operacje progowania obrazu. Po wciśnięciu pojawi się okienko, w którym możemy wybrać typ progowania oraz ustalić wartość progowania używając suwaka.

Dostępne typy progowania:

- Progowanie binarne.
- Progowanie z zachowaniem poziomów szarości.
- Progowanie adaptacyjne.
- Progowanie metodą Otsu.



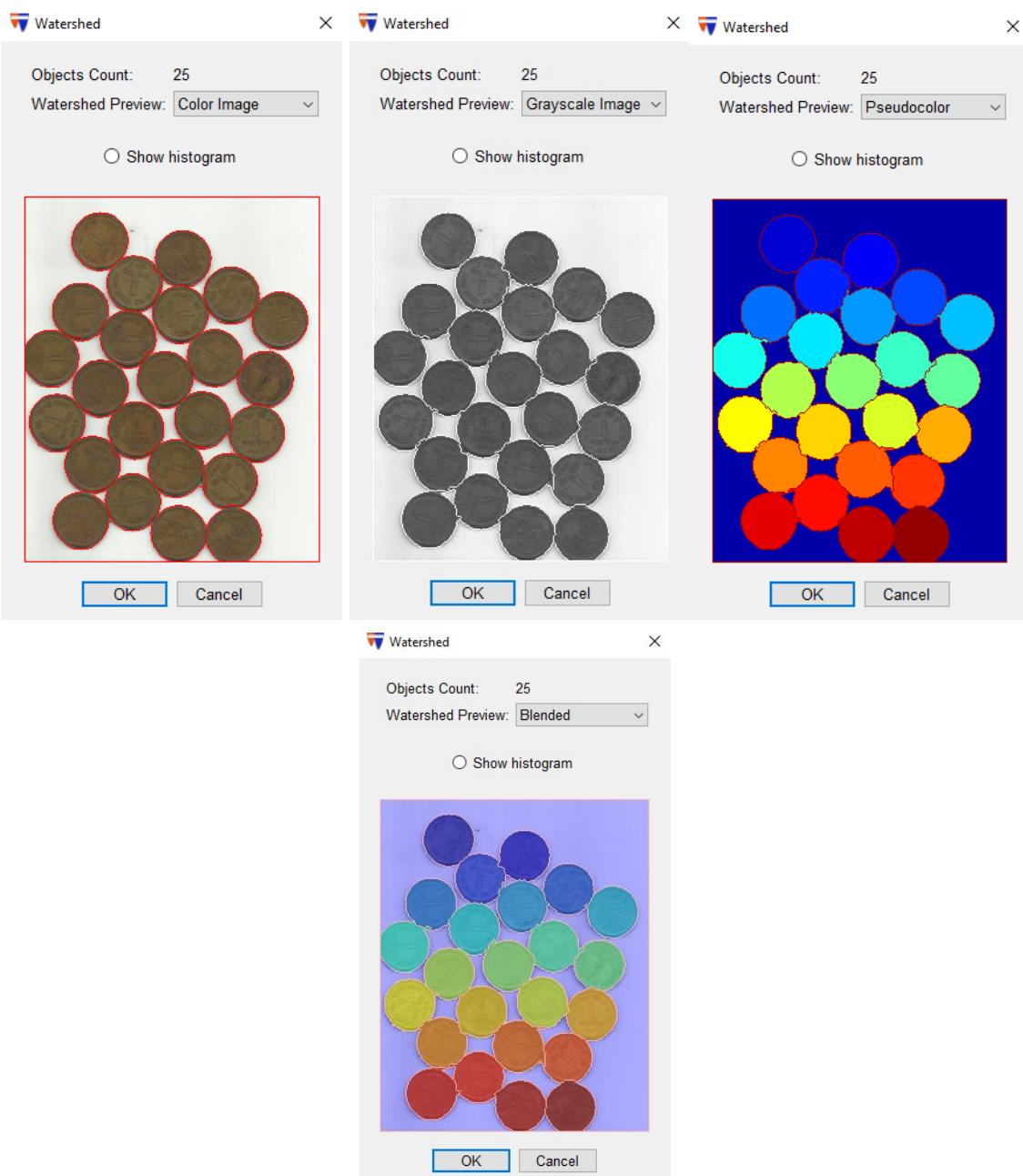


4.4.2. Watershed

Operacja segmentacji metodą wododziałową.

Po wciśnięciu pojawi się okienko, w którym można zobaczyć liczbę znalezionych obiektów oraz wybrać tryb obejrzenia obrazu:

- „Color Image” – kolorowe zdjęcie, obiekty są wydzielone czerwonym konturem
- „Grayscale Image” – szaroodcieniowe zdjęcie, obiekty są wydzielone białym konturem
- „Pseudocolor” – zdjęcie, na którym każdy obiekt ma oddzielnny kolor (pseudokolorowanie)
- „Blended” – mieszanie oryginalnego zdjęcia z pseudokolorowym.



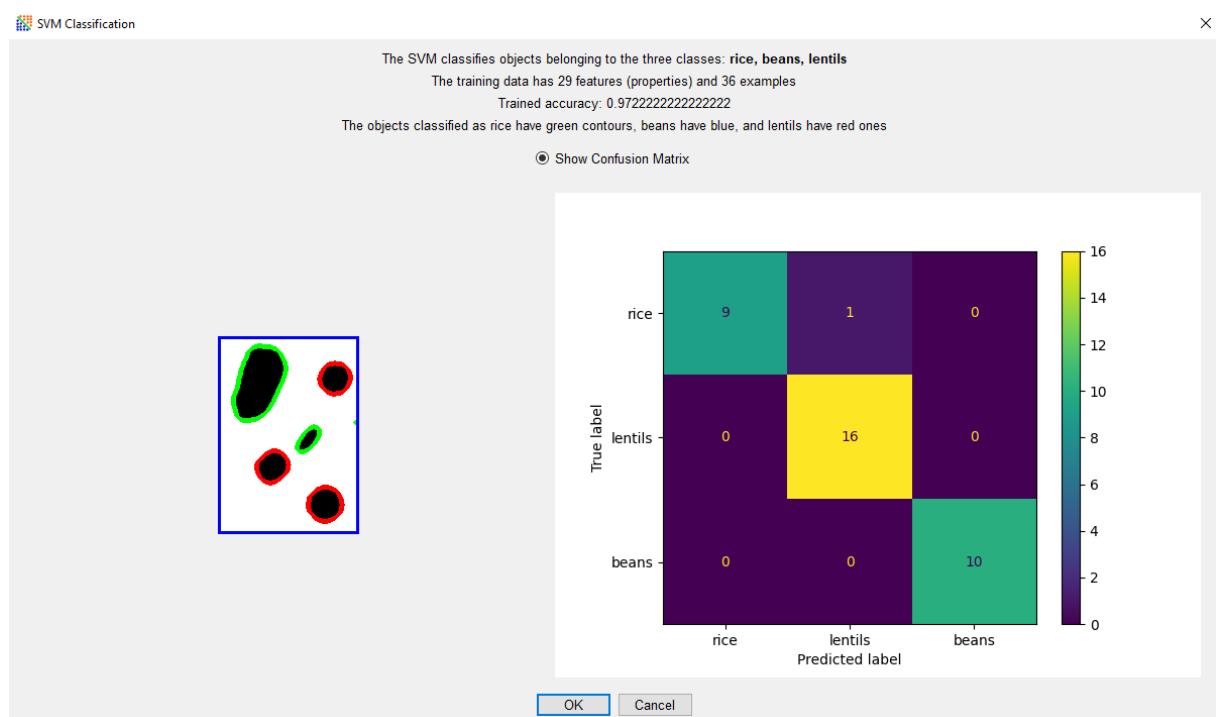
4.5. SVM Classification

Operacja klasyfikacji realizowana za pomocą SVM na podstawie zbioru uczącego. W danym przypadku znalezione obiekty na obrazie będą klasyfikowane do trzech klas: „ryż”, „soczewica” i „fasola”.

Po wciśnięciu pojawi się okienko, w którym będzie informacja o zbiorze treningowym oraz jaki jest procent skuteczności. Także można zaznaczyć przycisk „Show Confusion Matrix”, aby zobaczyć macierz pomyłek.

Obiekty klasyfikowane jako:

- ryż mają zielony kontur
- soczewica mają czerwony kontur
- fasola mają niebieski kontur



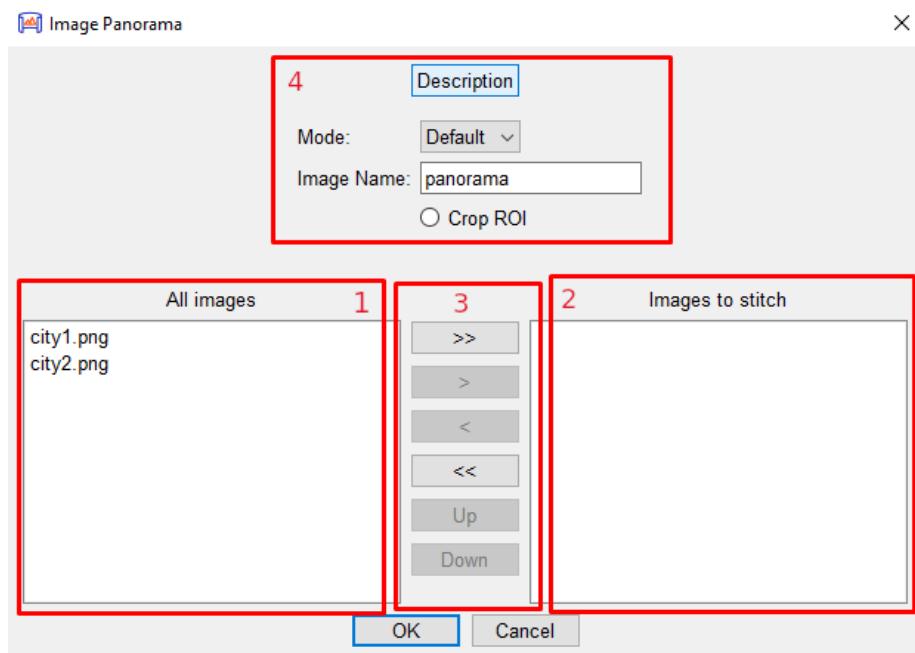
4.6. Panorama (Projekt)

Na początku należy wczytać zdjęcia za pomocą opcji *File* → *Open* lub po prostu przeciągnąć i upuścić zdjęcia w programie.

Narzędzie do tworzenia panoramy otwiera się z poziomu głównego menu.



Po wciśnięciu pojawi się okienko:



Jak widać, narzędzie ma 4 ponumerowanych elementy:

1. Pierwszym elementem jest lista po lewej stronie, na której są umieszczone wszystkie nazwy zdjęć, które były otwarte w programie.
2. Druga lista po prawej stronie zawiera nazwy zdjęć, które będą połączone w jedno zdjęcie.
3. Trzecim elementem jest kolumna przycisków. Pierwsze cztery przyciski od góry pozwalają przemieszczać nazwy zdjęć z lewej listy do drugiej i odwrotnie:
 - Pierwszy przycisk „>>” przemieszcza wszystkie zdjęcia z lewej listy do prawej
 - Drugi przycisk „>” przemieszcza zaznaczone zdjęcie z lewej listy do prawej.

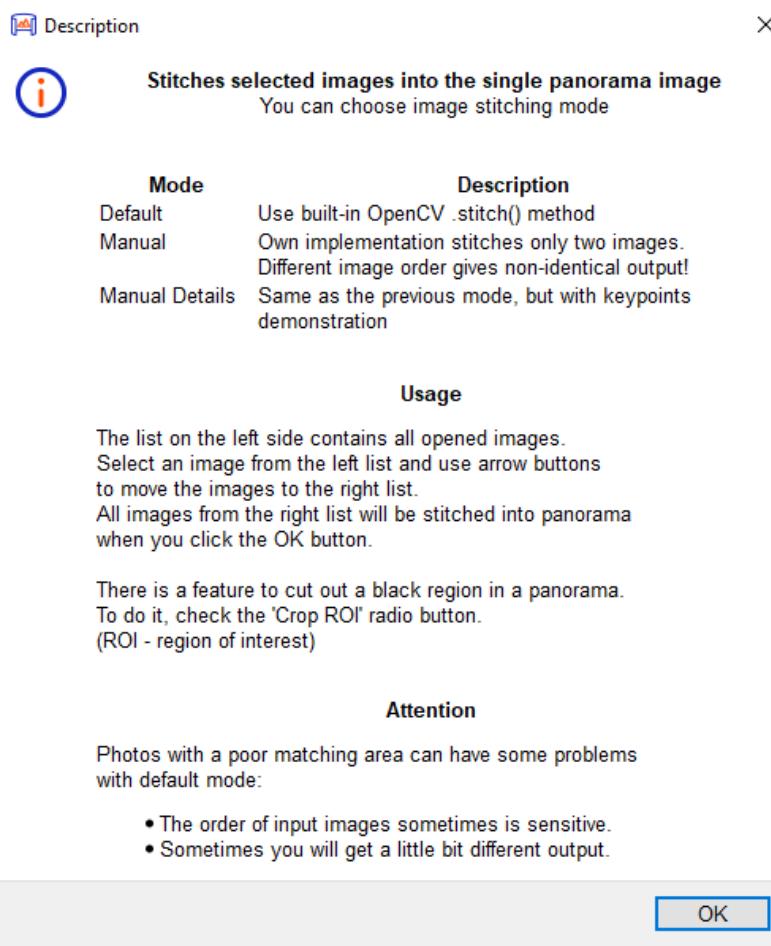
- Trzeci przycisk „<” przemieszcza zaznaczone zdjęcie z prawej listy do lewej
- Czwarty przycisk „<<” przemieszcza wszystkie zdjęcia z prawej listy do lewej.

Ostatnie dwa przyciski pozwalają przemieszczać zaznaczone zdjęcie do góry lub do dołu na prawej liście:

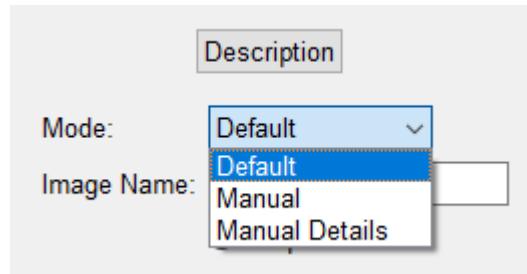
- Piąty przycisk „Up” przemieszcza zaznaczone zdjęcie na prawej liście na jedną pozycję do góry.
- Szósty przycisk „Down” przemieszcza zaznaczone zdjęcie na prawej liście na jedną pozycję do dołu.
- Aby utworzyć panoramę, należy wcisnąć przycisk „OK”.

4. Ostatni czwarty obszar zawiera następujące elementy:

- Przycisk „Description” wyświetla okienko z informacją o tym narzędziu:



- Rozwijana lista pozwala wybrać tryb tworzenia panoramy



Dostępne tryby:

- 1) „Default” – wykorzystuje gotową metodę .stitch() z biblioteki OpenCV do tworzenia panoramy.

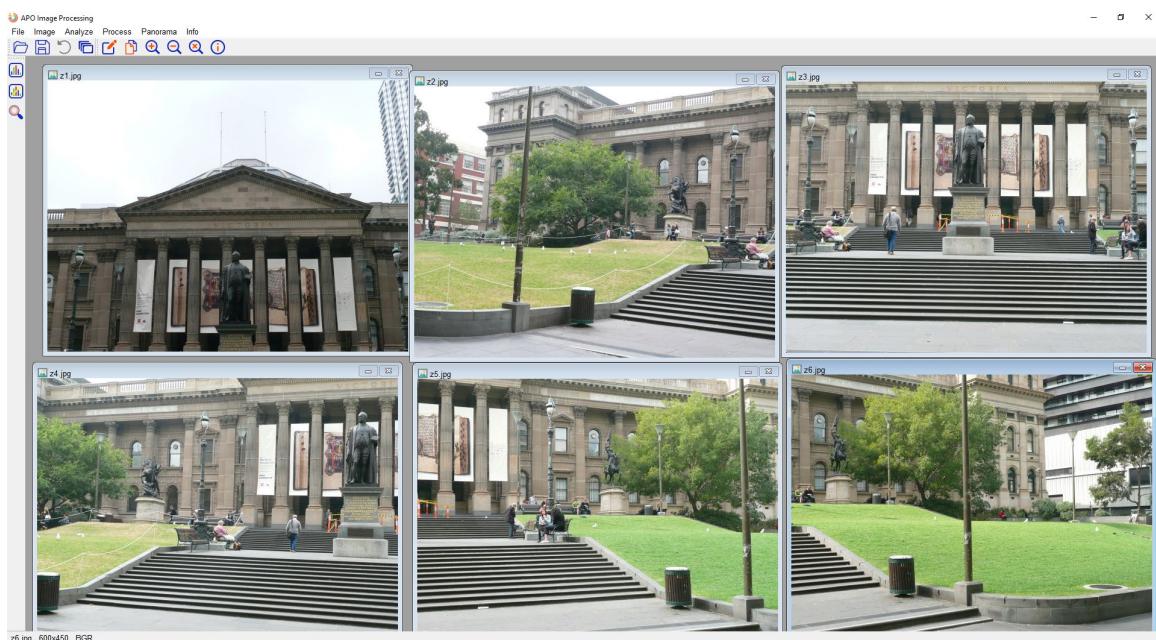
Zalety:

- ✓ Łączy więcej niż 2 obrazy
- ✓ Jest implementacją [metody Brown i Lowe](#)

Wady:

- ❖ Przy powtórnym tworzeniu panoramy dla identycznych zdjęć może podawać trochę różne wyniki.
- ❖ Kolejność dla niektórych zdjęć na liście decyduje o tym, czy w ogóle da się ich połączyć, czy zasygnalizuje błąd. Tzn. zdarza się tak, że dla jednej kolejności zdjęć pokazuje błąd, a dla drugiej kolejności tworzy panoramę bez problemów.

Demonstracja dla sześciu zdjęć:





2) „Manual” – wykorzystuje „ręczną” implementację do połączenia dwóch obrazów. Obraz na dole jest brany jako obraz referencyjny, natomiast obraz na górze jest dostosowany w rozmiarach.

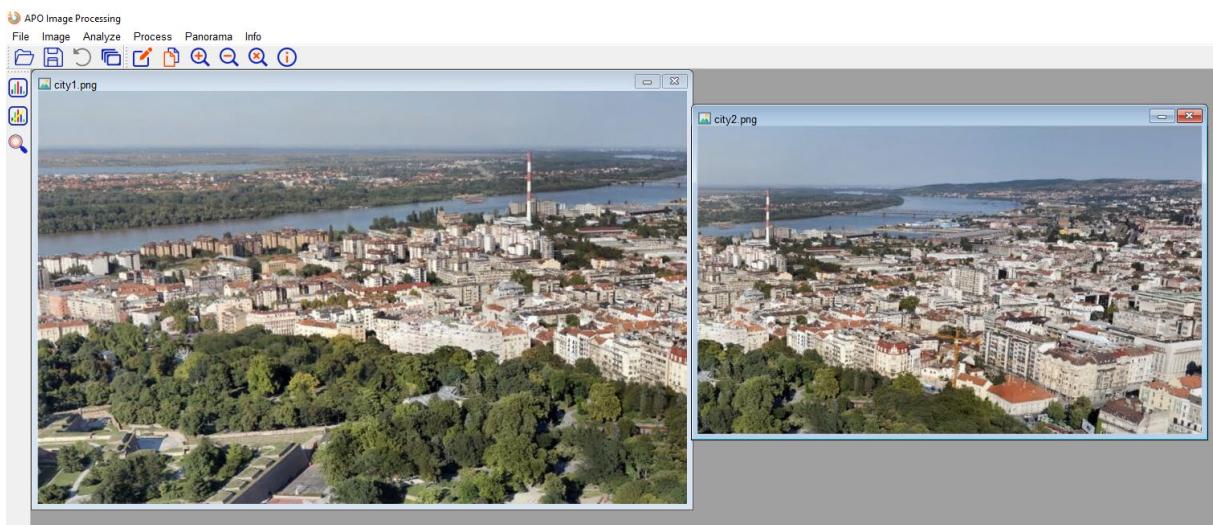
Zalety:

- ✓ Przy powtórnym tworzeniu panoramy dla identycznych zdjęć zawsze podaje identyczny wynik.
- ✓ Jeżeli można utworzyć panoramę z podanych zdjęć, to będzie ona utworzona dla dowolnej kolejności.

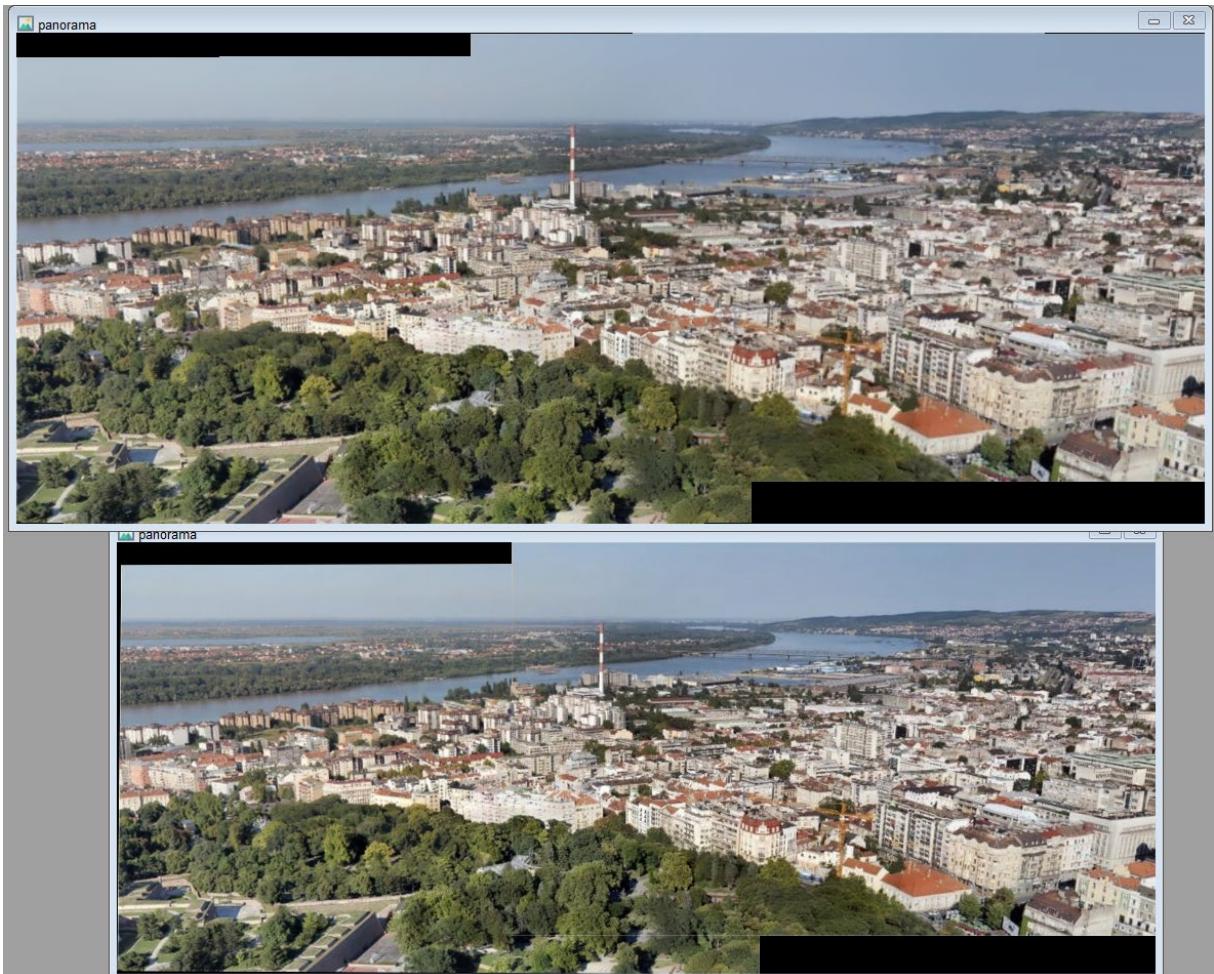
Wady:

- ❖ Tworzy panoramę tylko dla dwóch zdjęć.
- ❖ Kolejność zdjęć na prawej liście zawsze wpływa na rozmiar obrazu wynikowego, ponieważ pierwszy obraz jest dostosowany do drugiego.

Demonstracja dla dwóch zdjęć:

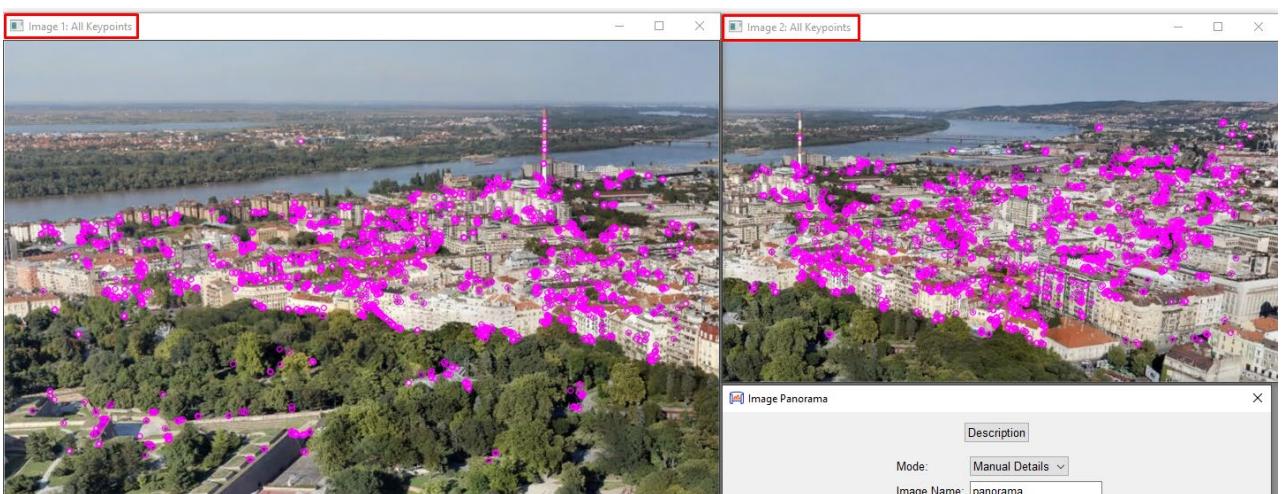


Dla różnej kolejności zdjęć na liście dostajemy panoramy o różnym rozmiarze:

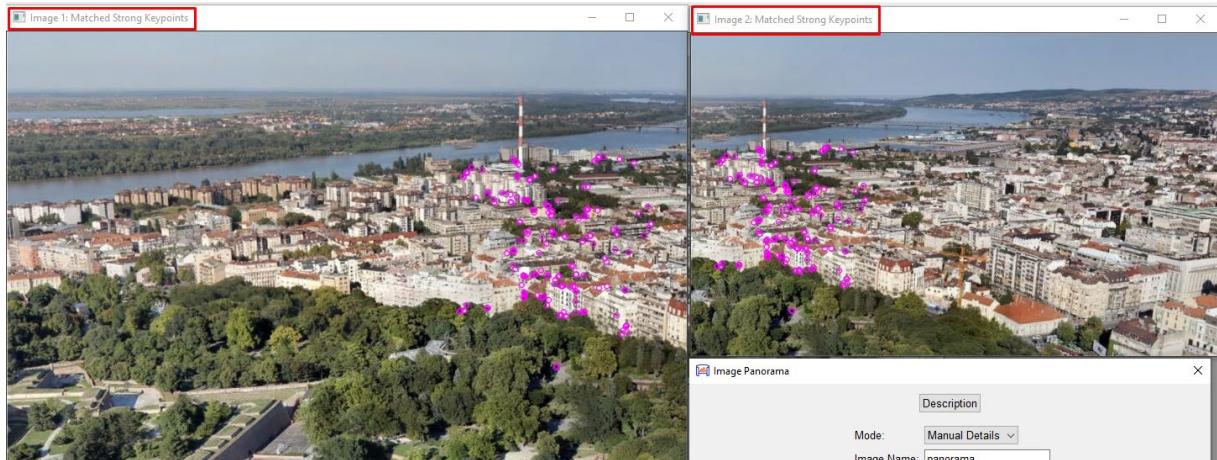


- 3) „Manual Details” – podaje identyczny wynik, jak i poprzedni tryb „Manual”. Różni się tym, że podczas tworzenia panoramy będą wyświetlane częściowe obliczenia w postaci obrazów z punktami kluczowymi.

Na początku będą wyświetlane dwa obrazy, na których są wydzielone wszystkie punkty kluczowe.



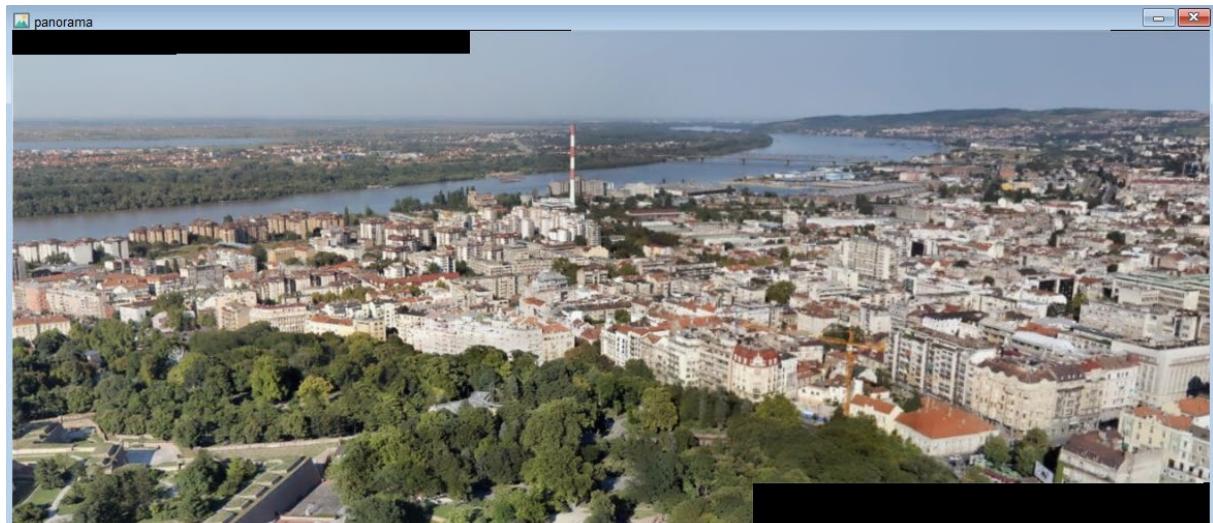
Zatem jak zamknijemy te dwa obrazy, to pojawią się kolejne dwa obrazy, na których są wydzielone mocne wspólne punkty kluczowe.



Gdy zamknijemy ostatnie dwa obrazy, to dostaniemy identyczny wynik, jak i w poprzednim trybie.

- Przed ostatnim elementem na wydzielonym 4 obszarze jest pole, w którym można wpisać nazwę panoramy.
- Ostatnim elementem w tym narzędziu jest przycisk „Crop ROI”, który służy do obcinania czarnych ramek panoramy. Próbuje on znaleźć największy prostokąt, który da się wstawić w ten obraz oraz nie zawiera czarne regiony, zatem gdy taki prostokąt zostanie znaleziony, to obraz znajdujący się w ramce zostanie wycięty.

Panorama utworzona bez obcinania:



Panorama utworzona przy zaznaczonym przycisku „Crop ROI”:

