

**WYŻSZA SZKOŁA  
INFORMATYKI STOSOWANEJ  
I ZARZĄDZANIA**

MAREK DOROS  
ANNA KORZYŃSKA  
MAŁGORZATA PRZYTULSKA  
HANNA GOSZCZYŃSKA

**PRZETWARZANIE OBRAZÓW  
MATERIAŁY POMOCNICZE DO ĆWICZEŃ**

**Wydawnictwo WSiSiZ**  
Warszawa 2004

## SPIS TREŚCI

Wstęp.....	4
1. Akwizycja i przetwarzanie wstępne obrazów.....	6
2. Korekcja radiometryczna.....	14
3. Operacje jednopunktowe.....	20
4. Przekształcenia geometryczne obrazów.....	29
5. Operacje sąsiedztwa – wygładzanie i wyostrzanie obrazu.....	34
6. Operacje sąsiedztwa – testowanie masek.....	52
7. Operacje sąsiedztwa - detekcja krawędzi.....	61
8. Zastosowanie histogramu 2D do detekcji krawędzi.....	80
9. Metody analizy otoczenia, przekształcenia morfologiczne.....	86
10. Modelowanie koloru.....	101
11. Reprezentacja obrazów.....	115
12. Makra w przetwarzaniu obrazów.....	123
13. Segmentacja obrazu.....	140
14. Analiza i rozpoznanie obrazu.....	145
15. Transformaty w przetwarzaniu obrazów.....	152
Wykaz Literatury.....	170

© Wydawnictwo Wyższej Szkoły Informatyki  
Stosowanej i Zarządzania  
Warszawa 2004

ISBN 83-88311-74-3



Sz 5859

Redakcja techniczna: Andrzej Woźniak

Druk: Zakład Poligraficzny Jerzy Kosiński, Warszawa

## WSTĘP

Materiały pomocnicze do ćwiczeń z „Przetwarzania obrazów” (POB) przeznaczone są dla słuchaczy wykładu „Przetwarzanie obrazów” prowadzonego na Wydziale Informatyki WSISiZ w Warszawie. Celem opracowania jest rozwijanie praktycznych umiejętności wykorzystania istniejącego oprogramowania do przetwarzania obrazów, a także rozwijanie umiejętności tworzenia własnych procedur i programów. Skrypt składa się z 15 rozdziałów, w których omówiono wybrane problemy występujące w praktyce na różnych etapach procesu przetwarzania obrazu, zaczynając od akwizycji (pozyskania obrazu), poprzez przetwarzanie wstępne, segmentację, analizę, kompresję, a kończąc na etapie rozpoznania obrazu, czyli klasyfikacji. Podano również przykłady rozwiązań tych problemów.

W rozdziale 1 przedstawiono sposoby akwizycji obrazu, ze szczególnym uwzględnieniem skanera i aparatu cyfrowego, oraz sposoby oceny jakości wybranego obrazu z wykorzystaniem jego histogramu. W rozdziale 2 opisano programową realizację korekcji zniekształceń radiometrycznych występujących na etapie pozyskiwania obrazu. W rozdziałach 3 i 4 postawiono zagadnienia poprawy jakości obrazów odpowiednio za pomocą operacji jednopunktowych oraz za pomocą procedur przekształceń geometrycznych. Rozdziały 5, 6, 7 przedstawiają zadania rozwiązywane z wykorzystaniem operacji sąsiedztwa, czyli zagadnienia eliminacji szumów, wygładzania i wyostrzania obrazu oraz detekcji krawędzi. Zastosowanie detekcji krawędzi za pomocą histogramu dwuwymiarowego (2D) oraz przekształceń morfologicznych obrazu stanowi treść rozdziałów 8 i 9. Techniki modelowania koloru przy użyciu różnych programów podano w rozdziale 10. Tematy rozdziału 11 to kompresja obrazów i steganografia. Sposoby tworzenia własnych złożonych procedur przetwarzania obrazów (makr) zawiera rozdział 12. W rozdziałach 13 i 14 podano techniki segmentacji, analizy i rozpoznania obrazu. Zastosowanie transformat w przetwarzaniu obrazów zawiera rozdział 15.

Każdy z rozdziałów składa się z dwóch części:

1. Postawienie zagadnień do rozwiązywania w formie „problem” oraz „zadanie”,
2. Przykłady szkiców rozwiązań postawionych zagadnień, na ogół z pominięciem wniosków, które czytelnik powinien sformułować samodzielnie.

Wykorzystywane programy oraz materiały, do których następują odwołania w poszczególnych rozdziałach, a także fragmenty niniejszego opracowania o niewystarczającej jakości wydruku lub wymagające prezentacji w kolorze, znajdują się w odpowiednich katalogach na serwerze „Oceanic”, oraz na stronie <http://www.wsisiz.edu.pl> w Uczelnianym Banku Informacji (UBI) w udostępnianych materiałach dydaktycznych prowadzącego wykład z przedmiotu „Przetwarzanie obrazów”. Dokładne opisy ścieżek dostępu do tych katalogów są na bieżąco zamieszczane w oddzielnich instrukcjach załączanych do aktualnie wykonywanych ćwiczeń.

W niniejszym opracowaniu, w przykładowych rozwiązaniach zagadnień wykorzystano fragmenty sprawozdań z ćwiczeń z POB, które wykonali studenci III roku Wydziału Informatyki WSISiZ: D. Kaczyński, R. Pedyk, a także W. Krysiak, J. Kurnatowski, M. Leple, A. Pakuła, E. Rakowska i J. Rogalewicz.

Zagadnienia przedstawione w kolejnych rozdziałach skryptu są rozwiązywane w ramach ćwiczeń z POB. Na każdych ćwiczeniach, zgodnie z oddzielnie dołączoną instrukcją, rozwiązywane są zadania analogiczne do zamieszczonych w skrypcie, bądź ich zmodyfikowane lub nowsze wersje. Instrukcje zawierają: a) odwołania do poszczególnych problemów i zadań, b) ścieżki dostępu do poszczególnych opcji programów, c) szczegółowe wymagania dotyczące charakteru danych obrazowych i liczbowych.

W ćwiczeniach wykorzystywane są programy komercyjne dostępne w WSISiZ oraz programy napisane przez studentów Wydziału Informatyki w ramach prac dyplomowych, projektów z przedmiotu „Algorytmy przetwarzania obrazów” (APO) i ćwiczeń z POB. Nazwy programów oraz nazwiska ich autorów zamieszczane są w instrukcjach dołączanych do wykonywanych ćwiczeń.

Korzystanie z niniejszych materiałów wymaga znajomości teorii i terminologii stosowanej w trakcie wykładu z POB oraz w skrypcie WSISiZ autorstwa Marka Dorosa: „Przetwarzanie obrazów”, Warszawa 2003 r.

## **ROZDZIAŁ 1**

### **Akwizycja i przetwarzanie wstępne obrazów**

Przed przystąpieniem do rozwiązywania problemów i zadań należy zapoznać się z treścią rozdziału 1 „Wiadomości ogólne” (str. 6-19) ze skryptu „Przetwarzanie Obrazów” Warszawa 2003, oraz z odpowiednimi materiałami z POB zamieszczonymi w zasobach WSISiZ (UBI, Oceanic) i w wykazie literatury [1,2,3,16,17].

#### **Problemy:**

##### **1.1. Akwizycja i wstępne przetwarzanie obrazów**

- poprawa jakości obrazu przy użyciu komend realizacji zmian jasności (Brightness), kontrastu (Contrast), korekcji Gamma (Gamma) itd. z wykorzystaniem programu wymienionego w instrukcji do realizowanego ćwiczenia,
- obserwacja i analiza linii profilu (Line Profile) wybranego obrazu,
- zasada tworzenia i wygląd histogramu (Histogram).

##### **1.2. Rozdzielcość przestrzenna**

- obserwacja i analiza obrazu dyskretnego w zależności od zmian rozdzielcości przestrzennej (Spatial Resolution) wybranego obrazu przy zachowaniu tego samego rozmiaru obrazu (Image Size) w sensie jego szerokości (Width) i wysokości (Height).

##### **1.3. Rozdzielcość poziomów jasności**

- obserwacja i analiza obrazu dyskretnego w zależności od zmiany rozdzielcości poziomów jasności (Gray Level Resolution).

#### **Zadanie 1.1**

Przeprowadzić akwizycję obrazu stosując jeden z dwóch sposobów:

- a) wskanowanie zdjęcia,
- b) wykonanie zdjęcia z wykorzystaniem aparatu cyfrowego, lub wybrać obrazu z dostępnych zbiorów obrazowych.

#### **Zadanie 1.2**

Na wybranym obrazie wykonać operację zmiany stopnia rozdzielcości przestrzennej w taki sposób, aby stały się widoczne poszczególne piksele w tym obrazie.

Utworzyć zestawienie pary obrazów *pierwotny – wynikowy* o **jednakowych rozmiarach fizycznych**. Podać nazwy i kolejność wykonywanych operacji oraz interpretację parametrów opisujących obrazy.

#### **Zadanie 1.3**

Na trzech wybranych obrazach, po uprzednim przekształceniu każdego z nich na obraz z gradacją poziomów szarości, wykonać operacje zmiany stopnia rozdzielcości poziomów jasności w taki sposób, aby stały się widoczne poszczególne prążki w histogramie obrazujące odpowiednio liczby pikseli o zadanych poziomach jasności tych obrazów. Utworzyć bazę par obrazów *pierwotny – wynikowy*. Podać nazwy i kolejność wykonywanych operacji oraz wartości parametrów wyznaczających rozdzielcość w poziomach jasności obrazów pierwotnego i wynikowego. Podać interpretację parametrów opisujących obrazy.

#### **Zadanie 1.4**

Na trzech wybranych obrazach (lub ich fragmentach), po uprzednim przekształceniu każdego z nich na obraz z gradacją poziomów szarości, wykonać operację utworzenia linii profilu (Line Profile). Dla każdego z obrazów wybrać dwa przekroje w taki sposób, aby jeden z nich przedstawiał jednolity przebieg poziomu jasności, a drugi - zróżnicowany przebieg poziomu jasności.

#### **Przykłady rozwiązań**

##### **Zadanie 1.1**

W zadaniu pierwszym wykorzystano program *Corel PhotoPaint*.

Wykonane czynności ilustrują poniższe obrazki:



Obraz wejściowy.

Obraz oznakowany przez nałożenie tekstu.

### Zadanie 1.2

Zadanie polegało na obserwacji i analizie zmian w obrazie po zmniejszeniu rozdzielczości przestrzennej (gęstości punktów próbkowania, DPI, dots per inch, liczba punktów na cal) obrazu.

Aby zauważyć wpływ zmniejszenia rozdzielczości przestrzennej należy w okienku Resample wpisać w pole Resolution wartość, np.: 4-krotnie mniejszą. Dla naszego obrazu rozdzielcość podstawowa wynosiła 72 dpi. Zmniejszyliśmy ją do 18 dpi. Jednocześnie zmniejszył się wymiar fizyczny obrazu. Po przywróceniu rozmiaru obrazka do pierwotnej wielkości (Resample, pola Width i Height) zauważalne są poszczególne piksele obrazu. Oznacza to, że wraz ze zmniejszaniem rozdzielczości przestrzennej, zmniejsza się gęstość upakowania informacji na jeden cal, a co za tym idzie, traci się na jakości obrazu. Po przywróceniu rozmiarów pierwotnych każdy piksel obrazu powiększył się 4 - krotnie.



### Zadanie 1.3

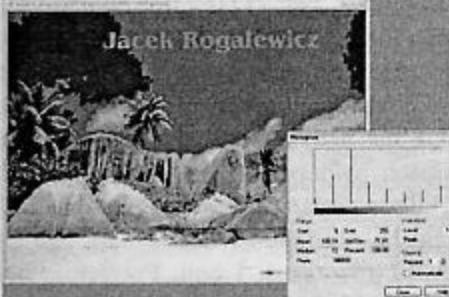
Zadanie miało na celu zapoznanie z pojęciem rozdzielczości poziomów jasności obrazu.

Jak wiadomo, cyfrowa postać obrazu jest pewnym uproszczeniem postaci analogowej. Obraz analogowy niesie w sobie nieskończoną ilość informacji, oddanych w widzialnym dla oka ludzkiego zakresie poziomów jasności, z dowolnie małymi skokami między tymi poziomami. Obraz cyfrowy zaś upraszcza zarówno ilość detali (widać to było w zad. 2) jak i ilość poziomów jasności. Wykorzystując niedoskonałość ludzkiego oka, wyprowadzona za pomocą urządzenia wyjściowego, informacja wydaje się być zbliżona do pierwotnej postaci analogowej choć jest skończona i poważnie uproszczona. Doświadczalnie zbadano, iż oko ludzkie nie będzie zauważało przeskoków pomiędzy sąsiednimi poziomami jasności, jeśli pasmo od czerni do bieli podzielimy, na co najmniej sto kilkudziesiąt...dwieście przedziałów. Zbliżoną i zarazem bardzo wygodną liczbą okazała się liczba 256, będąca ósmą potęgą dwójki, zapisywana jako 8 bitów, czyli 1 bajt. Przyjęto, więc za standard 8-bitową głębię jasności. Należy zauważyć, że jest to standard przyjęty dla przypadku ogólnego.

(1) Obraz naturalny o różnorodnych przejściach tonalnych.



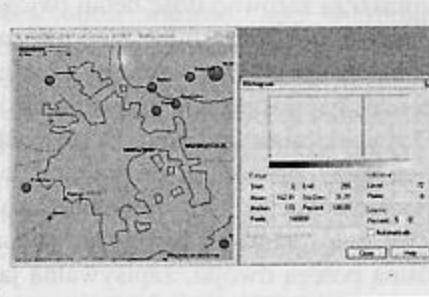
Posteryzacja do 8 poziomów.



(2) Obraz sztuczny o niewielkiej ilości stopni jasności.



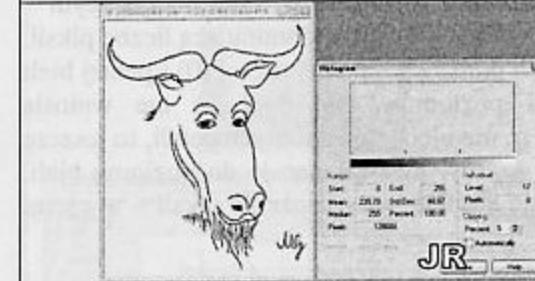
Posteryzacja do 4 poziomów.



(3) Obraz typu rysunek – brak płynnych przejść tonalnych.



Posteryzacja do 4 poziomów.



(1) W pierwszym przypadku zbadany został wpływ ograniczenia dostępnej liczby poziomów jasności na obraz zawierający szereg płynnych przejść tonalnych. Widoczne są na obrazie wynikowym wyraźne zniekształcenia obrazu, objawiające się ostrymi i postrzępionymi przejściami między fragmentami obrazu – np. w prawym i lewym górnym rogu niebo czy skały.

Histogram obrazu pierwotnego był ciągły, gładki i rozciągnięty w całym paśmie jasności. Pewną dominację wykazywały szarości o poziomie ok. 25% zakresu (czyli wartość jasności ok. 64 przy 256 poziomowej rozdzielczości tonalnej). Po posteryzacji do 8 poziomów, histogram rzeczywiście uwidacznia ulokowanie pikseli obrazu w 8 słupkach,

odpowiedającym poziomom jasności w obrazie, (choć tak naprawdę dokument był nadal w 8-bitowej skali szarości - stąd przerwy pomiędzy słupkami, zajmowane niegdyś przez ominięte teraz poziomy jasności).

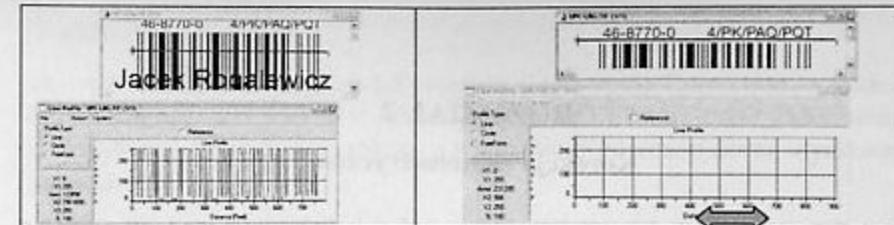
(2) Drugi obraz był obrazem sztucznym, złożonym z obszarów jednolicie wypełnionych jednorodnymi poziomami jasności. Ilość tych poziomów była większa, niż ich dostępna ilość po procesie posteryzacji (do 4). Objawiło się to utratą pewnej ilości detali obrazu (zlewanie się obszarów), jednak nie nastąpiły postrzępione granice obszarów o zróżnicowanej jasności, jak to miało miejsce przy obrazie z płynnymi gradientami. Histogram obrazu wynikowego nie odbiega wiele charakterem od histogramu obrazu pierwotnego, co potwierdza niewielką ilość istotniejszych zmian. Należy zauważyć, iż piksi z kilku dominujących słupków skupiły się w większości na jednym poziomie jasności, co obrazuje wspomnianą utratę detali obrazu.

(3) Trzeci z posteryzowanych obrazów miał charakter rysunku czarno-białego, zawierającego zbiór ciemnych linii na jasnym tle – zapisany w 256 odcieniach szarości. Dodatkowo obraz zawierał pewną ilość błędów wniesionych przez kompresję JPEG, objawiających się jasnoszarymi sąsiednimi makroblokami ( $8 \times 8$  pikseli), zwany artefaktami, otaczającymi czarne krawędzie. Jest to charakterystyczna cecha stratnej kompresji JPEG przy niskim współczynniku jakości (wysokiej kompresji). Szumy te widać w prawym obszarze histogramu jako pewną ilość pikseli jasno-szarych (co jest dobrze uwidocznione na powiększeniu z rozciągnięciem obcinającym – clipping). Wysokie słupki w histogramie, opisujące dominującą liczbę pikseli, rozmieszczone są w jego skrajnych punktach – pełnej czerni (0) i pełnej bieli (255). Jego posteryzacja do 4 poziomów, nie dość że nie wniosła zauważalnych pogorszeń obrazu, tj. nie ujęła jego istotnych detali, to jeszcze efektywnie usunęła wspomniane szumy, kwalifikując je do poziomu bieli. Na histogramie wyraźnie dominuje 2-punktowe rozłożenie pikseli – w czerni i w bieli.

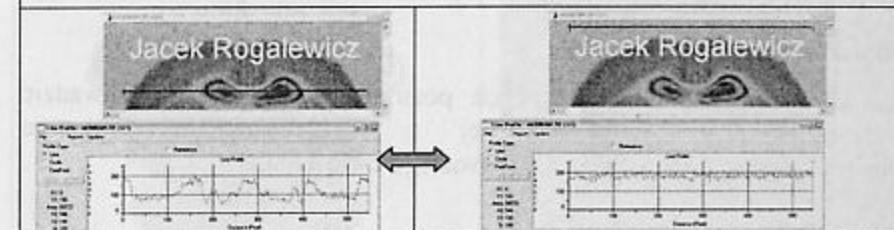
#### Zadanie 1.4

W zadaniu należało wykorzystać narzędzie Line Profile, w programie *ImageProPlus4.1*, które to obrazuje na wykresie przebieg zmian jasności punktów, położonych wzduł linii pomiarowej (prostej bądź okręgu). Nagłe zmiany jasności obrazu, mają swoje odzwierciedlenie w stromych zboczach skoków wykresu (linii profilu). Obszary o jednolitej jasności tworzą na wykresie poziomą linię prostą.

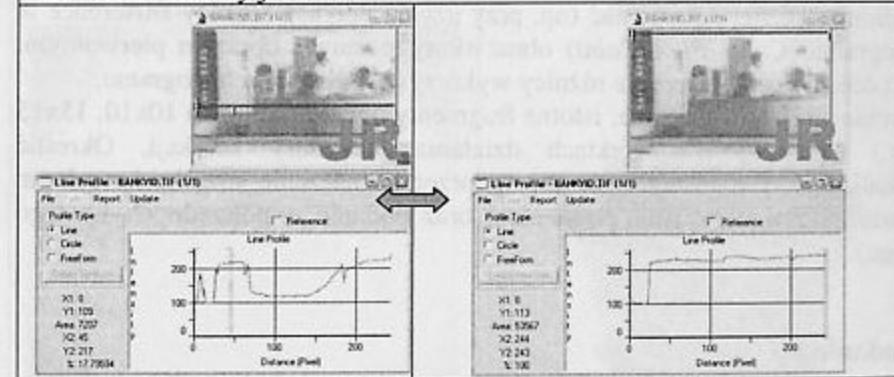
Przykłady zastosowania narzędzia Line Profile:



(1) Po lewej – nagłe przejścia z czerni do bieli charakteryzuje się szybkimi skokami jasności na wykresie; po prawej ciągła biel daje płaską poziomą linię wykresu.



(2) Po lewej – znaczne, choć płynne, zmiany poziomów jasności uwidocznione gładkimi jednak sporymi skokami wykresu; po prawej niewielkie zmiany jasności.



(3) Po lewej – przejście od obszaru ciemnego, lekko zakłóconego literą pionowym jasnego napisu, do jasnego – ściana, po gradientowy obszar lody widać powolne, płynne zmiany jasności. Mały uskok na dystansie ok. 180 pikseli odwzorowuje ukośne wgłębienie lody; po prawej – pomijając ciemny obszar (do ok. 20 pikseli), potem następuje jednolity, gładki obszar ściany, odwzorowany poziomą, niemal niezmienną linią wykresu.

## ROZDZIAŁ 2

### Korekcja radiometryczna

Przed przystąpieniem do rozwiązywania zadań należy zapoznać się z treścią rozdziału 2.2 „Wstępne przetwarzanie obrazów” (str. 31-33) ze skryptu „Przetwarzanie Obrazów” Warszawa 2003, oraz z odpowiednimi materiałami z POB zamieszczonymi w zasobach WSISiZ (UBI, Oceanic) i w Wykazie Literatury [3,7].

#### Zadanie 2.1

Na wybranym obrazie o testowych poziomach szarości przeprowadzić operację korekcji radiometrycznej z wykorzystaniem programu wymienionego w instrukcji do realizowanego ćwiczenia.

#### Zadanie 2.2

Utworzyć własny szaroocieniowy obraz pierwotny do korekcji wykorzystując obraz prądu ciemnego oraz obraz jasny odniesienia.

Skorygować utworzony obraz za pomocą programu do korekcji radiometrycznej i porównać (np. przy użyciu operacji różnicę Difference w programie *Corel PhotoPaint*) obraz skorygowany z obrazem pierwotnym. Do dokładnego obliczenia różnicy wykorzystać własności histogramu.

Uwidoczyć powiększone, istotne fragmenty obrazu (np. okna 10x10, 15x15 itp.) świadczące o efektach działania procedury korekcji. Określić lokalizację tych fragmentów (np. poprzez zaznaczenie strzałką na pełnym obrazie lewego górnego rogu okna oraz podanie współrzędnych x,y tego rogu).

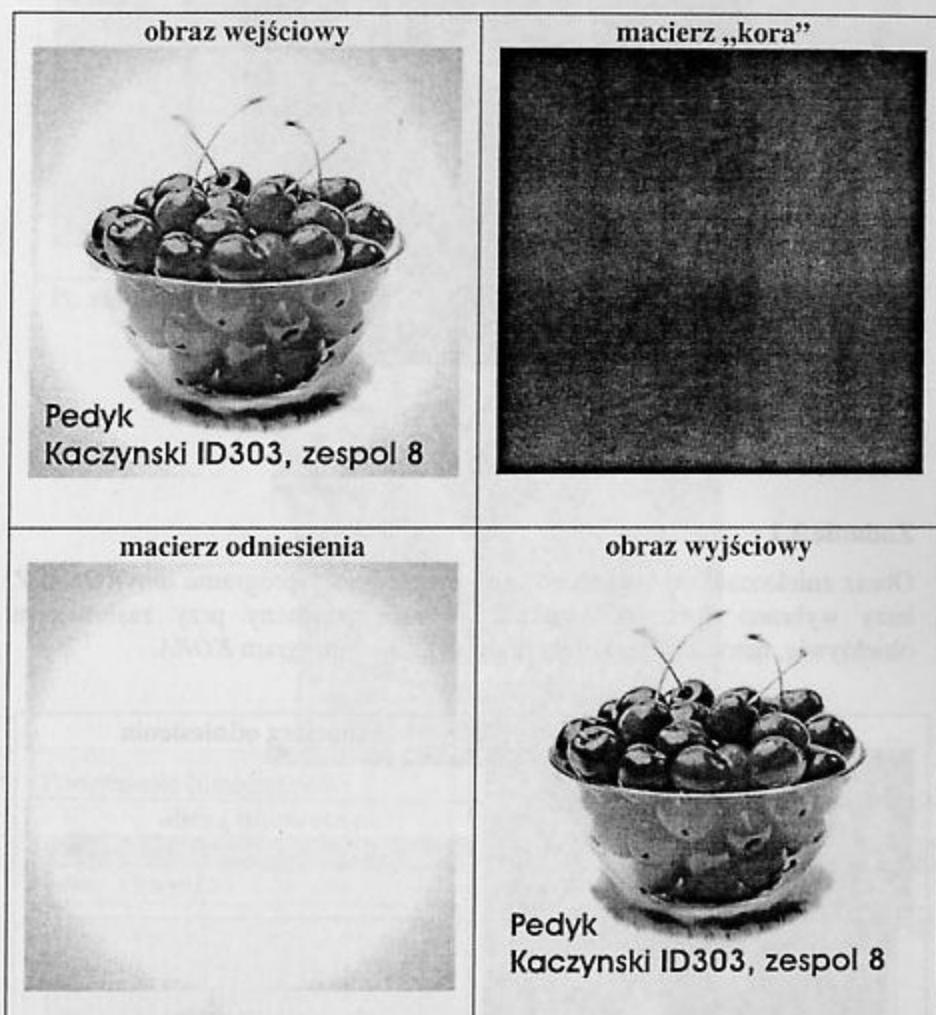
#### Zadanie 2.3

Rozwiązać zadania testowe na użycie korekcji radiometrycznej zamieszczone w pliku o nazwie podanej w oddzielnej instrukcji załączonej do realizowanego ćwiczenia.

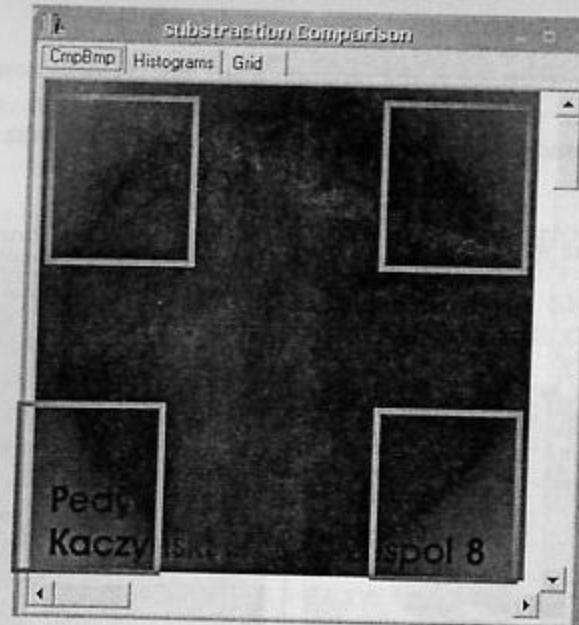
#### Przykłady rozwiązań

#### Zadanie 2.1

W zadaniu wykorzystany został program *Kora*, opcja Correction -> Perform. Wczytano obraz wejściowy, obraz typu „kora” i obraz typu „odniesienia”, uruchomiono procedurę korekcji, a następnie porównano obraz wynikowy z pierwotnym.



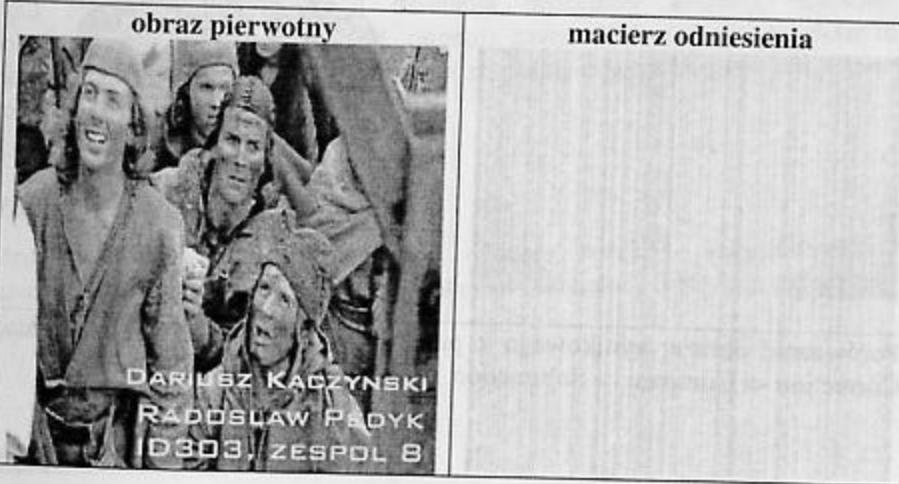
Porównanie obrazu wynikowego z pierwotnym za pomocą odejmowania, Correction -> Compare -> Subtraction.



Widoczne różnice widać na obrzeżach obrazu.

### Zadanie 2.2

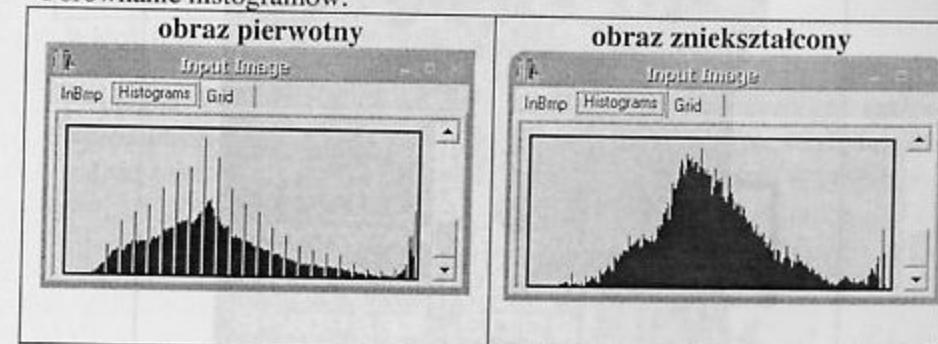
Obraz zniekształcony wygenerowano przy pomocy programu *antyKORA*. Z bazy wybrano obraz odniesienia i obraz otrzymany przy zasłoniętym obiektywie, natomiast do korekcji wykorzystano program *KORA*.



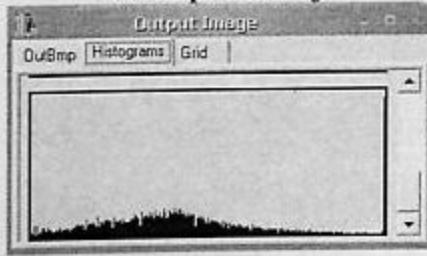
Po zastosowaniu korekcji radiometrycznej (program *KORA*):



Porównanie histogramów:



**obraz po korekcji**



Histogram obrazu pierwotnego zawiera dużo pojedynczych poziomów szarości (pojedyncze słupki). Histogram obrazu zniekształconego zawiera wszystkie pośrednie poziomy szarości. Nałożenie zakłóceń spowodowało, że obraz jest bardziej rozmyty i przejaszkrawiony i posiada rozjaśnione, w stosunku do pierwotnego, fragmenty. Histogram obrazu po korekcji jest gładki. Różnice w poziomach jasności zostały wyrównane, obraz w niektórych fragmentach jest przesadnie rozjaśniony oraz jest aż nadto kontrastowy w lewej części, niektóre natomiast partie obrazu są zbyt ciemne i nie są zgodne z obrazem pierwotnym. Poniżej znajdują się zestawienia fragmentów obrazów, na których widać niedoskonałości korekcji.

Lokalizacja fragmentu obrazu:



**Obraz pierwotny**



**Obraz po korekcji**



**Różnica**



Widok fragmentu obrazu w kolejnych etapach działań.

Procedura korekcyjna nie spowodowała usunięcia wszystkich zakłóceń wprowadzonych w trakcie zniekształcania obrazu z tego względu, że w trakcie zniekształcania część informacji została bezpowrotnie utracona.

## ROZDZIAŁ 3

### Operacje jednopunktowe

Przed przystąpieniem do rozwiązywania problemów i zadań należy zapoznać się z treścią rozdziału 3.2 „Operacje jednopunktowe” (str. 40-49) ze skryptu „Przetwarzanie Obrazów” Warszawa 2003 oraz z odpowiednimi materiałami z POB zamieszczonymi w zasobach WSISiZ (UBI, Oceanic) i w Wykazie Literatury [1,9,16].

#### Problem 3.1 Operacje jednopunktowe (jednoargumentowe, wieloargumentowe, operatory, histogramy)

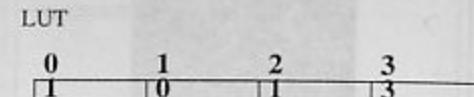
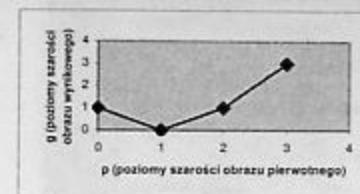
Wykorzystując programy wymienione w instrukcji do realizowanego ćwiczenia utworzyć galerię obrazów pierwotny - wynikowy oraz ich histogramów: obrazu pierwotnego oraz po zastosowaniu następujących operacji: negacji, redukcji poziomów szarości, odcięcia poziomów szarości, rozciągania histogramu, modyfikacji postaci graficznej operatora jednopunktowego, arytmetycznej i logicznej na stałej i obrazie lub arytmetycznej i logicznej na dwóch obrazach, progowania, progowania przedziałami, wyrównywania histogramu.

#### Zadanie 3.1

Dokonać poprawy jakości jednego z obrazów np.: *twarz.bmp* lub *niedzkol.gif* przez dodanie pewnej stałej, przemnożenia przez stałą i rozciągnięcia histogramu. Przeanalizować, w jaki sposób każda z operacji wpływała na histogram obrazu. Która z zastosowanych metod daje najlepsze rezultaty i dlaczego? Operacje poprawy jakości wykonać przy użyciu programów wymienionych w instrukcji do realizowanego ćwiczenia.

#### Zadanie 3.2

Jak będzie wyglądał histogram obrazu wyjściowego [q] po operacji zadanej wykresem i tablicą LUT, jeżeli histogram obrazu pierwotnego [p] o rozdzielczości N=4 wynosi np. [1, 4, 6, 5].



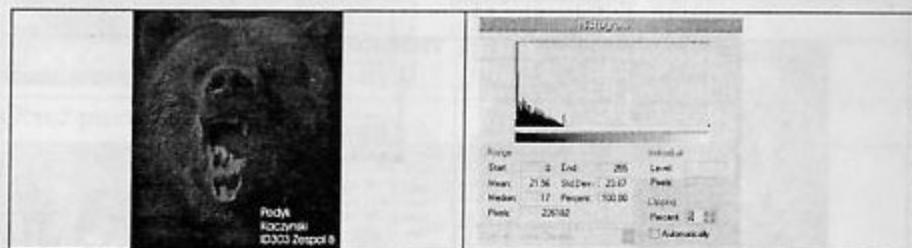
#### Zadanie 3.3

Wyodrębnić lub przeprowadzić segmentację przy użyciu jednej z operacji progowania wybranych obiektów lub szczegółów na jednym z obrazów np. *gear2.tif*, *exm50x.tif*, *Fetlock.tif*, *Bug.tiff*, na którym obiekt zainteresowania ma poziom szarości różny od tła i pozostałych obiektów. Wyniki przedstawić w postaci galerii obrazów wraz z maską wyodrębnionego obiektu i zamieścić dokładny opis czynności.

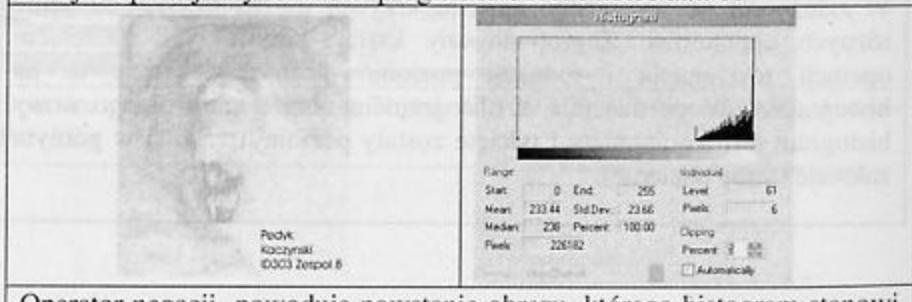
#### Przykłady rozwiązań

#### Problem 3.1

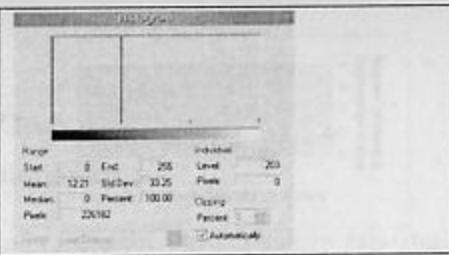
Operacje jednopunktowe (jednoargumentowe, wieloargumentowe, operatory, histogramy) w programie *Corel PhotoPaint*



Obraz pierwotny wraz z histogramem, na którym będą prezentowane kolejne operacje wykonane w programie *Corel PhotoPaint 11*

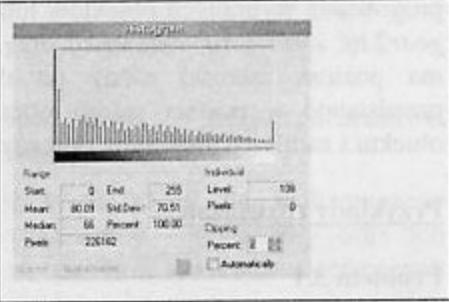


Operator negacji powoduje powstanie obrazu, którego histogram stanowi lustrzane odbicie histogramu obrazu pierwotnego.



Operator redukcji poziomów szarości do 4 poziomów.

Histogram pokazuje, że przekształcenie zmniejsza ilość poziomów szarości do 4 wartości.



Operator rozciągania histogramu.

Histogram został rozciągnięty na całą szerokość zakresu ( $M=256$ ) poziomów szarości. Poprawiła się kontrastowość obrazka.



Operator jednopunktowy zdefiniowany w postaci graficznej.

W zależności od wybranego kształtu krzywej można uzyskać złożenie różnych operatorów. Zaproponowany kształt krzywej jest złożeniem operacji rozciągania i redukcji poziomów szarości. Widać to na histogramie. W porównaniu z histogramem obrazu pierwotnego nowy histogram jest rozciągnięty i odcięte zostały poziomy szarości w górnym zakresie (jasne odcienie).



Operacja dodawania stałej do obrazu. Stała jest tu obrazem o jednorodnym, stałym poziomie szarości. W wyniku operacji dodawania obraz wynikowy jest jaśniejszy. Histogram pokazuje, że w powstały obrazie istnieją tylko poziomy szarości o jasnej barwie ( $>128$ , przy  $M=256$ ).

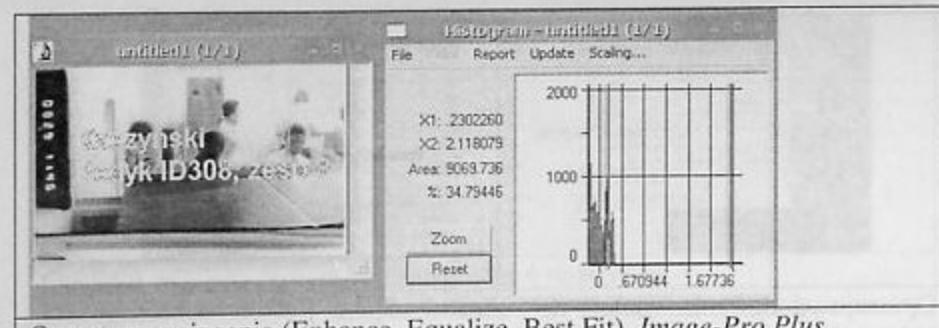
#### Wybrane operacje jednopunktowe w programach *Image-Pro Plus* i *Moticv4*



Obraz pierwotny i jego histogram



Operator progowania (Process, Threshold 100-160, White on Black), *Image-Pro Plus*



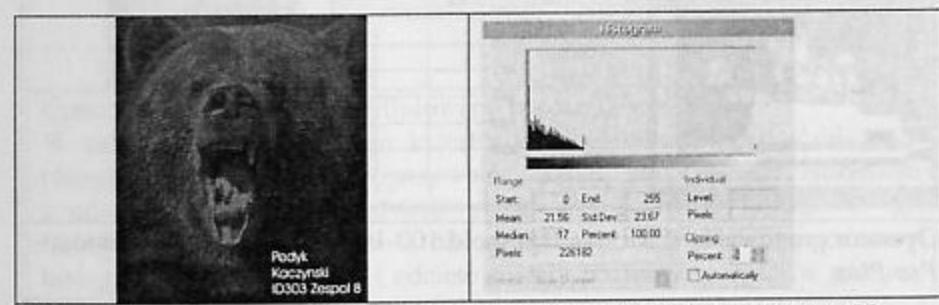
Operator rozciągania (Enhance, Equalize, Best Fit), *Image-Pro Plus*



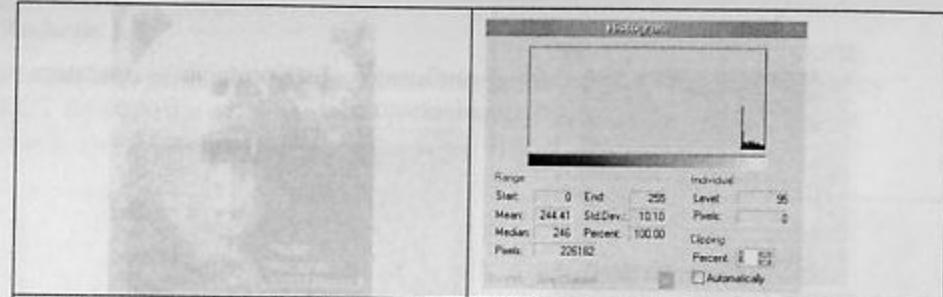
Operator binaryzacji przedziałami. Parametry zakresu progowania. (One Point, Binaryzacja-Progowanie), *Maticv4*

### Zadanie 3.1

Dokonanie poprawy jakości wybranego obrazu

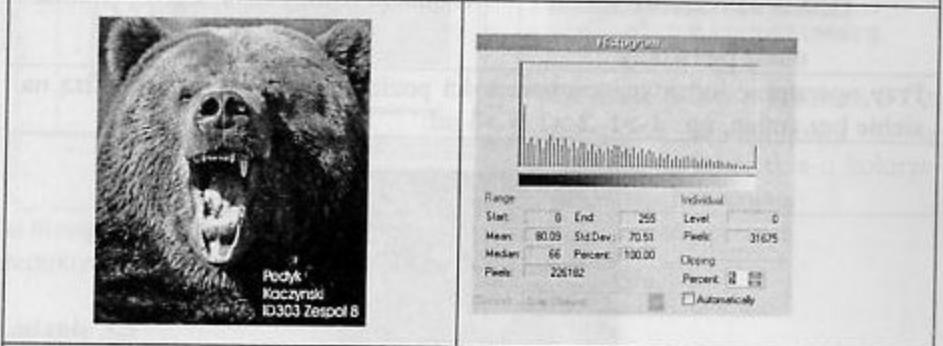


Obraz pierwotny wraz z histogramem w programie *Corel PhotoPaint 11*



Dwukrotne dodanie do obrazu stałej:  $[q(i, j)] = [p(i, j)] + 2 * [\text{const}(i, j)]$ , dla  $i=1..N_1, j=1..N_2$

Dwukrotne dodanie stałej spowodowało zwiększenie poziomów jasności wszystkich pikseli o wartość 2\*stała. Piksele, które przekroczyły dopuszczalny zakres poziomów szarości ( $M=256$ ) zostały przekształcone do wartości 255, co obrazuje histogram. Dodawanie stałej powoduje rozjaśnienie obrazu.



Rozciagnięcie histogramu (Image, Adjust, Auto Equalization). Widać, iż histogram jest rozciagnięty do całego zakresu poziomów szarości  $M=256$ .

Najlepsze rezultaty daje rozciagnięcie histogramu. Rozciagnięcie powoduje wzrost kontrastowości obrazu oraz stopnia rozróżnialności szczegółów. Dodawanie stałej powoduje przesunięcie wszystkich wartości o stałą, co rozjaśnia obraz, ale działa tak samo na wszystkie piksele, co rozjaśnia obraz czasem aż do nasyconej bieli.

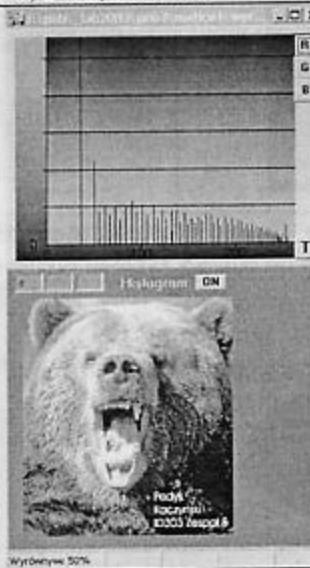
Operacje wykonane w programie *Maticv4*:

**histogram**

graficzna interpretacja operatora identyczności



Przy operatorze identyczności wartości poziomów jasności przechodzą na siebie bez zmian, np.: 1->1, 2->2, 3->3 itd.

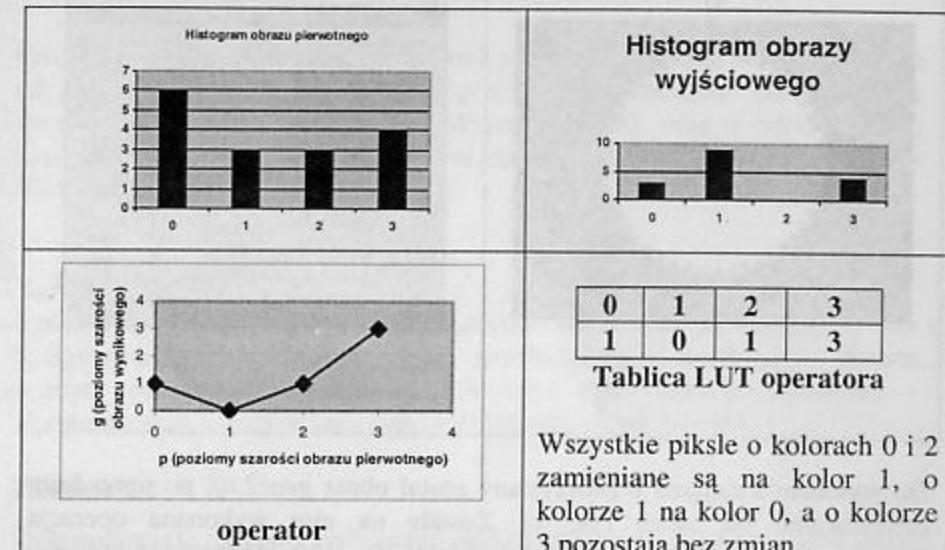


Modyfikacja histogramu (One Point, Wyrównywanie).

Wyrównywanie histogramu poprawia kontrastowość obrazu oraz jego jasność, ponieważ wartości jasności są przesuwane na całą przestrzeń poziomów szarości.

**Zadanie 3.2**

Po zastosowaniu operatora przedstawionego na wykresie i w postaci tablicy LUT do obrazu o podanym niżej histogramie [6, 3, 3, 4] otrzymano obraz wynikowy o histogramie podanym niżej.

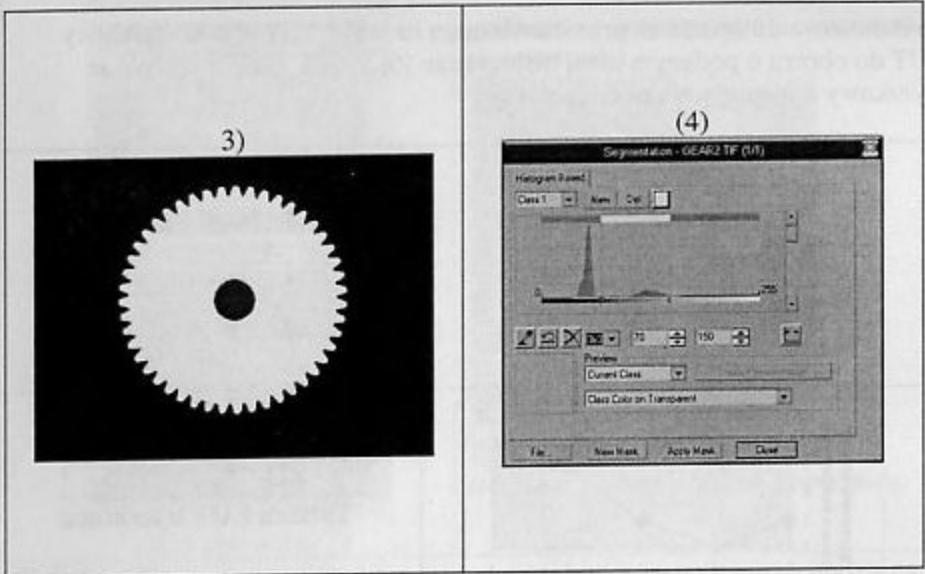


Wszystkie piksele o kolorach 0 i 2 zamieniane są na kolor 1, o kolorze 1 na kolor 0, a o kolorze 3 pozostają bez zmian.

**Zadanie 3.3**

Wyodrębnienie (segmentacja) przy użyciu jednej z operacji progowania wybranych obiektów lub szczegółów:





Do wykonania zadania wykorzystany został obraz *gear2.tif*, po uprzednim oznakowaniu (w tabeli rys. 1). Została na nim wykonana operacja progowania i wyodrębniony został przedział 70 – 150 i zaznaczony kolorem żółtym (w tabeli rys. 2). W tym celu w programie *ImageProPlus4.1* z menu Process wybrana została opcja Threshold, co spowodowało wyświetlenie okienka zawierającego histogram obrabianego obrazu (w tabeli rys 4).

Po przeanalizowaniu histogramu stwierdzono, że mniejsze wznieśenie ilustruje obiekt (tryb), a większe tło.

Następnie utworzono maskę (w tabeli rys. 3). Maska ilustruje, które piksele objęta operacją progowania (ozn. kolorem białym), czyli które należą do obiektu, a które należą do tła. Przedstawiony proces nosi nazwę segmentacji, czyli wyodrębnienia obiektów z obrazu.

## ROZDZIAŁ 4

### Przekształcenia geometryczne obrazów

Przed przystąpieniem do rozwiązywania problemów i zadań należy zapoznać się z treścią rozdziału 2.2 „Wstępne przetwarzanie obrazów” (str. 31-33) ze skryptu „Przetwarzanie Obrazów” Warszawa 2003, oraz z odpowiednimi materiałami z POB zamieszczonymi w zasobach WSISiZ (UBI, Oceanic) i w Wykazie Literatury [6,7,12].

#### Zadanie 4.1

Korzystając z programu wymienionego w instrukcji załączonej do realizowanego ćwiczenia dokonać przekształcenia wybranego obrazu stosując operację wielomianową. Utworzyć parę obrazów *pierwotny* – *wynikowy* wraz z wartościami odpowiadającymi im parametrów.

#### Zadanie 4.2

Dokonać przekształcenia wybranego obrazu (np. twarzy) przy pomocy siatki afińskiej dla różnych stopni zagęszczenia siatki (np.: 2, 10) i porównać wyniki. Utworzyć galerię obrazów *pierwotny* i *wynikowe* oraz podać wartości odpowiednich parametrów. Wykorzystać programy wymienione w instrukcji do realizowanego ćwiczenia.

#### Zadanie 4.3

Wykorzystując program wymieniony w instrukcji do realizowanego ćwiczenia, przeprowadzić operacje korekcji geometrycznej:  
a) błędu perspektywy w obrazie np. *m\_RGBp.bmp*  
b) błędu zniekształcenia beczkowatego np. *cherryg.bmp*

Utworzyć pary obrazów *pierwotny* – *wynikowy* dla punktu a) i b).

#### Przykładowe rozwiązania

#### Zadanie 4.1

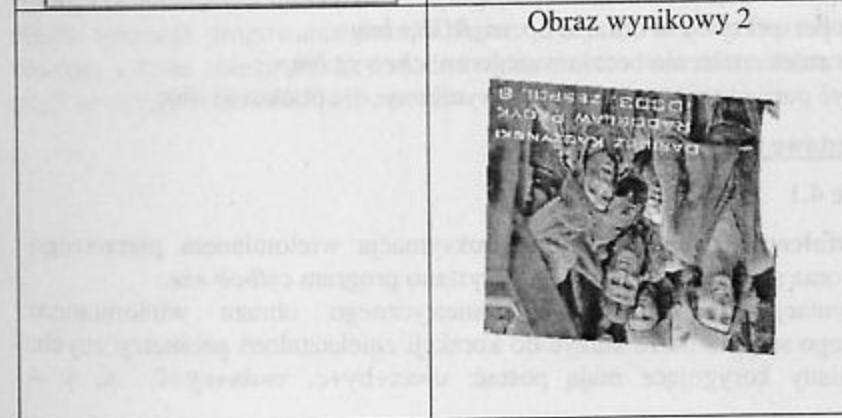
**Przekształcenia geometryczne** (aproksymacja wielomianem pierwszego stopnia oraz siatką afińską). Wykorzystano program *cylbob.exe*.

Aproksymacja zniekształcenia geometrycznego obrazu wielomianem pierwszego stopnia może służyć do korekcji zniekształceń geometrycznych. Wielomiany korygujące mają postać:  $u=ax+by+c$ ,  $v=dx+ey+f$ ,  $x, y$  –

współrzędne punktów kontrolnych obrazu niezniekształconego,  $u$ ,  $v$  – współrzędne punktów kontrolnych obrazu zniekształconego. Metoda korekcji zniekształceń geometrycznych obrazu za pomocą wielomianów polega na wyznaczeniu nowych wartości pikseli obrazu wynikowego za pomocą wyliczonych na podstawie punktów kontrolnych współczynników  $a, b, c, d, e$  i  $f$ .



<b>PODAJ WSPÓŁRZĘDNE PUNKTÓW KONTROLNYCH:</b>			
<b>Obraz niezniekształcony</b> x1 $1 \pm 2$ x2 $50 \pm 2$ x3 $30 \pm 2$	<b>Obraz zniekształcony</b> u1 $11 \pm 2$ u2 $100 \pm 2$ u3 $108 \pm 2$	<b>Obraz niezniekształcony</b> v1 $10 \pm 2$ v2 $30 \pm 2$ v3 $114 \pm 2$	<input type="button" value="OK"/>

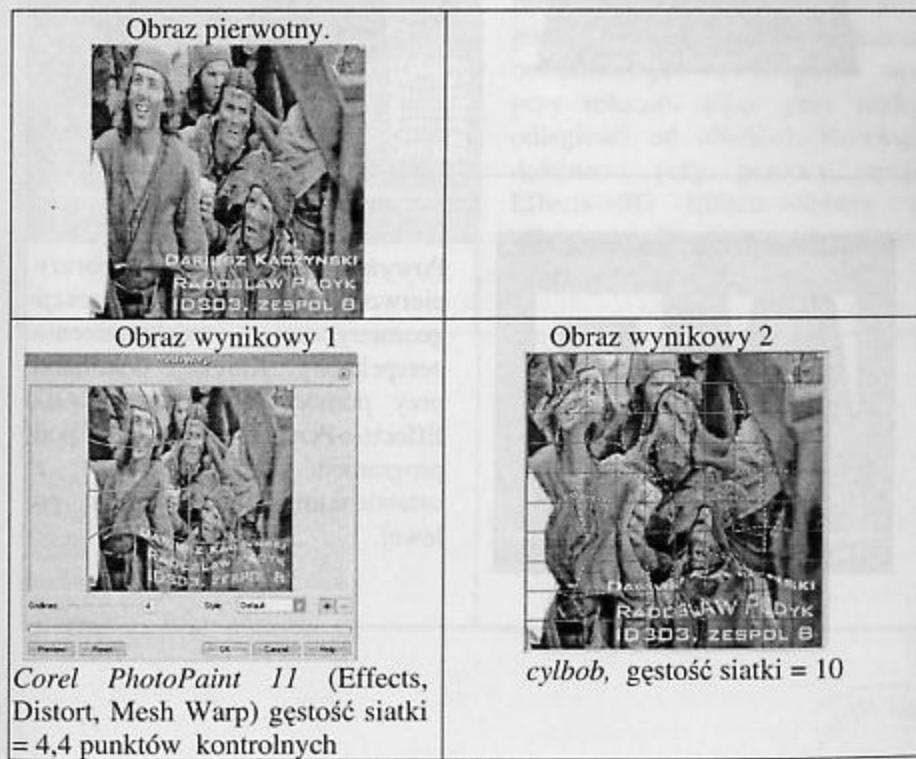


<b>PODAJ WSPÓŁRZĘDNE PUNKTÓW KONTROLNYCH:</b>			
<b>Obraz niezniekształcony</b> x1 $1 \pm 2$ x2 $75 \pm 2$ x3 $25 \pm 2$	<b>Obraz zniekształcony</b> u1 $10 \pm 2$ u2 $60 \pm 2$ u3 $25 \pm 2$	<b>Obraz niezniekształcony</b> v1 $10 \pm 2$ v2 $60 \pm 2$ v3 $10 \pm 2$	<input type="button" value="OK"/>

#### Zadanie 4.2

**Siatka afiniczna** – siatka punktów kontrolnych wskazująca, jak wybrane punkty obrazu mają być transformowane. Pozwala na wprowadzenie zniekształceń lub ich redukcję.

Poniżej przedstawiono wyniki zastosowań przekształceń z wykorzystaniem obu programów (*Corel PhotoPaint 11*, *cylbob*)

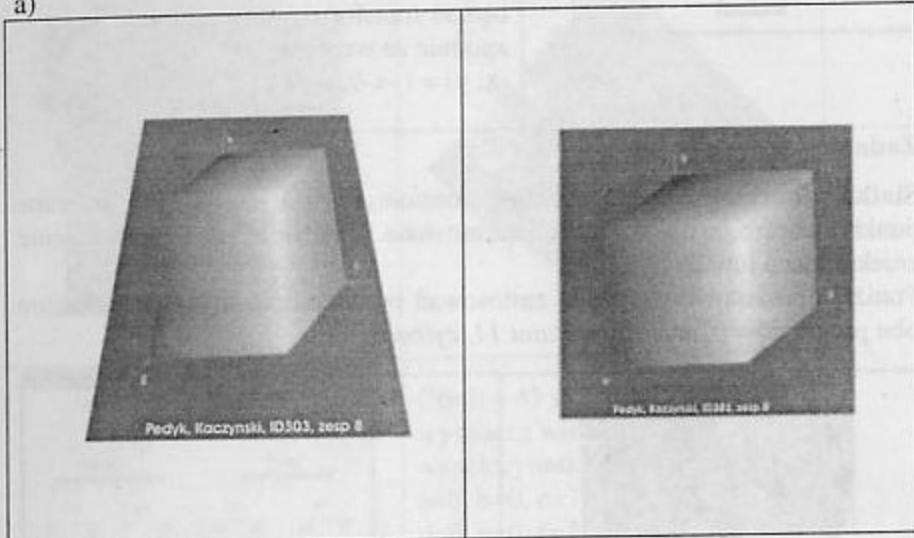


Większe zagęszczenie siatki umożliwia tworzenie precyzyjniejszych przekształceń afinicznych lub bardziej dokładną, miejscową korekcję zniekształceń geometrycznych. Równocześnie zostaje wydłużony czas obliczeń przekształcenia.

#### Zadanie 4.3

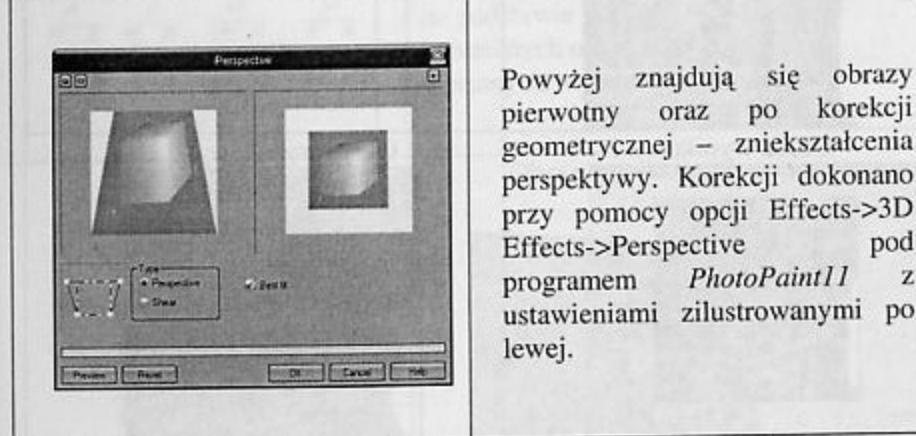
Przeprowadzenie operacji korekcji geometrycznej:

a)



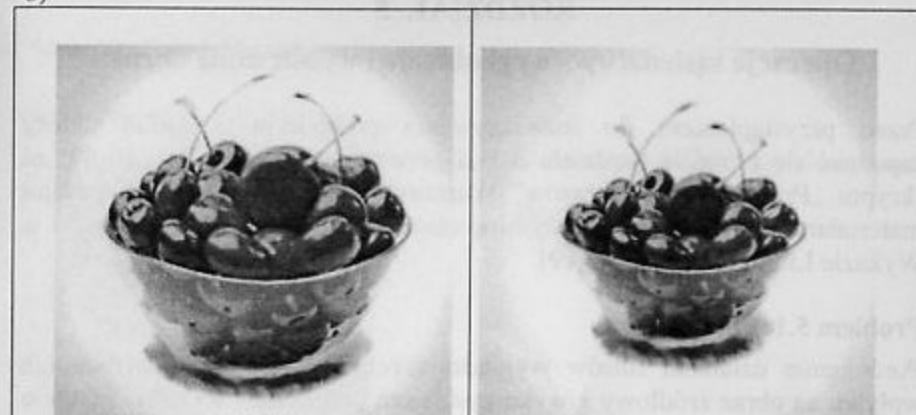
Pedyk, Kaczyński ID303, zesp 8

Pedyk, Kaczyński ID303, zesp 8



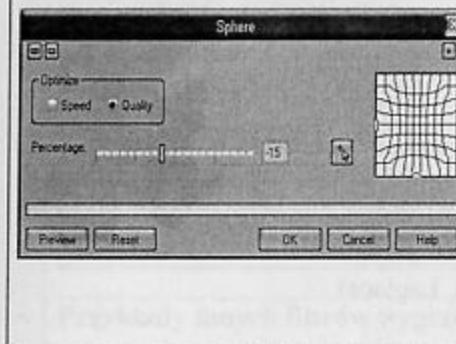
Powyżej znajdują się obrazy pierwotny oraz po korekcji geometrycznej – zniekształcenia perspektywy. Korekcji dokonano przy pomocy opcji Effects->3D Effects->Perspective pod programem PhotoPaint11 z ustawieniami zilustrowanymi po lewej.

b)



Pedyk, Kaczyński ID303, zesp 8

Pedyk, Kaczyński ID303, zesp 8



Powyżej znajdują się obrazy pierwotny oraz po korekcji geometrycznej – zniekształcenia beczkowatego (występuje np. przy robieniu zdjęć przy małej odległości od obiektu). Korekcji dokonano przy pomocy opcji Effects->3D Effects->Sphere z ustawieniami zilustrowanymi po lewej.

## ROZDZIAŁ 5

### Operacje sąsiedztwa - wygładzanie i wyostrzanie obrazu

Przed przystąpieniem do rozwiązywania problemów i zadań należy zapoznać się z treścią rozdziału 3.3 „Operacje sąsiedztwa” (str. 50-59) ze skryptu „Przetwarzanie Obrazów” Warszawa 2003, oraz z odpowiednimi materiałami z POB zamieszczonymi w zasobach WSISiZ (UBI, Oceanic) i w Wykazie Literatury [1,3,9,16,19].

#### Problem 5.1. Filtracja

Porównanie działania filtrów wygładzających i wyostrzających oraz ich wpływu na obraz źródłowy z wykorzystaniem programów wymienionych w instrukcji do realizowanego ćwiczenia,

- a) wygładzanie - metody konwolucyjne (liniowe) oraz metoda medianowa (nielinowa),
- b) wyostrzanie – wykorzystanie operatorów: gradientowych i laplasjanowych,
- c) tworzenie własnych masek filtrów.

#### Zadanie 5.1

Dla wybranego obrazu (lub jego fragmentu) porównać histogramy, linie profili i tablice liczb (odpowiadającej zapisowi szarościowej bitmapy) obrazu przed i po operacjach filtracji:

- wygładzającej (filtry: LoPass, Gauss, Median),
- wyostrzającej (filtry: HiPass, HiGauss, Laplace),
- według maski własnej.

Zilustrować przebieg zmian poziomów szarości w sąsiedztwie krawędzi i w jednorodnych fragmentach obrazu (tła lub obiektu) każdego typu filtracji.

#### Zadanie 5.2

Na wybranym fragmencie obrazu przeprowadzić dwie operacje filtracji wygładzającej: filtrem gaussowskim i filtracji medianowej, a następnie porównać obrazy za pomocą odpowiedniej operacji jednopunktowej dwuargumentowej. Zinterpretować różnice i ocenić przydatność obu filtracji.

#### Zadanie 5.3

Dla obrazu *Bankvid.tif* wyodrębnić fragment zawierający jedną z postaci oraz dokonać poprawy jego jakości przez powiększenie, rozciągnięcie histogramu i wyostrzenie postaci. Przedstawić obraz i jego histogram w kolejnych etapach przetwarzania.

## Przykłady rozwiązań

### Problem 5.1

- a) program *Corel PhotoPaint*

#### - wygładzanie



Obraz pierwotny



Filtracja dolnoprzepustowa – krzywą Gaussa (Effects, Blur, Gaussian Blur)

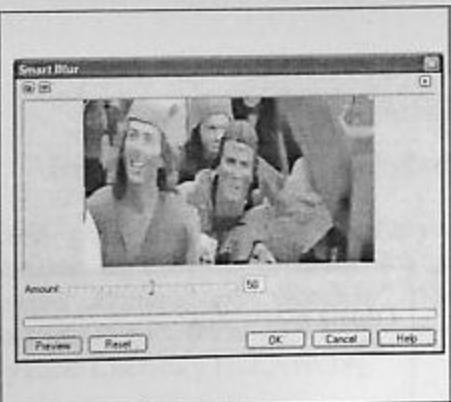
Zwiększenia promienia wygładzania (Radius) powoduje coraz większe rozmycie obrazu zgodnie z rozkładem dzwonowej krzywej rozkładu funkcji Gaussa.

#### Przykłady innych filtrów wygładzających



Operacja wygładzania (Effects, Blur, Smooth)

Operacja wygładzająca zmniejsza różnice między sąsiednimi pikslami.



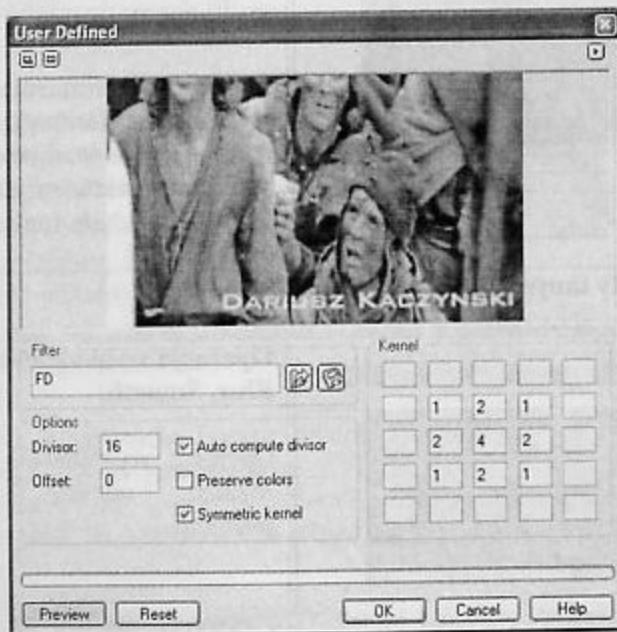
### Operacja wygładzania (Effects, Blur, Smart blur).

Filtracja spowodowała wygładzanie obrazu, przy pozostawieniu ostrzych krawędzi. Może być stosowana np. przy rozpoznawaniu tekstu.

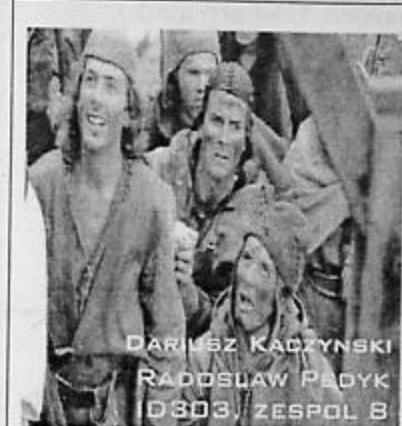
### Własna maska wygładzająca

Maska filtru liniowego (Effects, Custom, UserDefined).

W oknie wpisano jądro filtru (*Kernel*). Jądro ma rozmiar od  $1 \times 1$  do  $5 \times 5$ . Dzielnik normalizujący, (*Divisor*), został automatycznie wyliczony jako suma wszystkich wartości pól jądra (*Auto compute divisor*).



### - wyostrzanie



Obraz pierwotny



### Operacja filtracji górnoprzepustowej (Effects, Sharpen, HighPass)

Filtracja ta wyostrza krawędzie obrazu usuwając drobne detale i cienie.

Obraz staje się bardziej kontrastowy. Wzmacniane są szумy obrazowe.



### Operacja filtracji górnoprzepustowej (Effects, Sharpen, Sharpen)

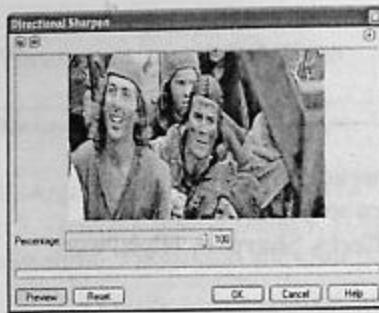
Filtr ten podkreśla krawędzie w obrazie przez zaznaczenie rozmytych obszarów i wzmacnianie kontrastu między sąsiednimi pikslami.

Parametry *Edge Level*, *Threshold* pozwalają ustalić jak silny ma być kontrast między tłem a obiektem.



Operacja wyostrzania (Effects, Sharpen, Unsharp mask).

Filtr ten działa podobnie do filtru Sharpen.



Operacja wyostrzania kierunkowego (Effects, Sharpen, Directional sharpen).

Filtr ten wzmacnia krawędzie.



Własna maska wyostrzająca Maska filtru (Effects, Custom, UserDefined).

Wpisana maska laplasjanowa, pozwala na wskazanie krawędzi w obrazie.

Operacja operatorem Laplace'a podaje informację o położeniu piksla względem krawędzi.

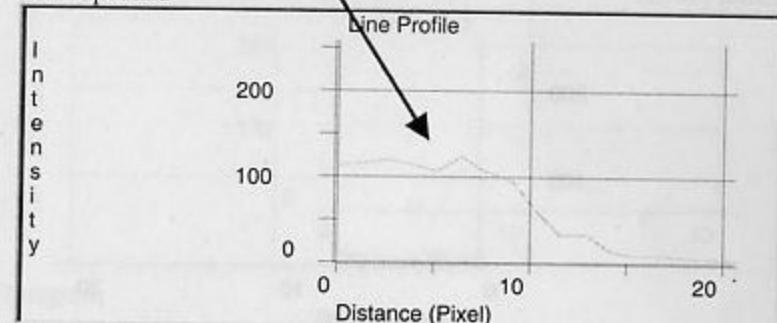
### Zadanie 5.1

Operacje przeprowadzone dla obrazu *circuit.tif*

Obraz pierwotny

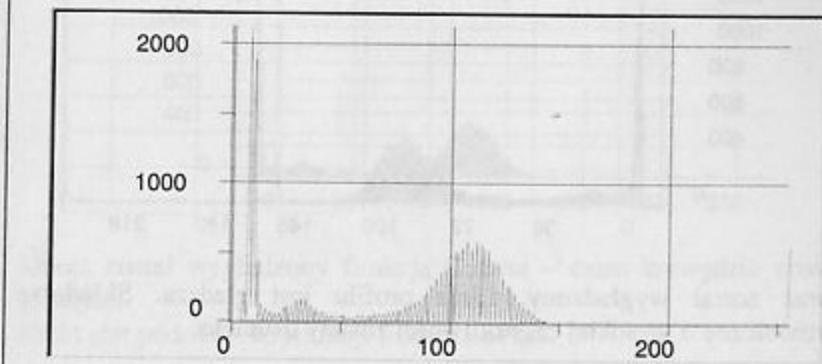


Linia profilu

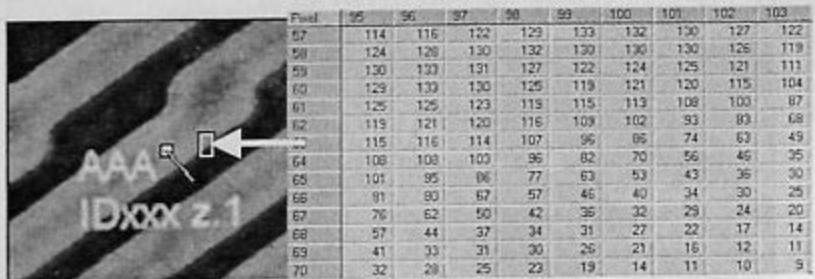


Linia profilu ujawnia krawędź i szum nałożony na sygnał.

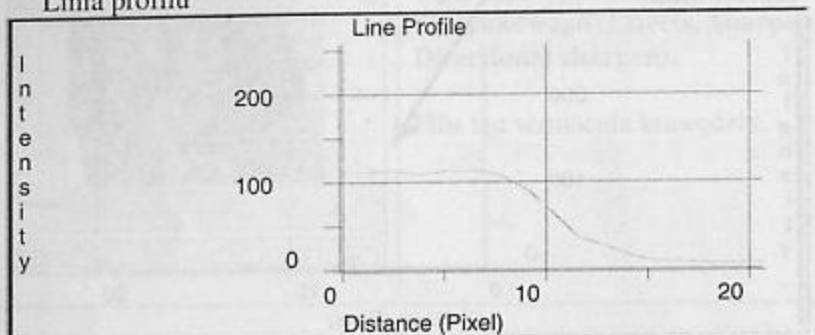
Histogram



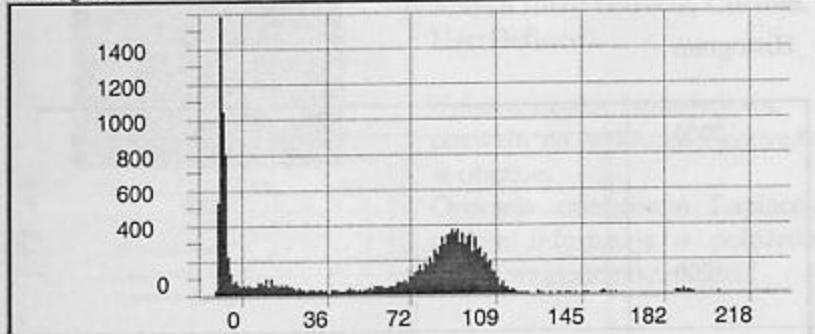
### Filtracja wygładzająca: (Process, Filters, Enhancement, LoPass).



Linia profilu

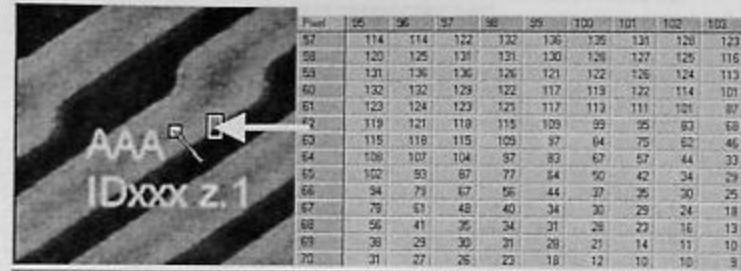


Histogram

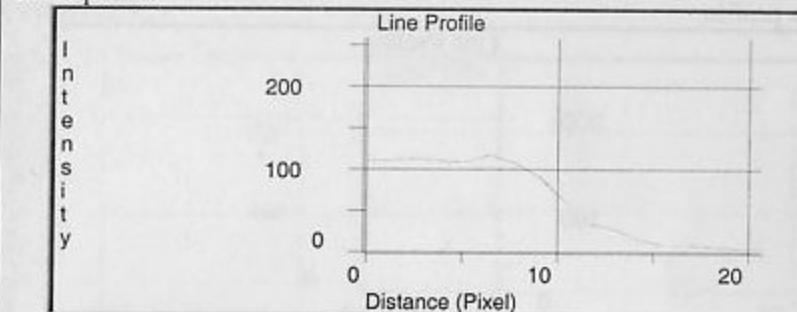


Obraz został wygładzony. Linia profilu jest gładszego. Składowe harmoniczne o wysokiej częstotliwości zostały usunięte.

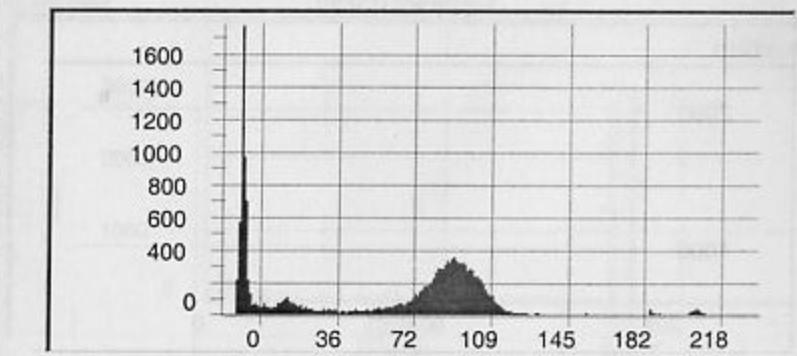
### Filtracja wygładzająca: (Process, Filters, Enhancement, Gauss).



Linia profilu



Histogram



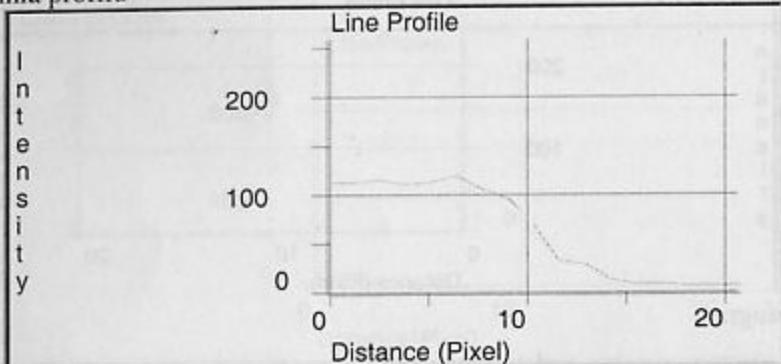
Obraz został wygładzony funkcją Gaussa – ostre krawędzie zostały rozmyte.

Efekt jest podobny do filtracji filtrem LoPass.

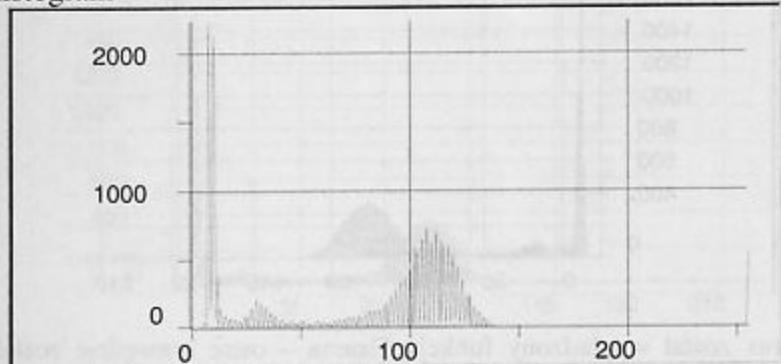
### Filtracja wygładzająca: (Process, Filters, Enhancement, Median).



Linia profilu



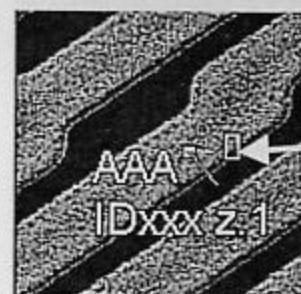
Histogram



Obraz został wygładzony filtracją nieliniową - medianową. Linia profilu jest najbardziej gładka z dotychczas analizowanych, a krawędź jest nadal ostra.

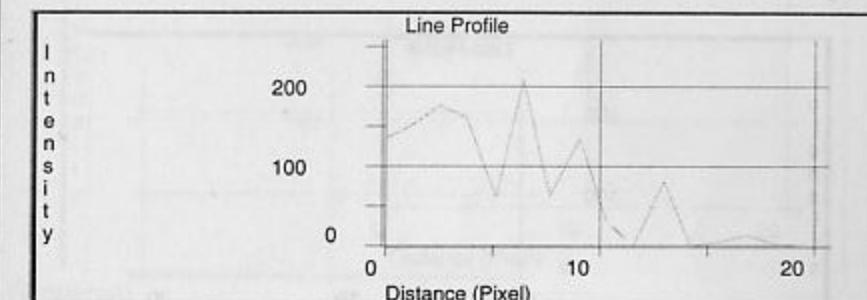
Wartości w tablicy liczb są podobne – jest to efekt wybierania wartości środkowej w próbce. Filtr ten usuwa miejscowe duże skoki w poziomach jasności.

### Filtracja wyostrzająca: (Process, Filters, Enhancement, HiPass).

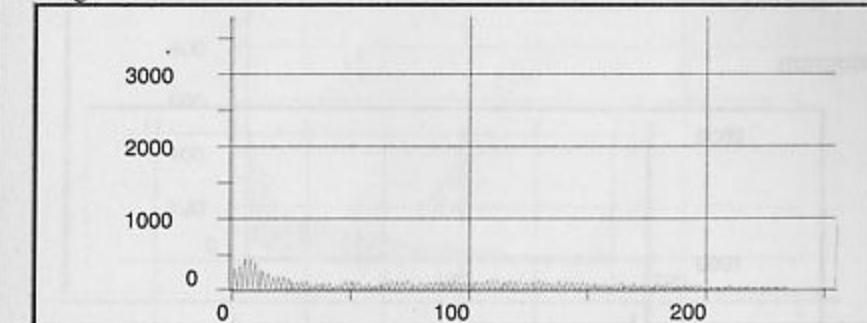


Pixel	95	96	97	98	99	100	101	102	103
57	150	32	142	255	222	224	158	130	178
58	20	88	164	84	144	86	70	142	48
59	168	238	255	52	120	104	174	255	178
60	232	122	108	72	42	90	218	82	64
61	74	132	110	204	204	98	226	112	112
62	128	150	74	90	138	36	142	108	82
63	162	174	174	170	130	42	132	48	0
64	122	106	130	156	122	10	90	0	0
65	146	42	142	64	108	0	52	0	10
66	154	54	92	42	0	0	70	24	54
67	150	58	4	0	0	0	58	36	0
68	22	0	0	46	14	92	58	0	0
69	0	0	0	20	68	98	8	0	0
70	6	22	70	72	0	0	0	5	14

Linia profilu

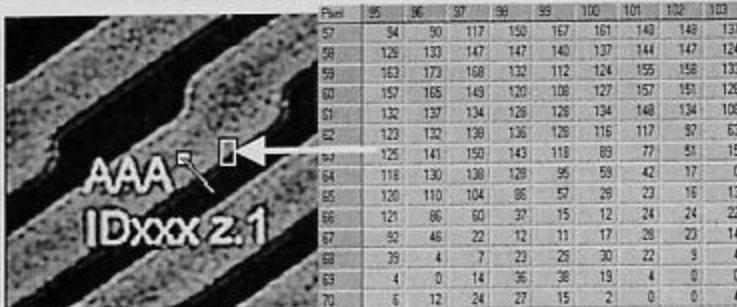


Histogram

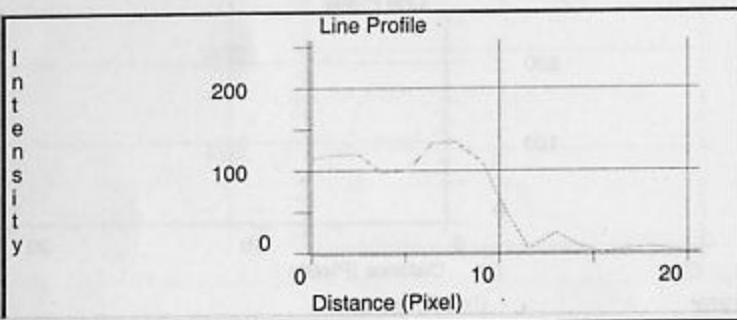


Linia profilu ma nieregularne, mocne wahania. Znacznie zwiększył się kontrast obrazu.

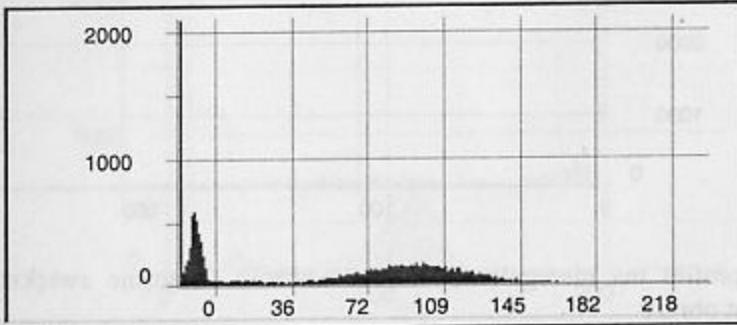
### Filtracja wyostrzająca: (Process, Filters, Enhancement, HiGauss).



Linia profilu

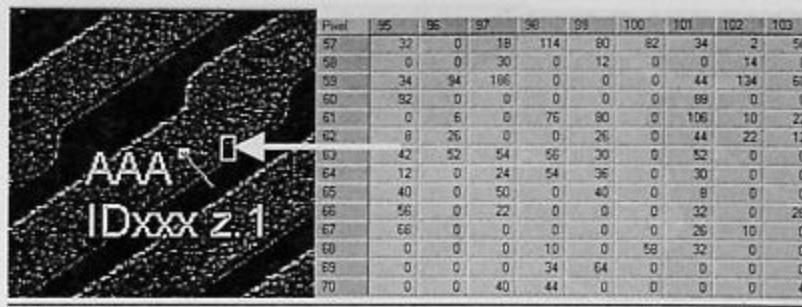


Histogram

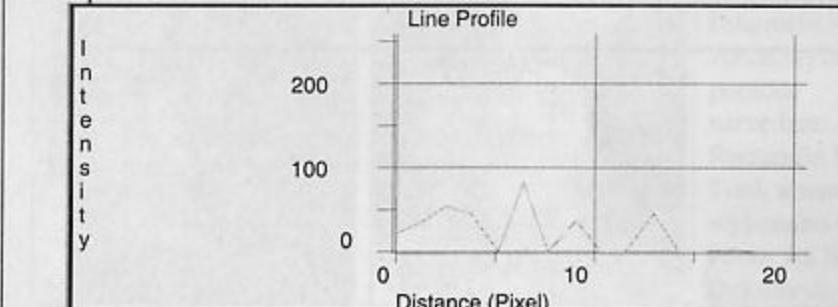


Obraz został wygładzony i wyostrzony jednocześnie. Wygładzenie nastąpiło zgodnie z rozkładem funkcji Gaussa, a wyostrzenie dotyczyło tylko mocnych krawędzi.

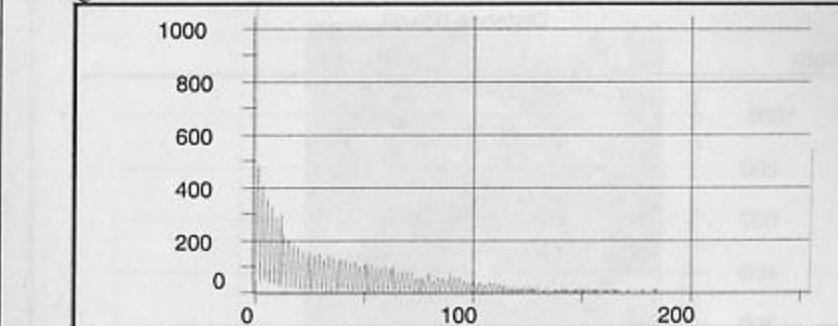
### Filtracja wyostrzająca: (Process, Filters, Edge, Laplace)



Linia profilu



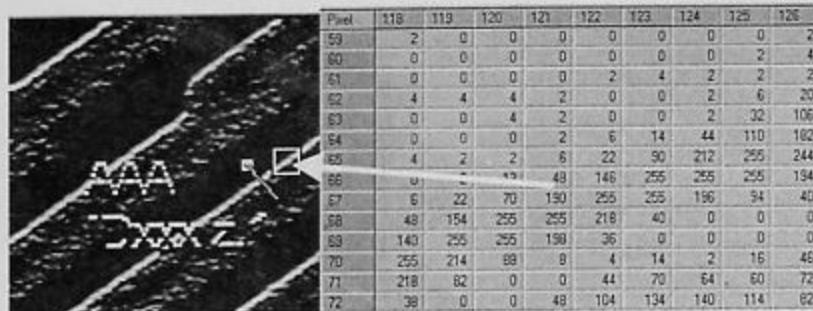
Histogram



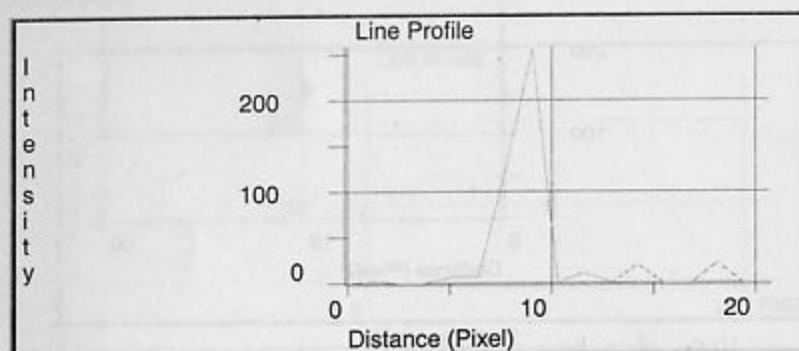
Zastosowany operator Laplace'a wyostrzył i wyodrębnił krawędzie.

$$\begin{array}{ccc} -1 & -1 & -1 \\ \text{Maska filtru ma postać} & -1 & 8 & -1 \\ & -1 & -1 & -1 \end{array}$$

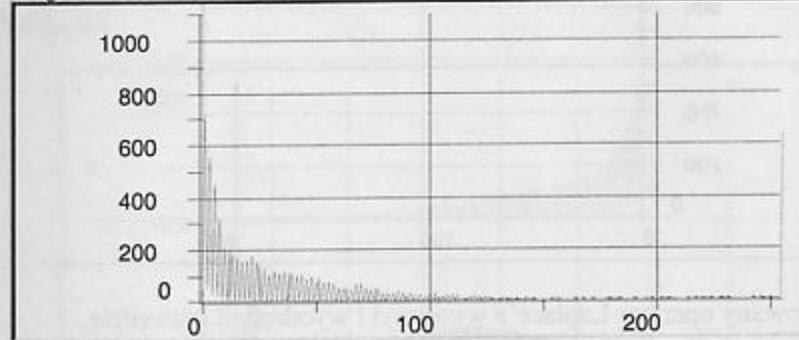
## Filtracja wg maski własnej (Process, Filters, Kernels, New, Edit Kernel).



Linia profilu



Histogram



$$\begin{matrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{matrix}$$

Wybrana maska ma postać

Jest to filtr badający gradient kierunkowy.

## Zadanie 5.2

Zadanie to polegało na przeprowadzeniu dwóch operacji filtracji wygładzającej: filtrem gaussowskim i medianowym. Następnie należało porównać obrazy za pomocą odpowiedniej operacji jednopunktowej dwuargumentowej oraz zinterpretować różnice i ocenić przydatność obu filtracji.

### Filtracja wygładzająca – program Corel PhotoPaint 11

Obraz pierwotny.	Fragment obrazu z twarzą.	
		Fragment twarzy został wybrany za pomocą narzędzia: Rectangle Mask Tool, a następnie wykonano Copy, Paste, As New Dokument.
		Filtr Gaussa
		Filtracja Gaussa to liniowa operacja wygładzania konwolucyjnego (działającego na otoczeniu piksela). Filtr do obliczeń stosuje dzwonową krzywą funkcję Gaussa i powoduje rozmycie obrazu. Wadą tej metody jest, że oprócz rozmycia szumu powoduje również rozmycie krawędzi (stają się nieostre).

## Filtr medianowy



Filtr medianowy jest filtrem nieliniowym. Celem filtracji medianowej jest usunięcie zakłóceń bez rozmycia krawędzi. Wybrano (Effects, Noise, Median) i Radius (promień wygładzania) na 1 piksel.

Różnice między obrazem przefiltrowanym filtrem Gaussa, a medianowym wykonane za pomocą operatora odejmowania (Image, Calculations, Difference) wykazały różnice między dwoma obrazami.



a)



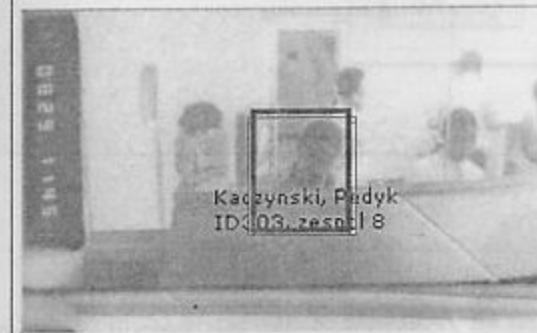
b)

Filtr medianowy (a) przy 'dużym oknie' (większe otoczenie) powoduje powstanie obszarów o jednakowym kolorze, natomiast filtr Gaussa (b) powoduje znaczne rozmycie całego obrazu.

## Zadanie 5. 3

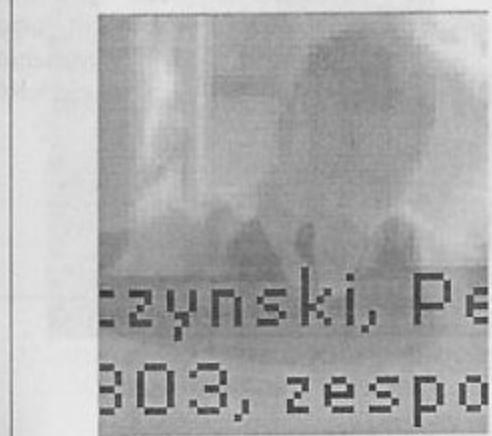


Oznakowany obraz *Bankvid.tif*.

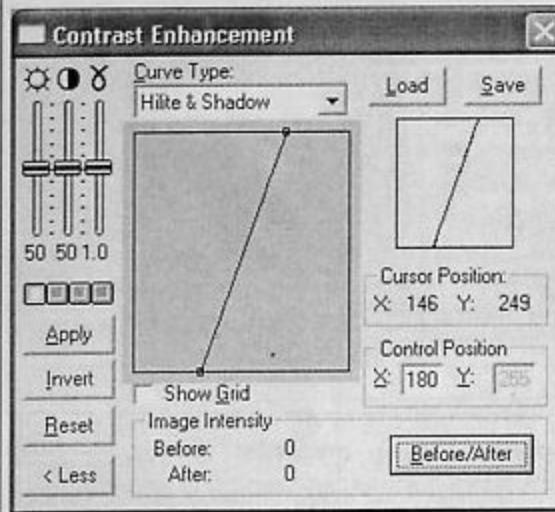


Kaczyński, Padyk  
ID303, zespół 8

Na obrazie *Bankvid.tif* zaznaczony został prostokąt, który wyznacza wyodrębniany fragment. Zawiera on jedną z postaci oraz fragment oznakowania obrazu, zgodnie z wymaganiami ćwiczenia.



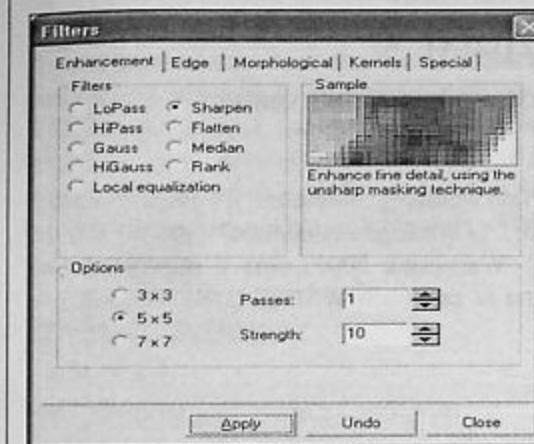
Obraz przedstawia pięciokrotne powiększenie wyodrębnionego fragmentu, za pomocą opcji menu Edit->Resize programu *Image-ProPlus*. Obraz jest niewyraźny.



Zastosowana została operacja zwiększenia jasności oraz kontrastu obrazu za pomocą opcji menu Enhance->Contrast Enhancement z ustawieniami dolnego punktu krzywej na pozycji (80;0), a górnego na pozycji (180;255).



Efekty tej operacji ilustruje zamieszczony obok obraz. Widoczna jest poprawa jasności oraz kontrastu. Zmiany te znacznie poprawiają czytelność obrazu.



Aby dokonać dalszej poprawy czytelności obrazu zastosowana została opcja menu Process->Filters... programu *Image-Pro Plus* z ustawieniami zilustrowanymi obok. Na obrazie zostało przeprowadzona operacja filtracji wyostrzającej, przy zastosowaniu maski filtru *Sharpen* o wymiarach 5 x 5.



Wynikiem tej operacji jest obraz przedstawiony obok. Można zaobserwować znaczną poprawę ostrości obrazu, szczególnie dostrzegalną na fragmentach oznakowania obrazu.

## ROZDZIAŁ 6

### Operacje sąsiedztwa – testowanie masek

Przed przystąpieniem do rozwiązywania problemów i zadań należy zapoznać się z treścią rozdziału 3.3 „Operacje sąsiedztwa” (str. 50-59) ze skryptu „Przetwarzanie Obrazów” Warszawa 2003, oraz z odpowiednimi materiałami z POB zamieszczonymi w zasobach WSISiZ (UBI, Oceanic) w Wykazie Literatury [3,16,17,19].

#### Problem 6.1.

Operacje sąsiedztwa – testowanie masek.

#### Zadanie 6.1

Wykonać z wykorzystaniem arkusza kalkulacyjnego *Excel* następujące operacje:

- wygładzanie konwolucyjne fragmentu obrazu – z wykorzystaniem maski filtru:

a.

1	1	1
1	1	1
1	1	1

b.

1	1	1
1	8	1
1	1	1

c.

1	2	1
2	4	2
1	2	1

d.

0	1	0
1	4	1
0	1	0

- wygładzania fragmentu obrazu medianą o otoczeniu:

- a. 3x3,      b. 5x5,      c. 3x5      d. 5x3

- wyostrzanie fragmentu obrazu – z wykorzystaniem operatora Laplace'a i jego modyfikacji:

a.

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

b.

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

c.

1	-2	1
-2	4	-2
1	-2	1

d.

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

Zamieścić obie formy obliczeń przed i po skalowaniu. Zamienić wyniki obliczeń na obraz. Wyniki przedstawić w formie obrazów oraz wartości tablic (powiadającej zapisowi szarooodcieniowej bitmapy) wraz z odpowiednimi komentarzami.

#### Zadanie 6.2

Na wybranym obrazie przeprowadzić filtracje: filtrem wygładzającym 3x3, a następnie filtrem wyostrzającym 3x3. Porównać obraz źródłowy z obrazem po obu operacjach. Zinterpretować różnice. Pamiętając, że operacja splotu jako operacja liniowa jest łączna, wyliczyć wartości współczynników filtru wykonującego obie operacje jednocześnie. Porównać obraz wynikowy uzyskany po zastosowaniu nowego filtru z obrazem uzyskanym w dwuetapowym przebiegu filtracji. Wyznaczyć liczbę operacji (dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie) wykonywanych przy filtracji dwu i jednoetapowej.

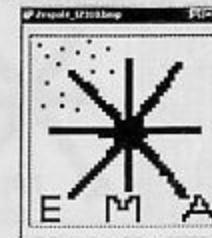
#### Przykłady rozwiązania

##### Zadanie 6.1

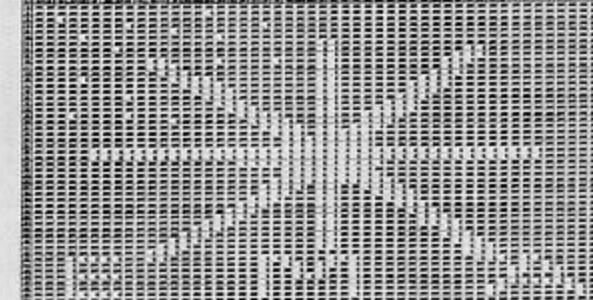
###### Kolejność wykonywanego zadania:

1. Poniższy obraz (o rozmiarze 50x50) został utworzony w programie *BmpExc.exe*.
2. Następnie został przeniesiony do arkusza kalkulacyjnego *Excel* z programu *BmpExc.exe* operacją: Export to Excel -> Export do Excela
3. W arkuszu kalkulacyjnym *Excel* został poddawany filtracji.
4. Po czym otrzymane wyniki zostały zapamiętywane jako zbiory formatu \*.csv.
5. Zbiory, otwierane w programie *BmpExc.exe*, zamieniane były na obraz, dzięki czemu mogliśmy obejrzeć wyniki filtracji.

###### Obraz podstawowy



E M A



## Filtry wygładzające:

Zastosowano kolejne maski filtracji:

a) maska, została zapisana pod adresami:

1	1	1
1	1	1
1	1	1

AZ1 BA1 BB1

AZ2 BA2 BB2

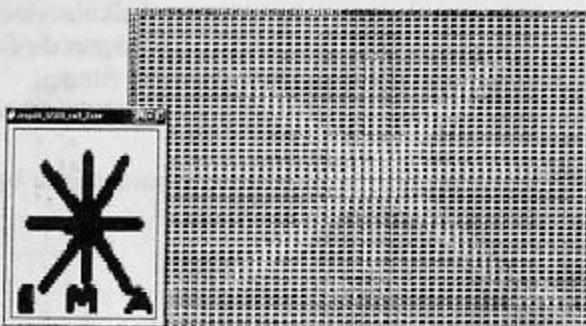
AZ3 BA3 BB3

Wówczas formula licząca konwolucję z obrazem zapisanym w arkuszu od adresu A1 wygląda następująco:

```
BF2=ZAOKR.DO.CALK((A1 *$AZ$1 +B1 *$BA$1 +C1 *$BB$1  
+A2*$AZ$2+B2*$BA$2+C2*$BB$2+A3*$AZ$3+B3*$BA$3  
+C3*$BB$3)/9)
```

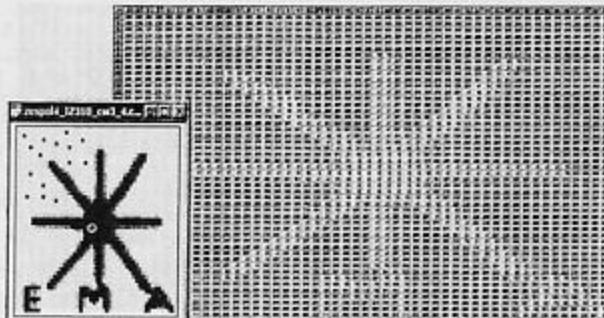
dodatkowe ustawienia dla skrajnych krawędzi obrazka zastosowano metodę, która mówi: „wszystkie piksele skrajnych kolumn zostają bez zmian”.

Otrzymano obraz wynikowy:



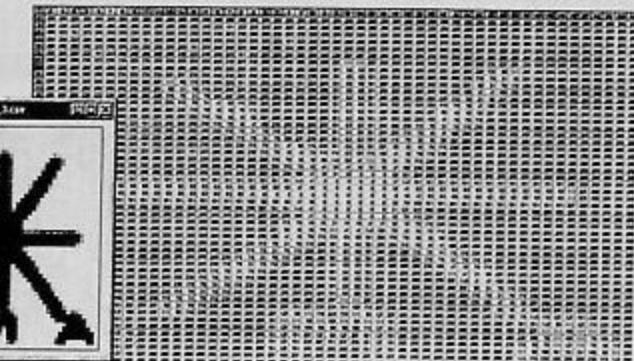
b) maska

1	1	1
1	8	1
1	1	1



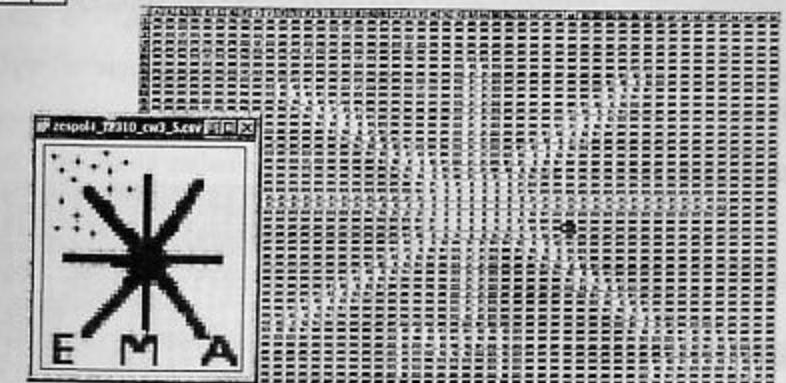
c) maska

1	2	1
2	4	2
1	2	1



d) maska

0	1	0
1	4	1
0	1	0



W powyższych przykładach operacje filtracji dolnoprzepustowej - to operacie wygładzania. Wyraźnie widać rozmycie krawędzi. Napisy się rozmyły. Krawędzie się rozmyły, zajmują teraz większy obszar i są łagodniejsze. Szum się zmniejszył, wyrównał i rozmył.

Porównując różne maski - można zaobserwować, że najbardziej rozmyte krawędzie wprowadza maska a) natomiast maski b) i d) rozmywają krawędzie w dużo mniejszym stopniu i szумy są również bardziej widoczne.

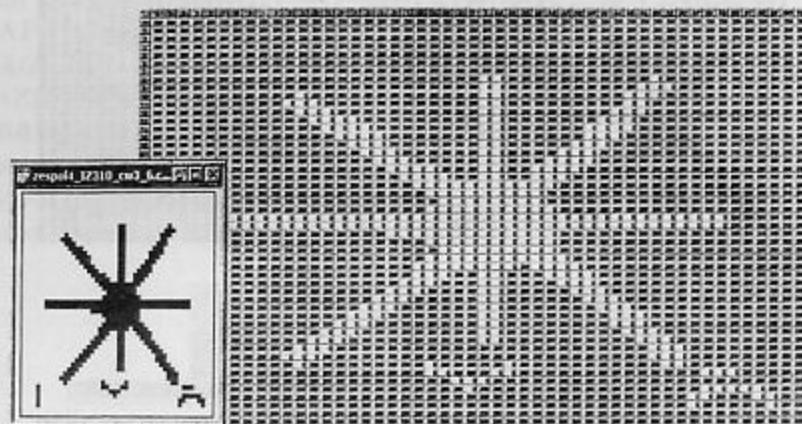
## Filtracja medianową (nieliniowa).

Poniżej przedstawiono efekty użycia filtru medianowego dla różnych otoczeń. Zastosowano funkcję - MEDIANA:

a) mediana 3x3

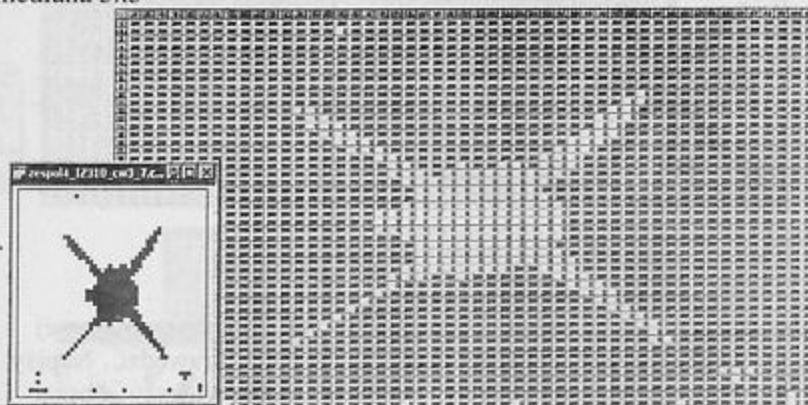
formuła arkusza kalkulacyjnego Excel:

$BF2=MEDIANA(A1:C3)$  - (3 wiersze, 3 kolumny).



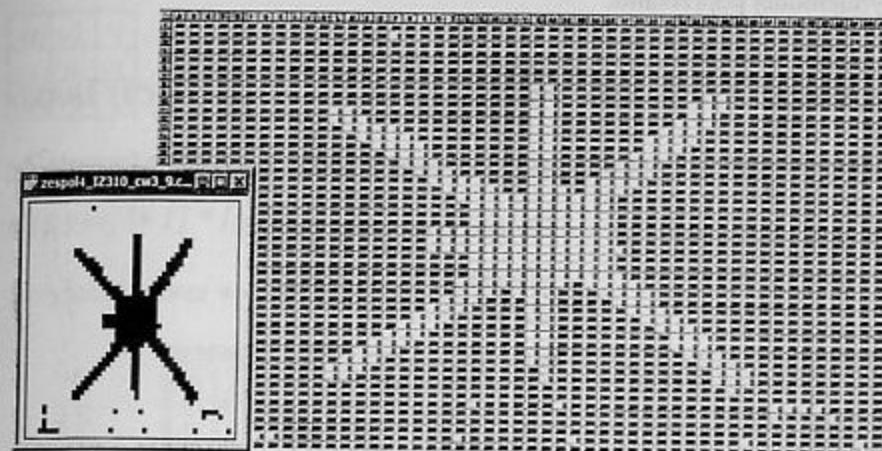
Wnioski: Widoczny jest brak szumów, które zostały usunięte w wyniku filtracji medianowej.

b) mediana 5x5



Zastosowana mediana usunęła poziome i pionowe krawędzie oraz szumy.  
Uwagi: czarne piksele na skrajach obrazu są wynikiem powtórzenia 2 skrajnych wierszy i kolumn z obrazu podstawowego.

d) mediana 5x3



Mediana usuwa szumy, małe fragmenty obiektów znikają. Wyrównywanie szumu w obrazie następuje kosztem zmiany kształtów obiektów. Jak widać na przykładach w zależności od rodzaju mediany mogą zostać usunięte krawędzie: poziome, pionowe, lub skośne. Wyraźnie widać powiększenie obiektu tu - środek słoneczka. Mediana nie rozmywa krawędzi, ale czasem je deformuje.

## Filtry - wyostrzające

Filtracja ta ma za zadanie wzmacnienie i uwypuklenie krawędzi. W zadaniu został zastosowany operator Laplace'a.

Przetwarzanie obrazu następuje w 2 krokach:

1. obraz pierwotny został przetworzony z wykorzystaniem odpowiedniej maski laplasjanowej,
2. następnie poddany został operacji skalowania w celu sprowadzenia przetworzonych wartości do pikseli o wartości [0, M-1].

## Operatory Laplace'a

- a) maska wykorzystująca operator Laplace'a:

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	1

Uzyskanie tabeli wyników następuje według formuły analogicznej do wymienionej poprzednio:

$$BF2 == (A1 * \$AZ\$1 + B1 * \$BA\$1 + C1 * \$BB\$1 \\ + A2 * \$AZ\$2 + B2 * \$BA\$2 + C2 * \$BB\$2 + A3 * \$AZ\$3 + B3 * \$BA\$3 + C3 * \$BB\$3)$$

Natomiast etap skalowania wartości opisany wzorem 1. realizuje формуłę 2.

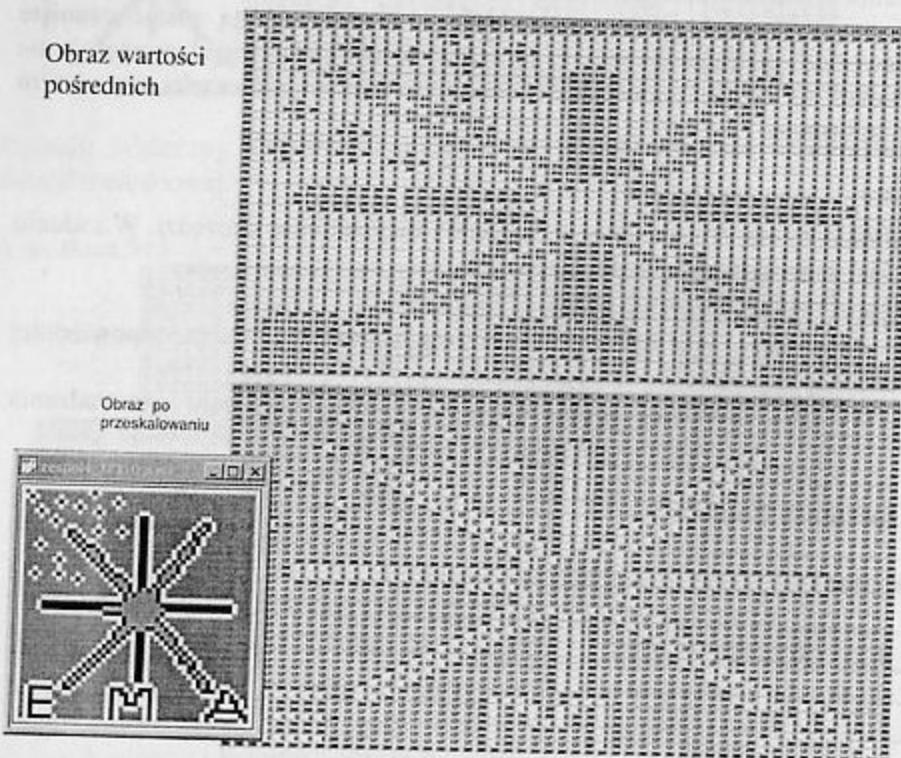
$$g'(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{dla } g(x,y) < 0 \\ E(M-1)/2 & \text{dla } g(x,y) = 0 \\ M-1 & \text{dla } g(x,y) > 0 \end{cases}$$

gdzie:

$g'(x,y)$  - wartości pikseli obrazu wynikowego,  
 $g(x,y)$  - wartości pikseli obrazu pierwotnego,  
 $M$  - ilość poziomów szarości w obrazie,  
 $E$  - część całkowita ułamka.

2.  $DH2 = JEŻELI(BF2 < 0; 0; JEŻELI(BF2 = 0; 127; 255))$

Obraz wartości pośrednich



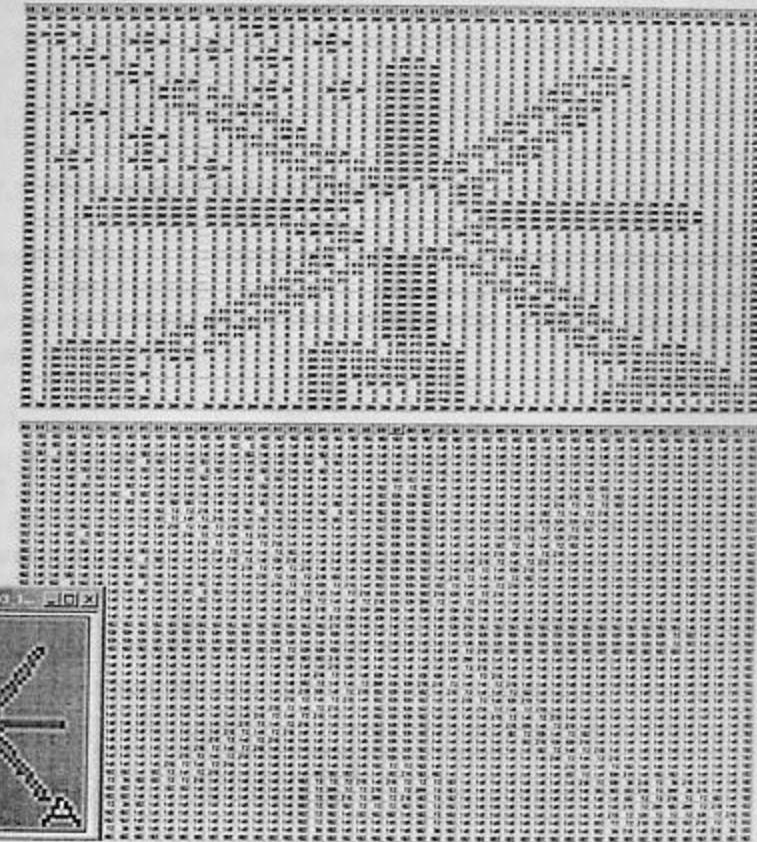
b) maska operatora Laplace'a:

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	1

Natomiast, jeżeli zastosujemy skalowanie według wzoru:

$$g'(x,y) = [M-1] * [((g(x,y)-g(x,y)_{min}) / ((g(x,y)_{max}-g(x,y)_{min}))]$$

otrzymamy obraz wynikowy, przedstawiony poniżej.



Użycie filtru wykorzystującego operator Laplace'a powoduje wyostrzenie obrazu. Po przekształceniu - krawędzie są wyraźniejsze - krańce obszaru

jasnego są rozjaśnione, obszaru ciemnego pociemnione. Skok między obszarem obiektu i tła jest podwyższony. Niestety przy tej operacji wzmocnione są także szумy. Przy zastosowaniu skalowania metodą trójwartościową (przykład a) mamy efekt czarno-białej krawędzi na szarym tle, mamy obrazy o jednolitym tle i dobrze widocznych obiektach. Ta metoda pozwala nam wyróżniać obiekty.

Dla równomiernej metody skalowania (przykład b) mamy odcień szarości od [0, M-1] i równomierne przeskalowanie wszystkich pikseli obrazu.

## ROZDZIAŁ 7

### Operacje sąsiedztwa – detekcja krawędzi

Przed przystąpieniem do rozwiązywania problemów i zadań należy zapoznać się z treścią rozdziału 4: „Detekcja krawędzi i elementy segmentacji” (str. 64-72) ze skryptu „Przetwarzanie Obrazów”, Warszawa 2003, oraz z odpowiednimi materiałami z POB, zamieszczonymi w zasobach WSISiZ (UBI, Oceanic) i w Wykazie Literatury [2, 3, 8, 16, 19].

#### Problem 7.1 Operatory i filtry krawędziujące

Na wybranych obrazach - naturalnym (np. *2kom.tif*) oraz sztucznym (np. *mapa.bmp*), wykorzystując programy wymienione w instrukcji do realizowanego ćwiczenia, przeprowadzić operacje detekcji krawędzi i porównać obrazy pierwotne i wynikowe.

#### Zadanie 7.1

Korzystając z obrazu przekazanego do arkusza kalkulacyjnego *Excel* w zadaniu 6.1 (Rozdz.6 w niniejszym skrypcie), wyliczyć wartości operatorów Roberts'a i Sobela (można korzystać ze wzorów uproszczonych, tzn. sumy wartości bezwzględnych). Następnie porównać pary obrazów: pierwotny-wynikowy i oba obrazy wynikowe między sobą, korzystając z odpowiedniej jednopunktowej operacji dwuargumentowej oraz z histogramów. Wszystkie obrazy pośrednie i wynikowe przenieść do programu wymienionego w instrukcji do realizowanego ćwiczenia i utworzyć galerię. Porównać oba operatory pod względem: czułości na wykrywanie krawędzi, odporności na szum, czytelności (wyrazistości) obrazów wynikowych.

#### Zadanie 7.2

Na wybranym fragmencie dowolnego obrazu (max 300x300) przeprowadzić operacje: a) operatorem Sobela, b) jednym z filtrów kierunkowych wchodzących w skład operatora Sobela. Na podstawie wyników obu operacji utworzyć 2 pary obrazów: *pierwotny – wynikowy*. Następnie, ze wszystkich obrazów, wyciąć analogicznie położone małe okna (np. 10x10, 20x20 itp.) i przedstawić ich zapis w postaci tablicy liczb, odpowiadającej

zapisowi szaroodecieniowej bitmapy. Narysować i porównać przebieg analogicznie położonych linii profili w obrazie pierwotnym i po obu operacjach (na podstawie wartości liczbowych pikseli odczytanych z tablic). Następnie dokonać próby identyfikacji metody (metod) skalowania, zastosowanej przy skalowaniu wyników działania operatora Sobela i filtru kierunkowego w zastosowanym programie. Dla ułatwienia identyfikacji metody skalowania można skorzystać z wyników i procedury obliczeniowej, stworzonej przy rozwiązywaniu Zadania 7.1.

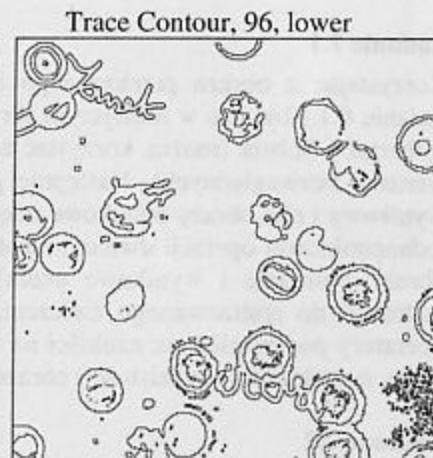
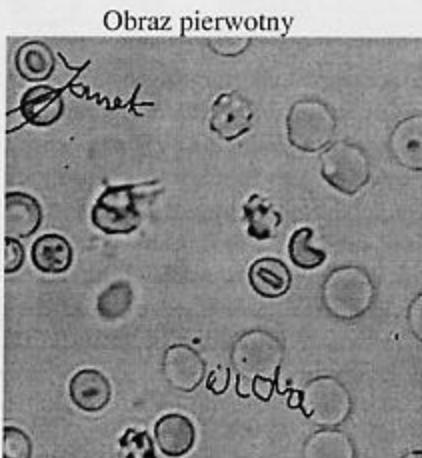
### Zadanie 7.3

Na wybranym fragmencie obrazu (np. *schody8.bmp*) przeprowadzić operacje kierunkowej detekcji krawędzi przy pomocy: operatorów Prewitta i Kirscha oraz filtru rzeźbiącego w dwóch z ośmiu możliwych kierunków (W, E, N, NW, NE, S, SW, SE). Kierunki należy dobrąć tak, aby jeden był prostopadły a drugi równoległy do wybranej krawędzi. Porównać uzyskane wyniki przez wizualizację różnicy oraz przez zestawienie tablic wartości i linii profilu (tak, jak w Zadaniu 7.2).

### Przykłady rozwiązań

#### Problem 7.1 Operatory i filtry krawędziujące

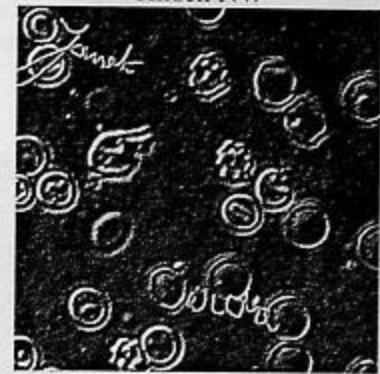
- a) *Corel Photo Paint*



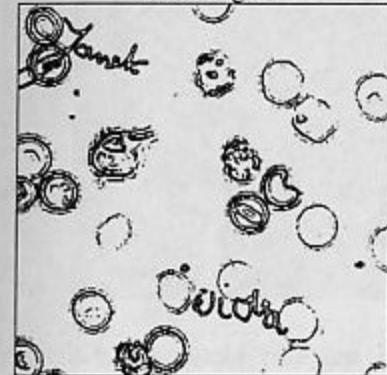
Prewitt NW



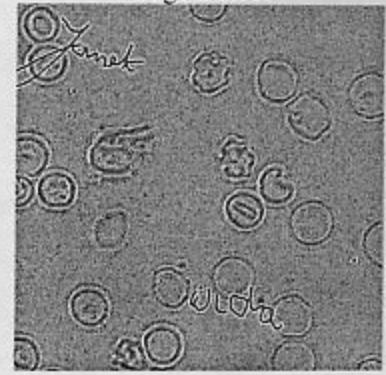
Kirsch NW



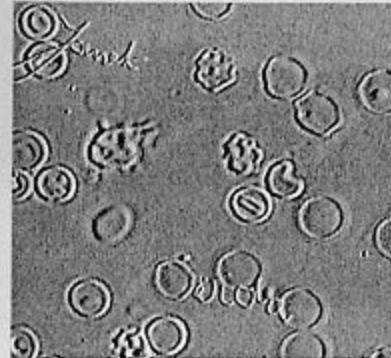
Find Edges



Edge Detect

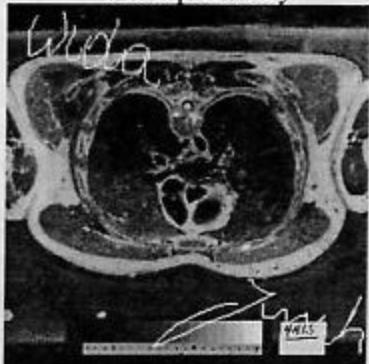


Emboss



b) program *Filtры*

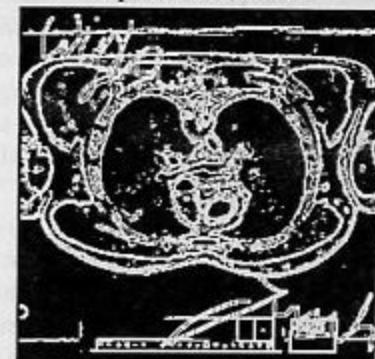
Obraz pierwotny



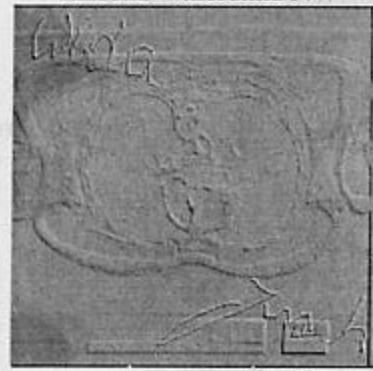
Obraz po zastosowaniu maski  
Prewitta w kierunku NW



Obraz po operacji detekcji krawędzi  
operatorem Sobela



Obraz po zastosowaniu maski  
Kirscha w kierunku NW



Dla filtrów Prewitta i Kirscha wybrano ten sam kierunek działania i otrzymano trochę inny efekt końcowy. Program *Filtры* przeprowadza filtrację za pomocą filtrów Kirscha i Prewitta na każdym z trzech kanałów koloru oddzielnie. Rozbieżność w kolorze tła jest wynikiem różnego ustawienia koloru w wyniku innych przesunięć intensywności przy działaniu filtrami o różnych współczynnikach na te same informacje o intensywności czerwieni, zieleni i niebieskiego w obrazie pierwotnym.

Natomiast rozjaśnienia i przyciemnienia wokół krawędzi występują dla obydwu filtrów w tych samych miejscach, choć nie są jednakowej intensywności. Miejsce występowania jest zależne od kierunku filtru, który był jednakowy dla obu filtrów kierunkowych, a intensywność oznaczenia krawędzi zależy od współczynników, które są różne dla obu filtrów. Dla filtru Kirscha, którego współczynniki mają większe wartości, siła uwypuklania lub wklęsłości krawędzi jest większa niż dla filtru kierunkowego Prewitta.

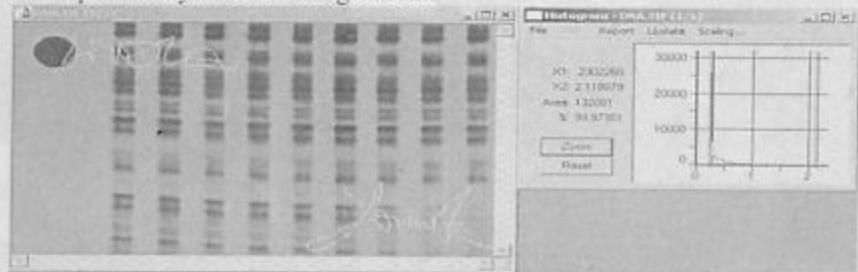
c) program *FiltrMil*:



Górny lewy obraz to wynik działania filtru kierunkowego Prewitta w kierunku wschodnim (E), a prawy -filtru kierunkowego Kirscha w tym samym kierunku. Natomiast dolny lewy to wynik działania filtru Prewitta w kierunku południowym (S), a prawy Kirscha w tym samym kierunku. Program *FiltrMil* działa na wspólnym kanale szarooodcieniowym i dlatego kolory tła są w każdym przypadku identyczne.

d) program *ImageProPlus 4.1*.

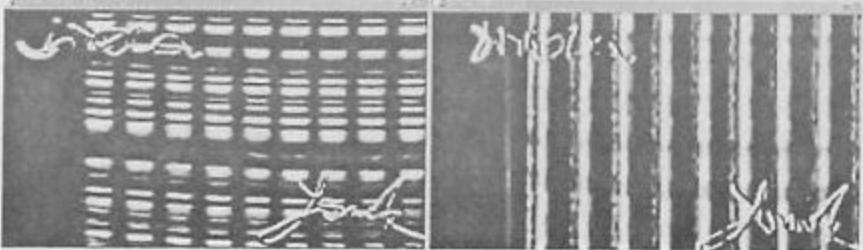
Obraz pierwotny wraz z histogramem:



Obraz po zastosowaniu operatora Sobela i Roberta (obrazy zostały rozjaśnione w celu uwidocznienia rezultatów w sposób na wydruku):



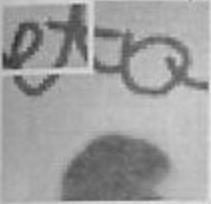
Obraz po zastosowaniu maski kierunkowej poziomej (Horizontal) i pionowej (Vertical):



### Zadanie 7.1

#### Fragment macierzy (0,0)-(20,20)

Obraz pierwotny



153	153	154	157	154	152	152	150	148	148	149	147	149	150	145	142	97	7	1	53
153	151	154	156	153	148	152	151	154	143	148	144	145	149	142	142	80	7	1	59
153	152	152	154	150	154	149	151	146	153	148	150	147	140	143	141	65	2	0	63
154	154	152	152	152	144	153	142	145	148	138	139	149	142	144	127	45	4	8	67
154	154	153	150	135	82	75	94	128	149	145	69	103	125	130	104	30	0	1	69
151	152	152	137	42	9	3	15	53	119	65	1	16	41	52	44	9	0	3	53
152	154	150	91	22	23	44	20	4	87	137	49	15	7	8	5	0	2	5	15
156	153	137	54	10	49	124	82	5	45	129	135	101	83	68	30	1	11	0	1
158	147	117	26	18	93	153	77	11	46	123	145	145	143	118	47	5	33	8	24
158	150	82	12	44	124	145	63	2	52	134	145	149	144	109	27	14	54	18	24
145	140	47	11	67	146	101	25	9	70	144	151	142	144	84	12	23	83	26	12
105	111	40	16	94	114	29	9	32	132	144	150	134	141	57	2	40	116	53	2
20	74	25	19	58	31	8	25	112	146	150	143	136	124	37	5	67	132	94	20
0	26	17	8	3	0	39	108	142	146	147	141	145	92	16	18	100	135	127	63
3	12	4	0	28	44	113	149	147	145	145	145	138	54	3	43	127	136	137	121
54	27	8	7	50	135	137	154	148	145	147	143	100	24	15	53	130	138	137	137
133	111	45	4	89	146	154	147	142	151	144	135	60	9	39	119	134	140	137	135
148	139	77	10	42	127	151	149	150	146	148	91	30	17	75	140	142	136	141	138
144	144	103	17	19	96	147	143	149	148	120	37	12	43	121	135	143	141	140	141
143	150	136	49	0	28	126	142	141	120	33	2	25	98	149	144	138	149	141	146

#### Fragment macierzy (0,0)-(20,20)

Obraz po zastosowaniu operatora Roberts'a



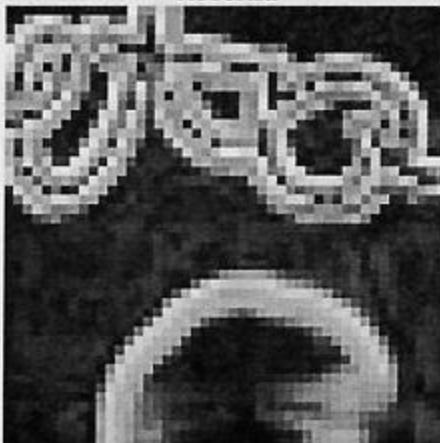
2	4	5	6	7	4	3	7	11	6	6	7	5	12	3	107	163	12	110	158
3	3	4	7	3	3	3	8	4	10	6	8	7	8	2	138	136	8	121	145
3	2	2	4	8	6	9	10	10	15	21	9	14	5	19	158	104	10	122	134
0	3	3	19	79	140	126	65	24	14	75	116	63	31	43	156	71	11	127	125
5	3	18	110	186	145	151	154	105	110	148	155	171	162	138	109	39	4	118	118
3	4	74	164	32	55	46	44	149	49	152	47	35	78	83	48	7	6	60	106
3	20	142	113	40	106	122	73	123	134	82	172	162	136	85	34	12	6	19	42
14	46	174	52	114	135	138	123	75	161	26	54	104	110	109	71	38	36	31	67
19	98	161	24	155	81	158	127	85	159	33	4	7	60	153	55	68	61	22	95
23	161	106	88	159	24	158	77	111	156	18	5	7	95	154	6	100	93	8	130
89	164	60	134	99	130	96	7	161	86	13	25	11	144	127	49	136	120	65	94
122	120	30	117	119	110	7	110	134	20	1	23	15	171	87	100	141	101	125	21
80	58	19	66	86	14	116	121	38	5	13	7	65	163	30	144	100	46	138	63
35	27	21	21	67	118	115	46	4	3	6	3	137	127	42	166	44	11	80	144
66	27	11	69	115	115	53	8	5	2	4	50	160	60	108	137	11	2	18	116
163	121	42	108	162	28	10	13	6	5	13	118	127	21	148	68	8	4	2	30
43	128	108	97	162	32	9	10	5	5	66	136	54	88	145	29	4	2	7	10
9	103	153	34	162	76	10	7	5	26	140	86	18	136	29	10	8	4	2	8
7	55	173	47	105	149	22	9	36	115	122	22	104	128	96	4	9	9	6	4
13	14	128	129	13	127	149	122	157	112	22	89	128	54	4	14	16	10	2	2

Fragment macierzy (0,0)-(20,20)

Obraz po zastosowaniu operatora Sobela  
  
 (skalowanie metodą 3)

4	17	12	22	5	3	4	16	11	6	7	11	27	25	252	255	255	211	255	255
5	8	12	18	8	12	28	22	12	24	17	12	17	26	255	255	248	237	255	255
8	6	29	135	240	255	208	119	29	135	210	191	87	92	255	255	172	255	255	255
7	30	202	255	255	255	255	255	226	255	255	255	255	255	255	255	112	255	255	255
5	116	255	255	255	196	255	255	255	255	255	255	255	255	255	250	42	193	255	255
23	255	255	206	255	223	252	255	214	255	255	185	80	127	71	11	83	255	255	255
90	255	255	11	255	255	255	30	255	242	255	255	255	255	99	70	48	117	100	100
186	255	255	255	255	142	255	90	255	255	79	176	246	255	255	68	117	117	225	255
255	255	163	255	255	255	255	32	255	255	58	11	168	255	255	122	136	158	239	255
255	255	58	255	134	255	255	219	255	255	5	36	244	255	246	255	186	255	165	255
255	255	161	255	255	255	21	255	255	139	39	59	255	255	67	255	217	255	77	255
255	255	167	255	255	10	255	255	239	13	40	102	255	255	136	255	196	255	255	156
166	160	94	80	147	255	255	255	53	15	25	217	255	255	255	255	143	255	255	179
54	64	80	255	255	255	255	60	4	7	75	255	255	37	255	255	70	141	255	255
255	243	159	255	255	232	54	18	6	20	209	255	255	240	255	242	21	28	207	255
255	255	86	255	255	45	15	4	5	101	255	255	85	255	255	114	8	11	48	253
255	255	134	255	255	114	14	7	38	255	255	205	255	255	39	14	13	21	54	54
177	255	255	255	255	255	51	53	243	255	255	38	255	255	127	15	22	21	17	5
76	255	255	66	255	255	255	255	255	70	255	255	252	54	23	17	20	8	5	5
7	212	255	255	80	255	255	255	255	41	255	255	255	71	14	22	7	10	9	19

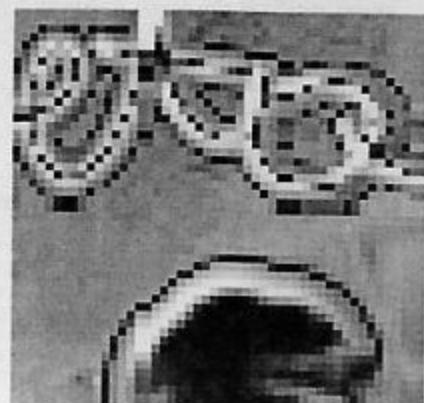
Obraz różnicy bezwzględnej między obrazami wynikowymi po zastosowaniu operatorów Sobela i Robertsa



Różnica bezwzględna między obrazami pierwotnym i wynikiem po zastosowaniu operatora Robertsa

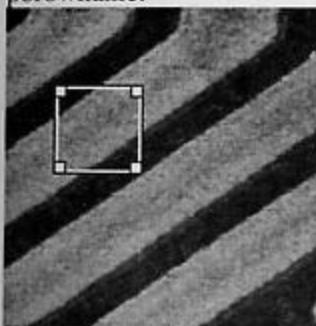


Różnica bezwzględna między obrazami pierwotnym i wynikiem działania operatora Sobela

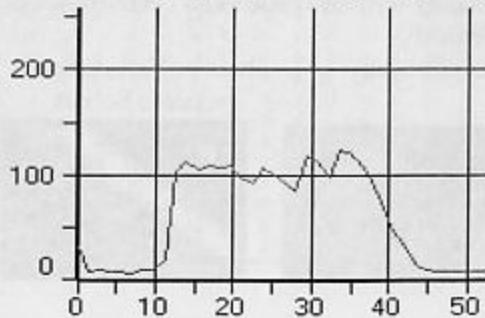


### Zadanie 7.2

Wybrany obraz z oznaczonym fragmentem, na którym przeprowadzono porównanie:



Obraz pierwotny i linia profilu wzdłuż przekątnej od prawego górnego rogu:





W wyniku przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że w użytym oprogramowaniu zastosowano następującą metodę skalowania:

$$Y = \begin{cases} 0 \text{ dla } M \in (0,99) \\ 255 \text{ dla } M \in (100,255) \end{cases}$$

Wartość operatora Sobela została policzona za pomocą następującej formuły:

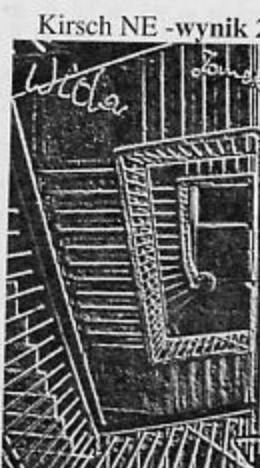
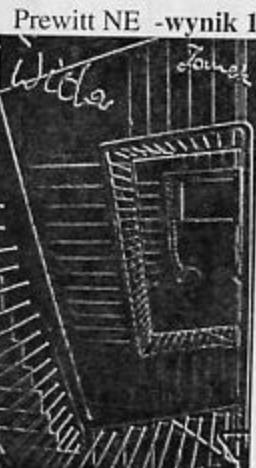
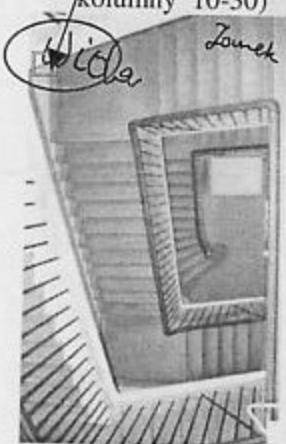
```
=ZAOKR.DO.CAŁK(PIERWIASTEK
(POTĘGA(SUMA.ILOCZYNÓW(maska Sobel GX;otoczenie piksla);2)
+POTĘGA(SUMA.ILOCZYNÓW(maska Sobel GY;otoczenie piksla);2)))
```

Jest to skalowanie dwuwartościowe z progiem, analogiczne do progowania. Zwykle stosowane są inne metody skalowania np. skalowanie rozciągające wartości obrazu wynikowego na pełny zakres poziomów szarości dostępny w tego typu obrazie.

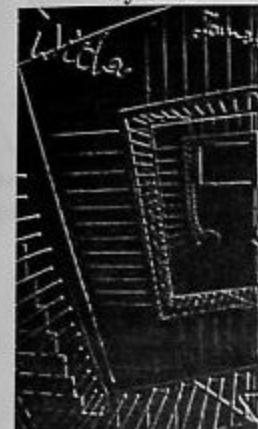
### Zadanie 7.3

Do rozwiązania zadania wykorzystano program *Corel Photo Paint*.

Obraz pierwotny z zaznaczonym fragmentem (wiersze 60-80, kolumny 10-30)



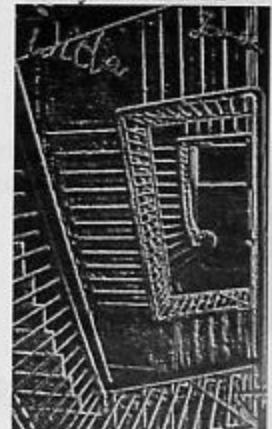
Rzeźbiący - Emboss NE  
(depth 1 level 500  
background black)  
-wynik 3



Różnica między wynikami 3 i 2



Różnica między wynikami 1 i 2



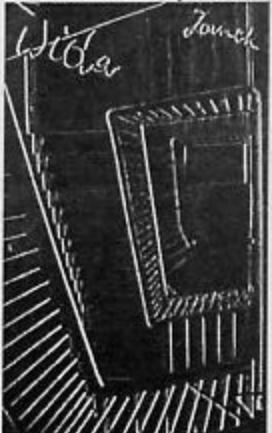
Rzeźbiący - Emboss W  
-wynik 4



Kirsch W -wynik 5



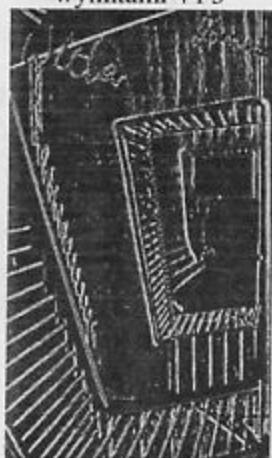
Prewitt W -wynik 6



Różnica między wynikami 4 i 6 (wynik rozjaśniony)



Różnica między wynikami 4 i 5



Różnica między wynikami 6 i 5



Fragmenty obrazu: kolumny 60-80 i wiersze 10-30 w postaci obrazów Rzeźbiący - Emboss

Obraz oryginalny



Rzeźbiący - Emboss NE



Rzeźbiący - Emboss W



Kirsch NE



Kirsch W



Prewitt NE



Prewitt W



Analogiczne fragmenty obrazu: kolumny 60-80 i wiersze 10-30, w postaci tabel z zaznaczonymi kolumnami, wzdłuż których poniżej porównywane są przebiegi linii profili.

Obraz oryginalny

247	246	246	246	246	246	246	209	0	0	0	209	246	246	245	245	246	245	245	245
246	246	246	246	246	246	246	171	0	0	0	186	246	246	245	245	245	245	245	245
247	246	246	246	246	245	226	56	0	0	56	226	245	246	245	245	245	245	245	225
246	246	246	246	246	246	186	0	0	0	158	246	245	245	245	245	245	245	245	209
247	246	246	246	246	246	226	56	0	0	56	226	245	245	245	245	244	225	170	56
246	246	246	245	246	246	245	171	0	0	0	171	245	244	223	170	56	0	0	0
246	246	246	245	246	246	246	226	56	0	0	56	190	168	56	0	0	0	0	0
246	246	245	245	245	245	245	245	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
246	245	245	246	244	244	245	242	220	56	0	0	0	0	0	0	0	66	74	81
245	245	245	244	242	241	235	222	192	133	0	0	0	0	0	0	85	122	107	88
245	244	242	238	229	206	174	144	121	112	103	90	103	102	128	150	165	140	103	113
241	233	215	182	154	130	119	118	121	124	132	139	150	163	173	181	193	160	121	123
197	163	135	121	120	120	121	130	144	152	163	173	178	186	193	197	197	166	116	116
126	121	121	123	130	139	148	158	168	178	186	193	193	198	198	197	197	164	110	112
123	129	138	147	158	165	177	186	193	193	197	197	197	198	198	197	202	166	112	113
144	158	168	178	186	193	193	193	198	198	198	203	198	202	198	198	203	169	112	119
174	181	193	193	193	202	197	197	198	202	198	198	202	203	198	202	206	166	112	121
193	198	198	198	202	203	203	198	198	198	202	198	202	202	198	197	203	169	123	123
203	203	203	198	203	198	202	198	198	198	202	198	203	203	203	202	203	169	123	113
203	203	198	198	203	198	203	203	203	202	198	198	198	206	203	202	197	206	169	116

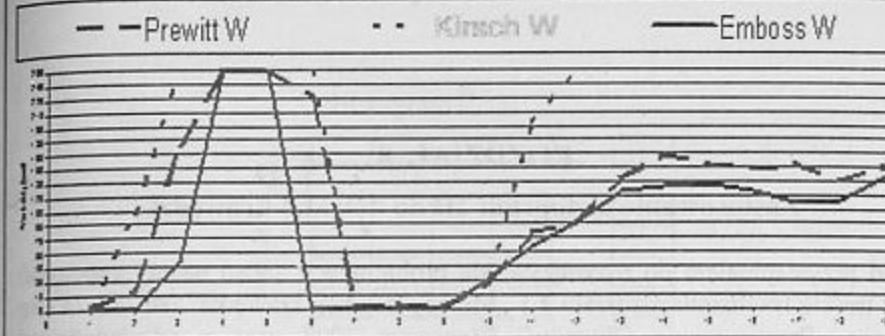


Prewitt NE

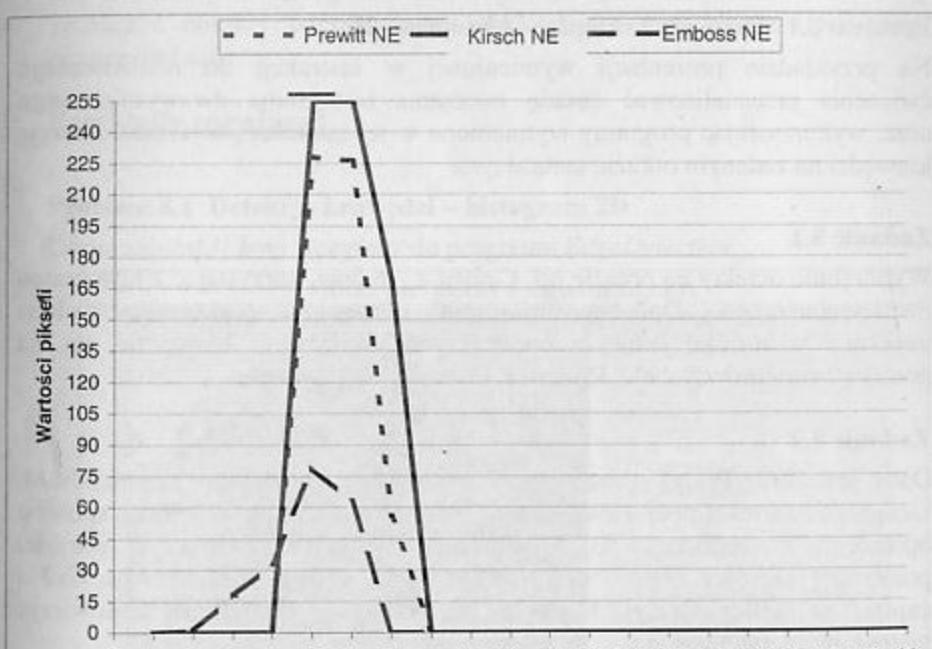
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	255	255	37	0	0	2	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	56	255	255	44	0	0	1	1	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	115	214	255	10	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	255	255	85	0	1	0	0	0	0	0	255
0	0	0	1	1	0	0	0	0	214	255	255	93	0	0	0	0	134	228	209
0	1	0	3	2	0	0	0	0	255	255	221	0	0	151	255	255	226	56	56
0	0	0	2	1	0	0	0	0	227	255	255	242	255	255	226	56	56	18	18
0	0	2	0	1	5	0	0	0	0	246	255	255	224	56	66	8	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85	37	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	6	23	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	31	86	157	192	158	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	14	66	148	192	195	163	98	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
113	175	199	180	111	43	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
199	134	59	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	6	0	0	11	0	0	5
0	0	0	0	0	0	0	3	12	0	5	5	0	0	15	0	0	0	0	0
0	0	0	9	0	13	2	0	0	4	0	17	0	0	0	1	0	0	0	31
1	0	0	15	0	0	0	0	0	9	17	0	0	0	24	0	0	0	0	21

Prewitt W

0	2	0	0	0	0	0	173	255	255	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	
3	2	0	0	1	19	255	255	255	0	0	0	0	2	3	0	1	0	21	56	
0	1	0	0	1	82	255	255	227	0	0	0	0	0	2	0	0	36	173	135	
1	2	0	0	1	99	255	255	112	0	0	0	0	1	2	19	54	130	255	255	
0	1	1	0	0	81	255	255	227	0	0	0	0	21	53	114	95	166	255	255	
0	1	2	1	0	21	255	255	255	0	0	0	0	81	98	147	255	255	226	56	
0	1	2	0	0	0	93	255	255	226	0	0	0	64	255	255	226	56	0	0	
0	1	2	2	1	0	23	255	255	255	0	0	78	255	224	56	0	0	3	0	
0	3	1	1	4	4	11	126	255	255	189	0	0	0	0	0	34	0	0	0	
2	3	3	13	26	29	32	63	255	255	255	90	91	77	0	0	0	14	26	0	
6	19	34	27	25	56	99	146	186	232	66	0	0	0	0	0	0	155	80	0	
33	32	46	84	126	155	121	66	27	4	0	0	0	0	0	0	0	38	201	91	0
65	121	157	130	81	45	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81	232	138	1
143	102	53	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	255	163	4
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	89	255	153	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	98	255	148	0	0	
0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	3	1	0	6	10	0	87	255	152	0	
0	0	0	0	0	0	3	7	0	0	0	0	0	10	12	0	100	251	136	0	
0	0	0	0	0	5	2	15	9	0	0	0	0	7	6	0	92	250	151	9	
0	5	25	0	0	10	0	0	6	5	0	0	0	7	18	0	80	255	175	0	



Linia profilu poprowadzona przez 18 kolumnę każdego fragmentu będącego wynikiem działania badanych filtrów w kierunku W.



Linia profilu poprowadzona przez 18 kolumnę każdego fragmentu będącego wynikiem działania badanych filtrów w kierunku NE.

## ROZDZIAŁ 8

### Zastosowanie histogram 2D do detekcji krawędzi

Przed przystąpieniem do rozwiązywania problemów i zadań należy zapoznać się z treścią fragmentu rozdziału 4.1 „Metody detekcji krawędzi” (str. 72-74) ze skryptu „Przetwarzanie Obrazów” Warszawa 2003 oraz z odpowiednimi materiałami z POB zamieszczonymi w zasobach WSISiZ (UBI, Oceanic) i w Wykazie Literatury [8, 19].

#### Problem 8.1 Detekcja krawędzi – histogram 2D

Na przykładzie prezentacji wymienionej w instrukcji do realizowanego ćwiczenia przeanalizować zasadę tworzenia histogramu dwuwymiarowego oraz, wykorzystując programy wymienione w tej instrukcji, wykonać detekcję krawędzi na zadanym obrazie naturalnym.

#### Zadanie 8.1

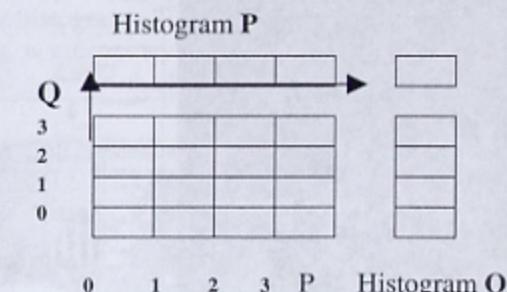
Wyodrębnić obiekty na obrazie np. *Colordot\_16.bmp*, korzystając z histogramu dwuwymiarowego. Do skonstruowania histogramu wykorzystać obraz uzyskany w wyniku jednej z operacji wykrywających krawędzie, np. za pomocą operatorów Sobela, Robertsa, Prewitta lub Laplace'a.

#### Zadanie 8.2

Dany jest obraz  $P(x,y)$  o rozmiarze  $N=5 \times 6$  i ilości poziomów szarości  $M=4$ . Uzupełnić wartości poziomów szarości oznaczonych przez  $x$  według sposobu opisanego w instrukcji do realizowanego ćwiczenia. Obliczyć wartości poziomów szarości obrazu po przefiltrowaniu filtrem medianowym  $3 \times 3$  i zapisać w tablicy  $Q(x,y)$ . Następnie na podstawie obu obrazów utworzyć histogram dwuwymiarowy.

P(x,y)					
0	0	0	0	0	0
0	x	0	x	3	
0	0	0	3	3	
0	x	0	3	3	
0	3	3	x	3	
3	3	3	3	3	

Q(x,y)					



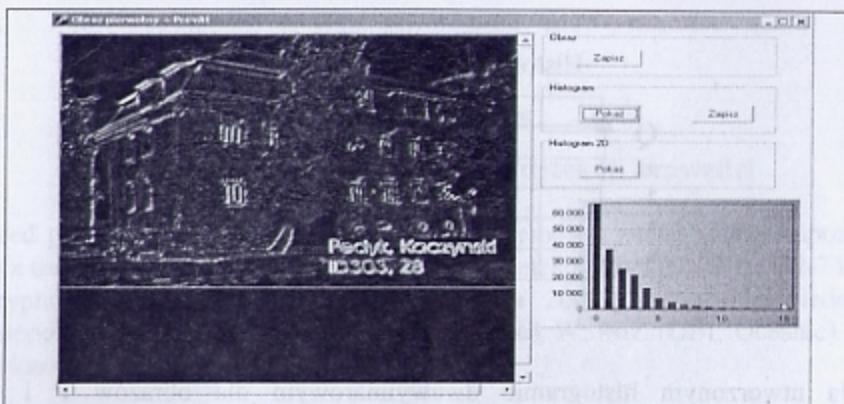
Na utworzonym histogramie dwuwymiarowym dla obrazów  $P$  i  $Q$  zaznaczyć obszary odpowiadające zakłóceniom typu pieprz i sól (ang. pepper and salt).

#### Przykłady rozwiązań

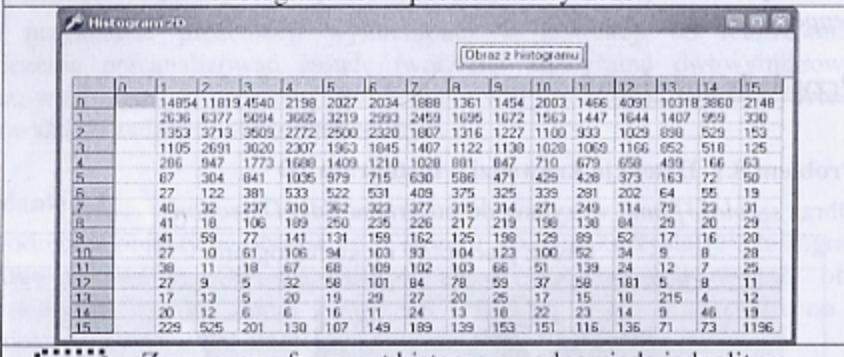
#### Problem 8.1 Detekcja krawędzi – histogram 2D

Obraz *szkola[3].bmp* wczytany do programu *EdgeDetection*.

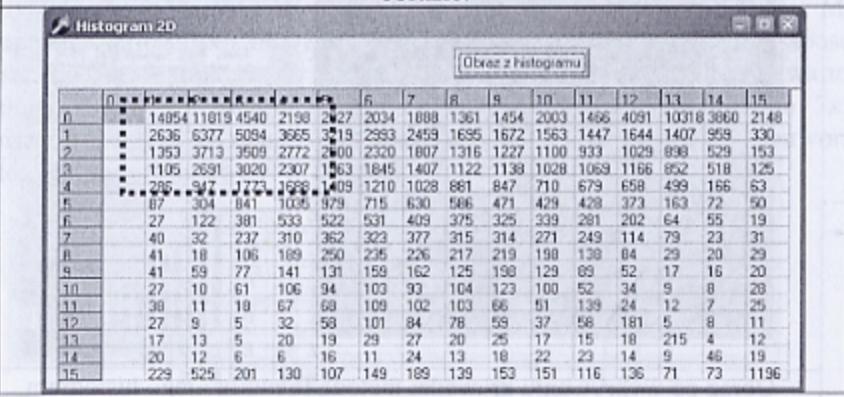




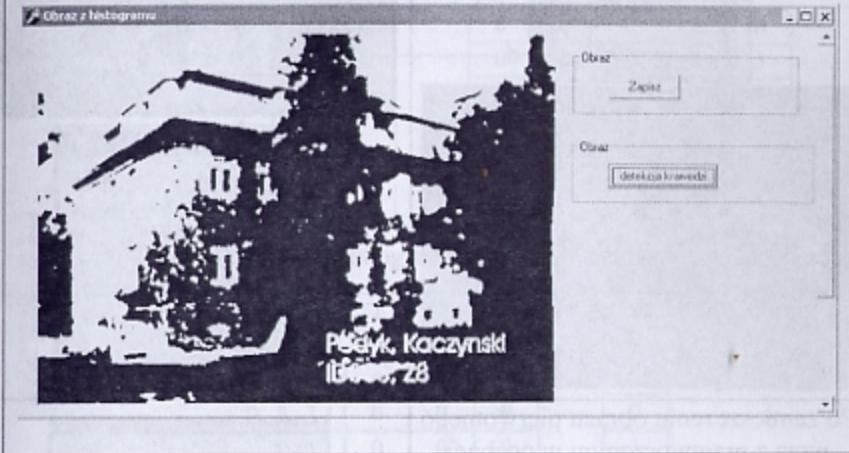
Histogram 2D w postaci tablicy liczb.



Zaznaczony fragment histogramu odpowiada jednolitym ciemnym fragmentom obrazu pierwotnego widocznym na następnym obrazie.

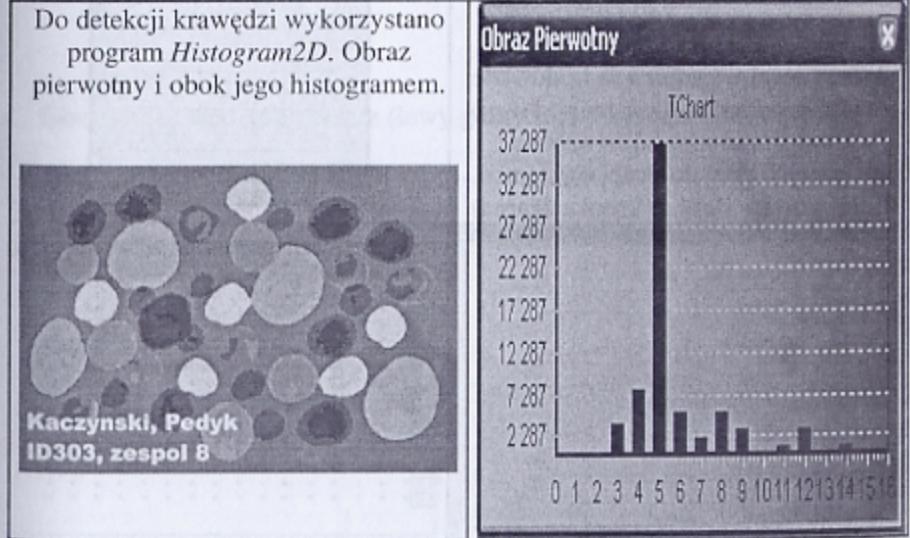


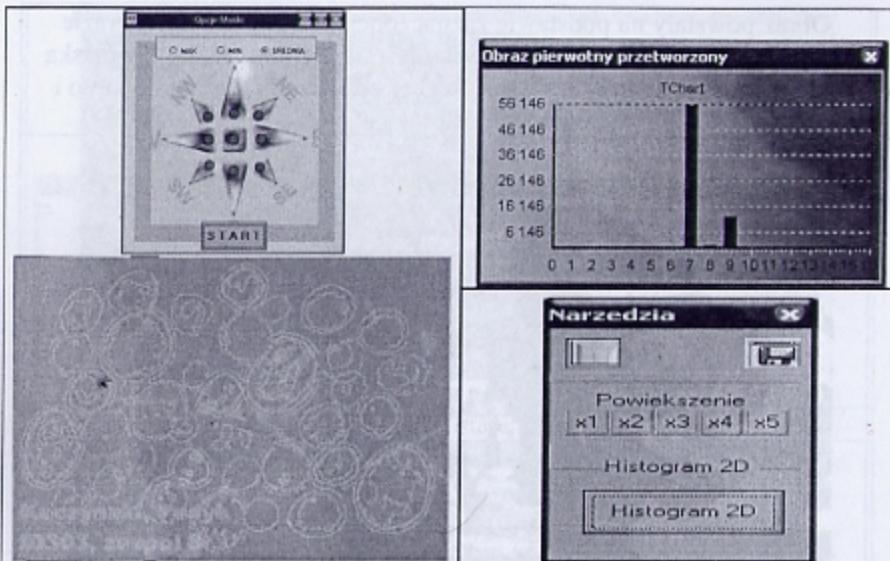
Obraz powstały na podstawie zaznaczonego na poprzednim obrazie fragmentu z histogramu 2D. Rezultat jest obraz binarny, zwany maską odwróconą, w którym wybrane obiekty zaznaczono na czarno, a tło i obiekty nieistotne na biało.



### Zadanie 8.1

Do detekcji krawędzi wykorzystano program *Histogram2D*. Obraz pierwotny i obok jego histogramem.

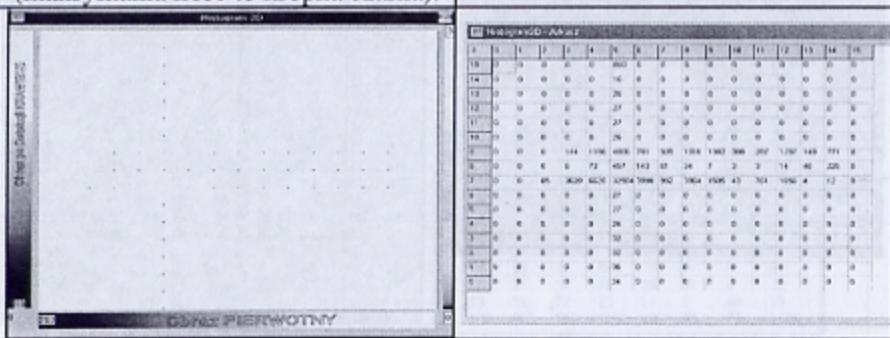




Po zamieszczeniu obrazu pierwotnego wraz z przetworzonym w osobnej przestrzeni roboczej program stworzył tabelę reprezentującą histogram 2D

(poniżej po prawej) i graficzną reprezentację tego histogramu, w której ilości wystąpień są kodowane za pomocą kropek (poniżej po lewej).

Jasności kropek są odwrotnie proporcjonalne do ilości wystąpień. (maksymalna ilość to kropka czarna).



### Zadanie 8.2

$P(x,y)$  o  $N=5 \times 6$ ,  $M=4$

$Q(x,y)$  – po filtracji medianowej  $3 \times 3$  z wartościami brzegowymi, wyliczanymi przez dwukrotne zduplikowanie skrajnych wierszy i kolumn.

0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
0	3	0	1	3		0	0	0	0	3
0	0	0	3	3		0	0	1	3	3
0	2	0	3	3		0	0	2	3	3
0	3	3	0	3		2	3	3	3	3
3	3	3	3	3		3	3	3	3	3

Histogram 2D

Hist: P      14    1    1    14      30

3	1	0	0	13	14
2	1	0	0	0	2
1	1	0	0	0	1
0	10	1	2	1	13

P ->      0    1    2    3  
              ^  
              G  
Hist:

Obszary zakłóceń typu pieprz (lewy górny róg) i sól (prawy dolny róg).

Stanisław i jego opiekun uczeń wiedzą, że obraz ma wiele zakłóceń typu pieprz i sól. W celu usunięcia tych zakłóceń, zostaną zastosowane kolejne kroki: 1) Zastosowanie procedury medianowej do całego obrazu, 2) Wykonanie procedury medianowej do obszaru pieprzu (lewy górny róg), 3) Wykonanie procedury medianowej do obszaru soli (prawy dolny róg). W celu zapisania zmienionego obrazu, należy skorzystać z funkcji `zapisz`.

## ROZDZIAŁ 9

### Metody analizy otoczenia, przekształcenia morfologiczne

Przed przystąpieniem do rozwiązywania problemów i zadań należy zapoznać się z treścią rozdziału 4.2 „Elementy Segmentacji” (str. 75, 76) ze skryptu „Przetwarzanie Obrazów” Warszawa 2003, oraz z odpowiednimi materiałami z POB zamieszczonymi w zasobach WSISiZ (UBI, Oceanic) i w Wykazie Literatury [2,3,19].

#### Problem 9.1 Przekształcenia morfologiczne

Na obrazach: szaroocieniowym np. *Spor.tif* i binarnym zawierającym tekst np. „P Q T” oraz oznakowanie (w formie inicjałów zapisanych czcionką – np. 72 piksle) przeprowadzić negacje połowy obrazu. Następnie wykonać, z wykorzystaniem programu wymienionego w instrukcji załączonej do realizowanego ćwiczenia, następujące przekształcenia morfologiczne:

- ❖ erozja (Erode)
- ❖ dylatacja (Dilate)
- ❖ otwarcie (Open (Erode+ Dilate))
- ❖ zamknięcie (Close (Dilate+ Erode))
- ❖ detekcja ekstremów (Top-hat)
- ❖ szkieletyzacja (Thinning)
- ❖ obcinanie gałęzi i czyszczenia (Branch/End, Pruning)

Sporządzić galerię obrazów pierwotny - wynikowy dla każdej z powyższych operacji i zestawić różnice i podobieństwa w rezultatach różnych operacji na obrazie i jego negatywie.

Na utworzonym obrazie wykonać operacje erozji i dylatacji z zastosowaniem wszystkich zamieszczonych w programie elementów strukturalnych.

#### Zadanie 9.1

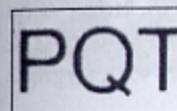
Na fragmencie obrazu np. *Spor.tif* przeprowadzić segmentację (z wykorzystaniem operatora progowania o zadanej wartości progu). Na tak przygotowanym obrazie źródłowym wykonać szkieletyzację obiektów oraz odpowiedzieć na pytanie, jakim obiektem obrazu pierwotnego odpowiadają kształty szkieletów przedstawionych na obrazie wynikowym.

#### Zadanie 9.2

Na fragmencie binarnej wersji obrazu np. *Nodules1.tif* (lub po zastosowaniu progowania obrazu w wersji szaroocieniowej) dokonać rozdzielenia połączonych obiektów i wypełnienia otworów.

#### Zadanie 9.3

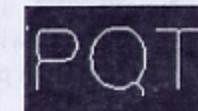
Wygenerowany (według instrukcji zawartej w Problemie 9.1) obraz poddać działaniu operatora negacji. Na otrzymanym obrazie zrealizować tak dobrane przekształcenia morfologiczne wspomagane operacjami jednopunktowymi, aby uzyskać fragmenty obrazów analogiczne do obrazów przedstawionych na rysunkach: Rys1.b, Rys1.c, Rys1.d.



Rys1.a



Rys1.b



Rys1.c



Rys1.d

Podać opis i kolejność wykonywanych przekształceń wraz z odpowiednimi parametrami.

#### Zadanie 9.4

Na obrazie np. *Bracket.tif* wykonać operacje progowania i eliminacji zakłóceń. Następnie, wyznaczyć różnice pomiędzy krawędziowaniem dokonanym z zastosowaniem następujących operacji morfologicznych: wykrycie konturu wewnętrznego i zewnętrznego krawędzi (Well), detekcja ekstremów (Top Hat), obraz po operacji dylatacji (Dilation) minus obraz oryginalny oraz po operacji erozji (Erosion) minus obraz oryginalny.

#### Zadanie 9.5

Na obrazie np. *Gear2.tif* lub jego fragmencie (np. jak na poniższym rysunku) zobrazować i policzyć kolejne zęby koła zębnego z wykorzystaniem odpowiednich procedur zawartych w makrze podanym w instrukcji do realizowanego ćwiczenia, (zawierającym operacje jednopunktowe, sąsiedztwa oraz przekształcenia morfologiczne). Przedstawić galerię obrazów oraz opis i kolejność wykonywanych operacji.

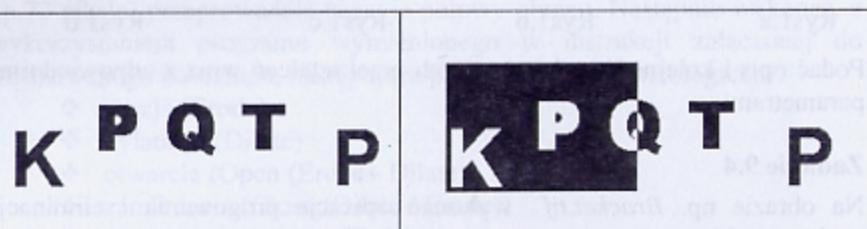
Przykładowy fragment obrazu *Gear2.tif*:



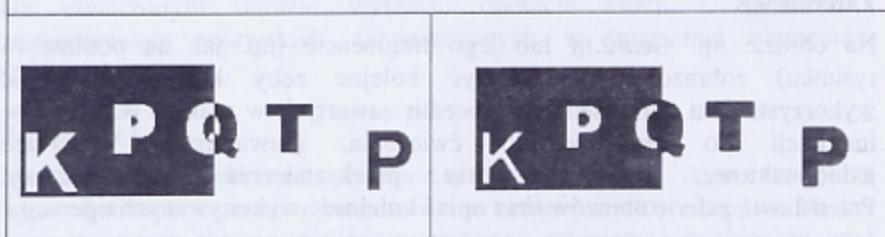
### Przykłady rozwiązań

#### Problem 9.1 Przekształcenia morfologiczne

Do rozwiązania problemu został użyty obraz po lewej, który po przeprowadzeniu na jego lewej połowie operacji negacji (Enhance->Invert Image) przy użyciu programu *ImageProPlus 4.1.*, wygląda jak przedstawiono po prawej.



Efekt operacji erozji (sąsiedztwo: 5x5 okrąg) na zadanym obrazie przedstawiony został poniżej po prawej. Operację tę można opisać jako ekspansję czarnych pikseli na białe. Czarne obiekty na białym tle zwiększyły swoje rozmiary, natomiast czarne tło wtargnęło na powierzchnię wcześniej zajmowaną przez białe obiekty.



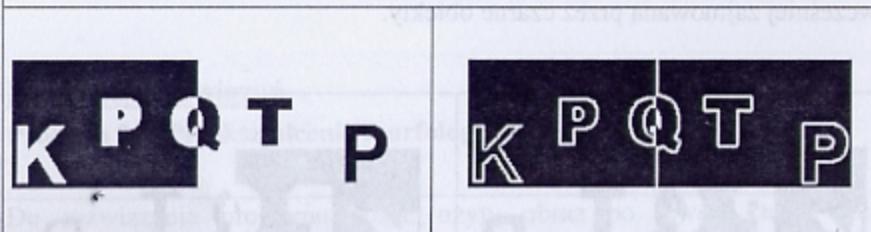
Efekt operacji dylatacji (sąsiedztwo: 5x5 okrąg) na zadanym obrazie przedstawiony został po prawej. Ta operacja jest analogiczna do powyższej, z tą różnicą, że tu piksele białe rozrastają się. Białe obiekty na czarnym tle zwiększyły swoje rozmiary, natomiast białe tło wtargnęło na powierzchnię wcześniej zajmowaną przez czarne obiekty.



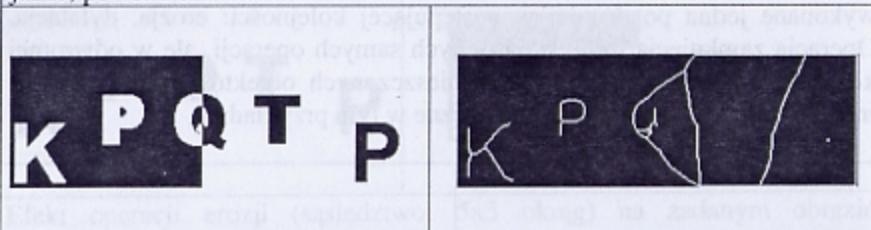
Operacja otwarcia (sąsiedztwo: 5x5 okrąg) obrazu to dwie operacje wykonane jedna po drugiej w następującej kolejności: erozja, dylatacja. Operacja zamknięcia to wykonanie tych samych operacji, ale w odwrotnej kolejności. Rozdzielenie gęsto rozmieszczonych obiektów oraz usuwanie małych czarnych dziur nie jest widoczne w tym przykładzie.



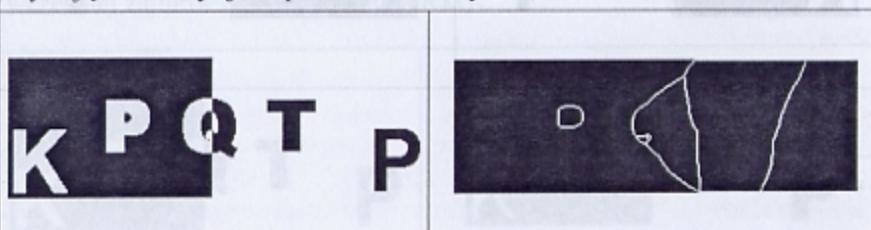
Poniżej przedstawiony jest obraz pierwotny oraz po operacji detekcji ekstremów (sąsiedztwo: 5x5 okrąg, siła 10). Po tej operacji granice między kolorami zostały zaznaczone na biało, natomiast obszary jednolite na czarno.



Obraz po operacji szkieletyzacji (2%) przedstawia się dość osobliwie. Operacja jest tak skonstruowana, aby wykrywać szkielet jasnych obiektów na czarnym tle. Dlatego też w części obrazu, w której litery były jasne otrzymaliśmy szkielet obiektów, natomiast w drugiej części, gdzie tło było jasne, powstał szkielet tła.



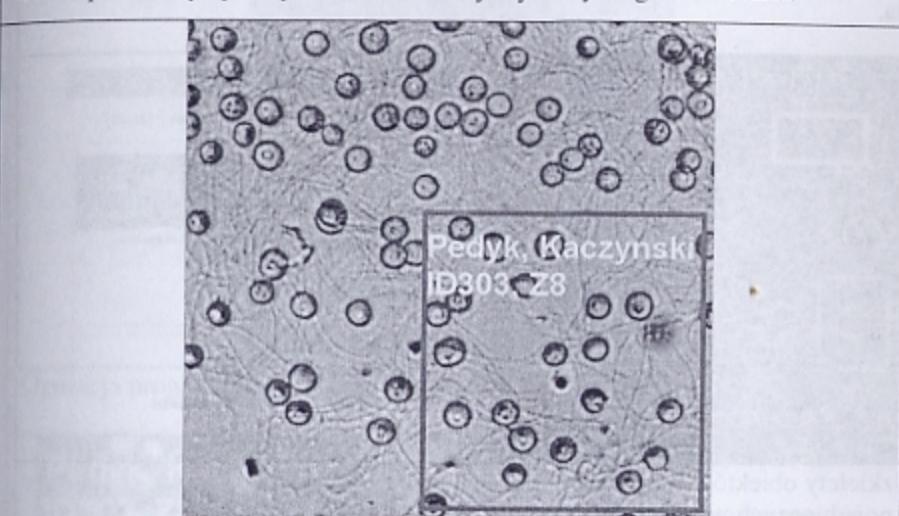
Obraz po operacji Pruning został przedstawiony poniżej. Ta operacja jest rozszerzeniem poprzedniej. Mianowicie ze szkieletów usuwane są wszelkie wystające obiekty (jak np. nóżka od litery „P”).



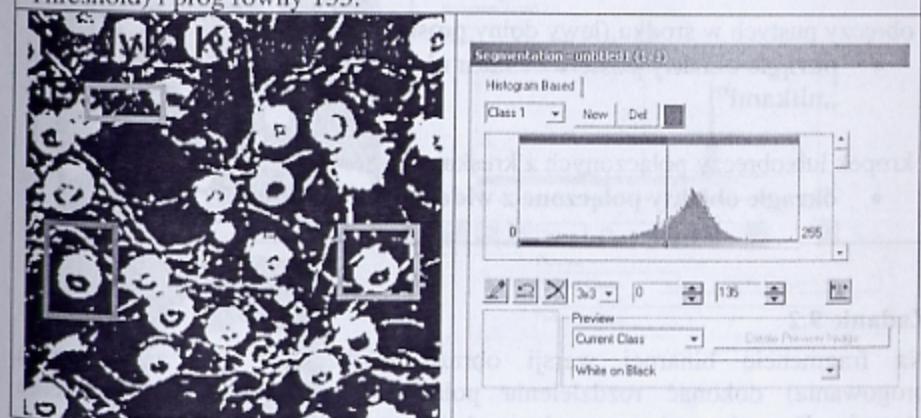
### Zadanie 9.1

Na fragmencie obrazu *Spor.tif* przeprowadzić segmentację (z wykorzystaniem operatora progowania o wartości większej od 100) i szkieletyzację. Do wykonania tego zadania użyto programu *ImageProPlus 4.1*.

Obraz pierwotny *Spor.tif* oraz zaznaczony wybrany fragment obrazu:

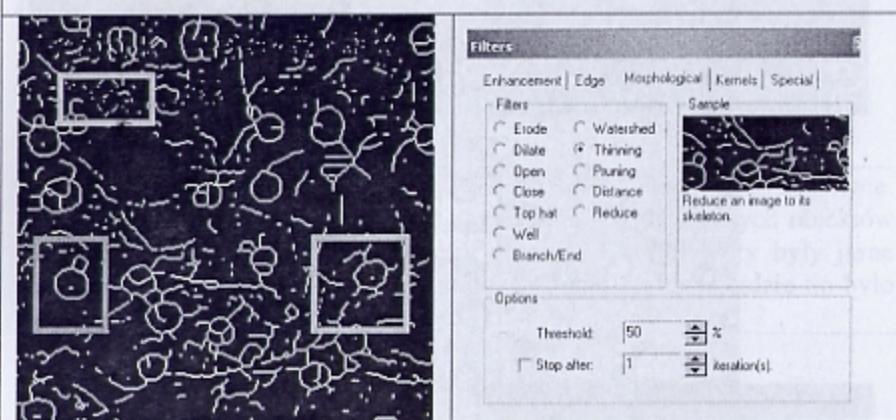


Krok pierwszy. Segmentacja wykorzystująca operację progowania (Process, Threshold) i próg równy 135.



Krok drugi. Operacja morfologiczna Thinning (szkieletyzacja) (Process, Filters, Morphological, Thinning).

Filtr ten redukuje jasny obraz do jego szkieletu. Wartość parametru (Treshold) wpływa na to, czy dany piksel jest częścią obiektu (szkieletu) czy tła.



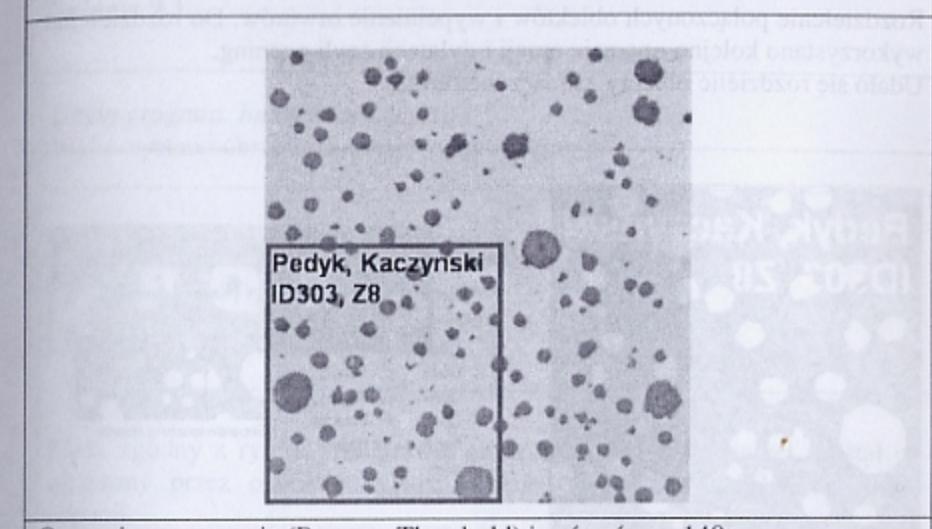
Szkielety obiektów w postaci:

- pojedynczych wypełnionych kropek (lewy górny prostokąt):
  - okrągłe wypełnione obiekty
- obręczy pustych w środku (lewy dolny prostokąt):
  - okrągłe obiekty puste w środku niepołączone z widocznymi „nitkami”
- kropek lub obręczy połączonych z kreskami (prawy prostokąt):
  - okrągłe obiekty połączone z widocznymi „nitkami”

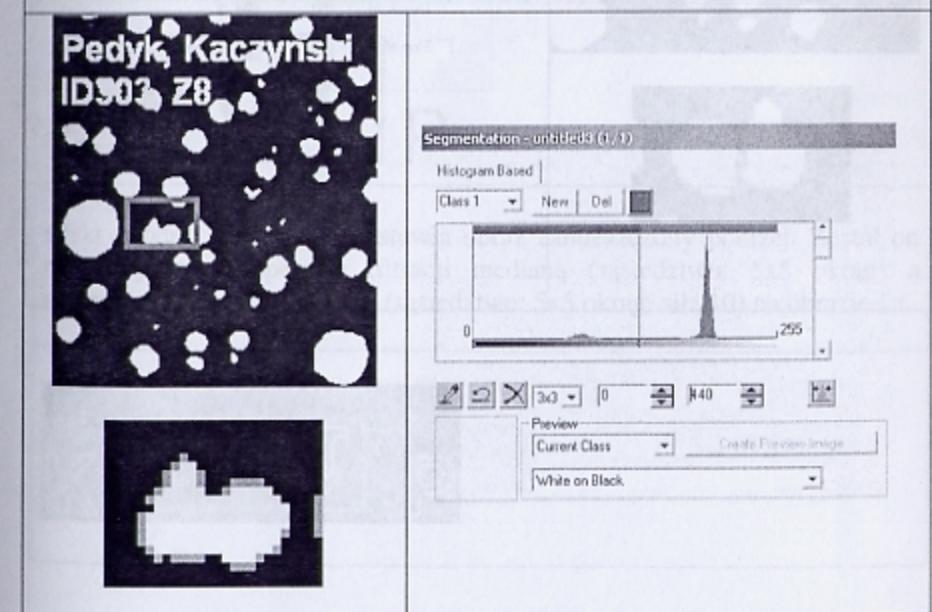
### Zadanie 9.2

Na fragmencie binarnej wersji obrazu *Nodules1.tif* (po zastosowaniu progowania) dokonać rozdzielenia połączonych obiektów i wypełnienia otworów. Do wykonania tego zadania użyto programu *ImageProPlus 4.1*.

Obraz pierwotny *Nodules1.tif* oraz zaznaczony wybrany fragment obrazu:

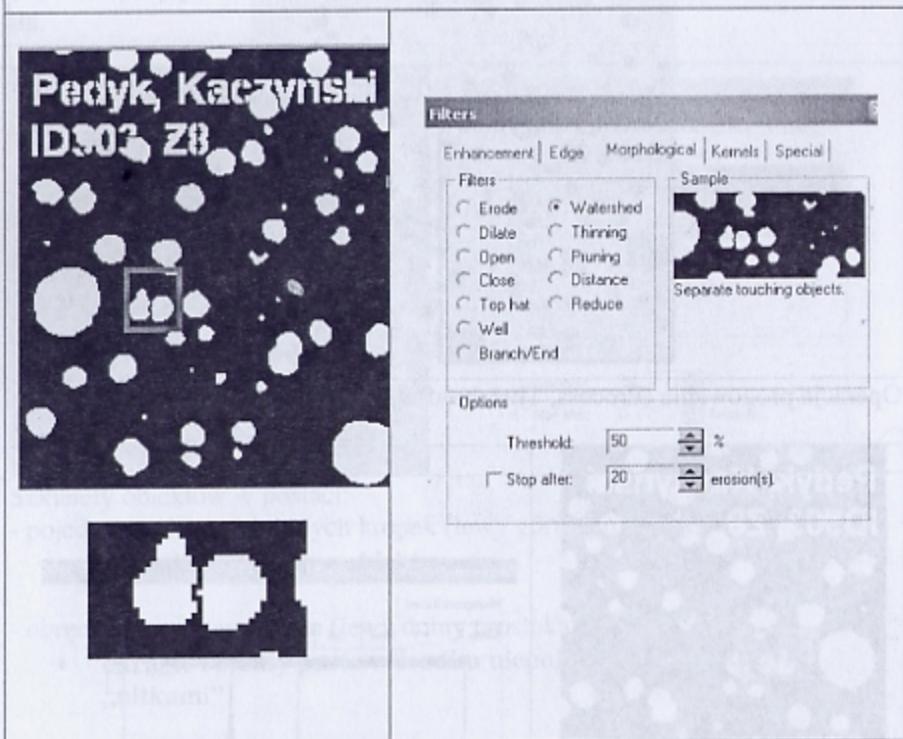


Operacja progowania (Process, Threshold) i próg równy 140:



Rozdzielenie połączonych obiektów i wypełnienie otworów. Do rozdzielenia wykorzystano kolejno operacje erozji i dylatacji czyli opening.

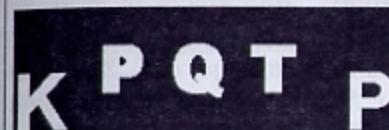
Udało się rozdzielić obiekty zaznaczone ramką:



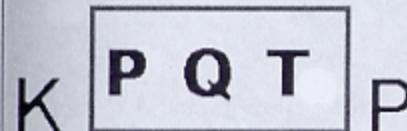
Zadanie 9.2  
Na frakcji białej wersji obrazu (rysunek 1a) wykonać operację dylatacji (sąsiedztwo: 5x5 okrąg) a następnie detekcji ekstremów (sąsiedztwo: 5x5 okrąg, siła 10). Do wykonania tego zadania użyć programu ImageProPlus.

### Zadanie 9.3

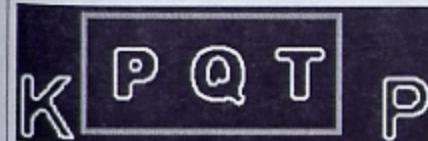
Użyty program: *ImageProPlus 4.1*.  
Wykorzystano obraz przedstawiony poniżej:



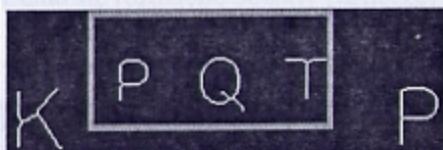
Efekt zgodny z rys.1a przedstawia obraz zamieszczony poniżej. Został on uzyskany przez operacje dylatacji (sąsiedztwo: 5x5 okrąg) a następnie negacji.



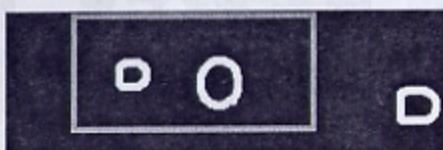
Efekt zgodny z rys.1b przedstawia obraz zamieszczony poniżej. Został on uzyskany przez operację filtracji medianą (sąsiedztwo: 5x5 okrąg) a następnie detekcji ekstremów (sąsiedztwo: 5x5 okrąg, siła 10) na obrazie 1a.



Efekt zgodny z rys.1c przedstawia poniższy obraz. Został on uzyskany poprzez operację erozji (sąsiedztwo: 5x5 okrąg) a następnie szkieletyzację (2%) obrazu 1a.



Efekt zgodny z rys.1d przedstawia obraz zamieszczony poniżej. Został on uzyskany przez operację erozji (sąsiedztwo: 5x5 okrąg), następnie Pruning (sąsiedztwo: 5x5 okrąg) a na koniec dylatacja (sąsiedztwo: 5x5 okrąg) obrazu 1a.

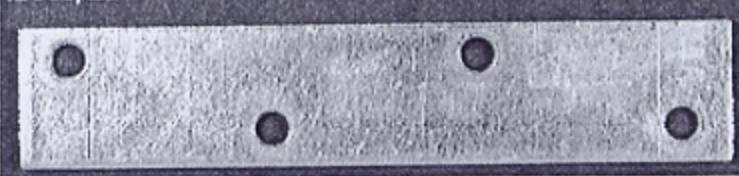


#### Zadanie 9.4

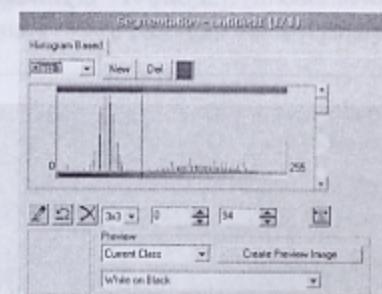
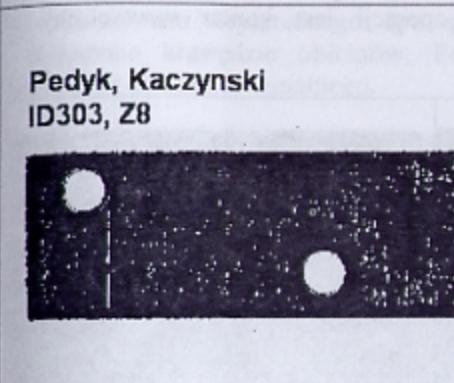
W zadaniu oceniamy różnice między krawędziowaniem dokonanym z zastosowaniem następujących operacji morfologicznych: Well, Top Hat, oraz po operacji Dilation minus obraz oryginalny i po operacji Erosion minus obraz oryginalny. Do wykonania tego zadania użyto programu *ImageProPlus 4.1*.

Obraz pierwotny: *Bracket.tif*

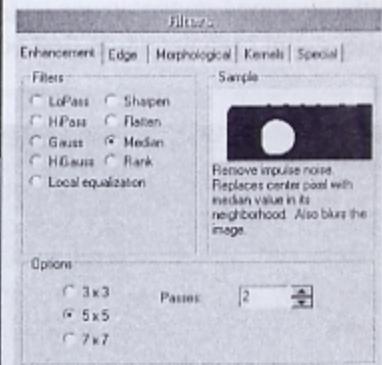
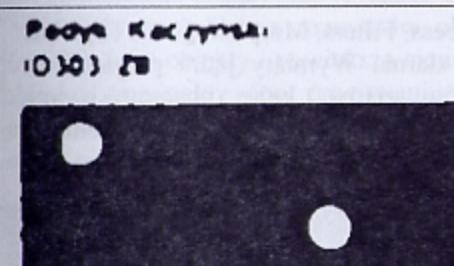
Pedyk, Kaczyński  
ID303, Z8



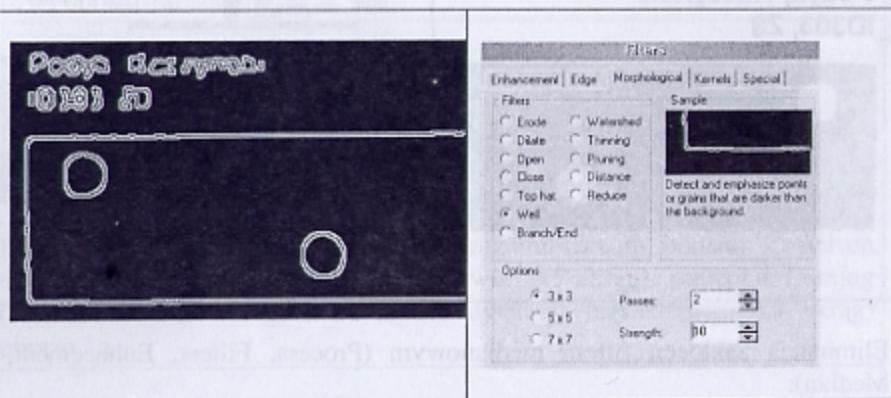
Progowanie (Process, Threshold):



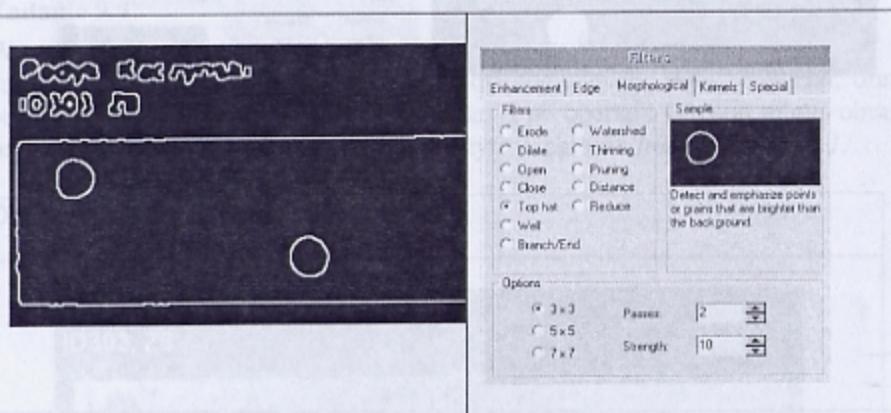
Eliminacja zakłóceń filrem medianowym (Process, Filters, Enhacement, Median):



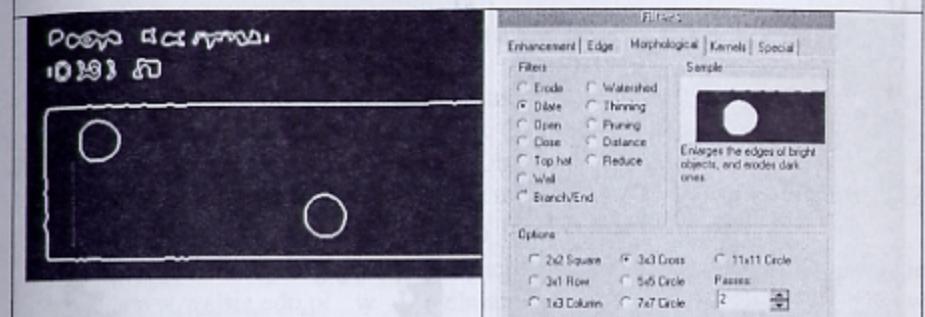
Operacja morfologiczna Well (Process, Filters, Morphological, Well). Wykrywa i uwidacznia punkty lub ziarna, występujące na granicy tła. Wymiary jądra powinny być dobrane odpowiednio do rozmiarów ziarna, które chcemy wykryć. Wynikiem operacji jest kontur wewnętrzny i zewnętrzny krawędzi:



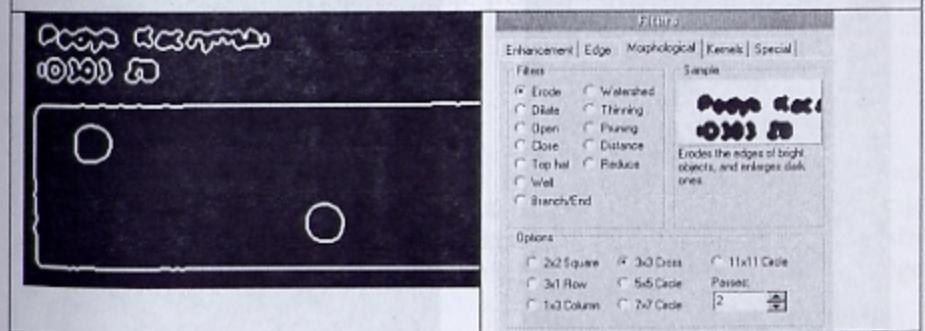
Operacja morfologiczna Top Hat (Process, Filters, Morphological, Top Hat). Wykrywa i uwidacznia punkty lub ziarna. Wymiary jądra powinny być dobrane odpowiednio do rozmiarów ziarna, które chcemy wykryć. Wynikiem operacji jest utworzenie linii krawędzi między jej konturem wewnętrzny i zewnętrznym (jest odwrotnością operacji Well).



Operacja morfologiczna Dilatation minus obraz oryginalny (Process, Filters, Morphological, Dilate) oraz (Process, Operations, Diff.). Następuje modyfikacja rozmiarów obiektów na obrazie. Filtr ten rozszerza (dilate) jasne obiekty i zwęża (erode) ciemne. Odjęcie od tak powstałego obrazu obrazu oryginalnego (po progowaniu i filtracji medianowej) uwidacznia krawędzie obiektów. Powstała krawędź jest wewnętrznym konturem obiektu oryginalnego.



Operacja morfologiczna Erosion minus obraz oryginalny (Process, Filters, Morphological, Erode) oraz (Process, Operations, Diff.). Następuje modyfikacja rozmiarów obiektów na obrazie. Filtr ten zwęża (erode) jasne obiekty i powiększa ciemne. Odjęcie od tak powstałego obrazu obrazu oryginalnego (po progowaniu i filtracji medianowej) uwidacznia krawędzie obiektów. Powstała krawędź jest zewnętrznym konturem obiektu oryginalnego.

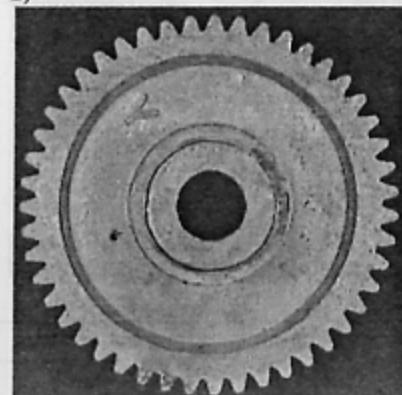


### Zadanie 9.5

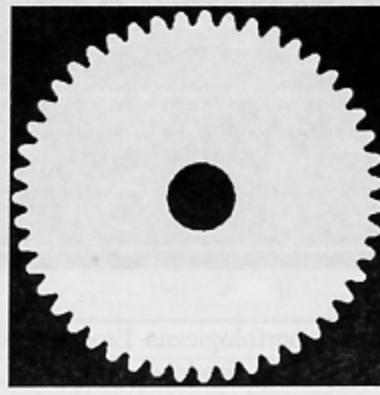
Wykorzystany program: *ImageProPlus 4.1.*

- 1) Obraz pierwotny, 2) Obraz (1) po następujących operacjach: a) progowanie z zachowaniem poziomów szarości, b) nałożenie maski kolorów i zaznaczenie obszaru pikseli o podobnych poziomach szarości, wygładzanie maski, wyczyszczenie obszaru wyznaczonego przez maskę, c) wypełnienie ciemnych obszarów w obiekcie (Close), d) wygładzanie zębów koła (Open)

1)

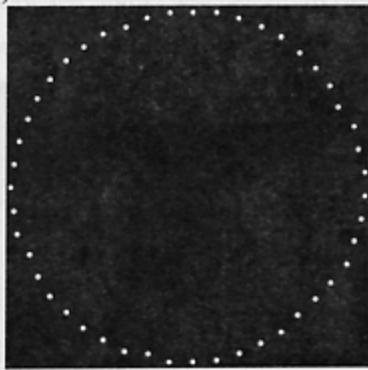


2)

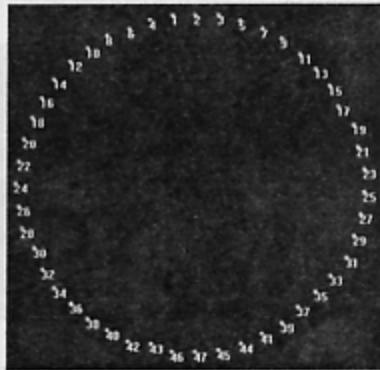


- 3) Obraz (2) po operacjach: a) szkieletyzacja (Thinning), b) wyszukanie zakończeń linii (Endpoints), powiększenie białych obiektów (Dilate), 4) obraz (3) po zliczeniu obiektów – zębów koła zębatego

3)



4)



## ROZDZIAŁ 10

### Modelowanie koloru

Przed przystąpieniem do rozwiązywania postawionych problemów i zadań należy zapoznać się z treścią rozdziału 7.4 „Modelowanie koloru” (str. 178-186) ze skryptu „Przetwarzanie Obrazów” Warszawa 2003, oraz z odpowiednimi materiałami z POB zamieszczonymi w zasobach WSISiZ (UBI, Oceanic) i w Wykazie Literatury [1,12].

(Uwaga: rysunki wymagające prezentacji w kolorze zamieszczone na stronie <http://www.wsisiz.edu.pl> w Uczelnianym Banku Informacji (UBI) w udostępnianych materiałach dydaktycznych prowadzącego wykład z Przetwarzania Obrazów.).

#### Problem 10.1 Modele barw

Przeprowadzenie, z wykorzystaniem programu wymienionego w instrukcji do realizowanego ćwiczenia, iteracyjnego procesu tworzenia zadanej koloru z wykorzystaniem modeli np. RGB, HSV, CMY, LAB. Porównanie położenia wektora obrazującego zadaną barwę w bryłach poszczególnych modeli.

#### Zadanie 10.1

W wybranym obrazie w gradacji poziomów szarości, np. *Falezy.pcx* dokonać zamiany odcieni szarości na barwy (por. prace nad konwersją filmu czarno-białego na kolorowy) korzystając z odpowiednich narzędzi programu wymienionego w instrukcji załączonej do realizowanego ćwiczenia.

Przedstawić parę obrazów pierwotny-wynikowy wraz z odpowiadającymi im legendami poziomów jasności (zakres poziomów szarości – kolor (kolor przedstawiony zarówno w formie 3 liczb RGB jak i w formie wizualnej, np. pokolorowany prostokąt).

Powyższe działania przeprowadzić dla tego samego obrazu po operacji posteryzacji (np. na 6, 8, 12 poziomów szarości)

### Zadanie 10.2

Utworzyć 3 nowe obrazy kolorowe typu 24-Bit RGB color : Red (n, 0, 0), Green (0, n, 0), Blue (0, 0, n), gdzie "n" może być liczbą z zakresu 0 – 255. Dla każdego z tych obrazów przeprowadzić, z wykorzystaniem programu wymienionego w instrukcji załączonej do realizowanego ćwiczenia, konwersję na typ Grayscale. Na podstawie otrzymanych wartości poziomów szarości obliczyć procentowe udziały ( pR, pG, pB) poszczególnych kolorów R,G,B w otrzymanych poziomach szarości.

### Zadanie 10.3

Dla wybranego obrazu kolorowego typu RGB (24-bit) przeprowadzić operację progowania według jednego wybranego progu

- na kanale wspólnym RGB
- na każdym kanale kolorowym oddzielnie

Dla każdego z przypadków utworzyć parę obrazów pierwotny-wynikowy wraz z odpowiednimi histogramami. Wyjaśnić, z podaniem odpowiednich wartości progów, dlaczego obrazy wynikowe otrzymane w punktach a) i b) są różne.

### Przykłady rozwiązań

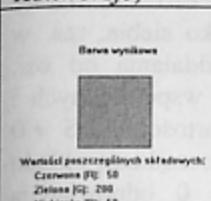
#### Problem 10.1 Modele barw

Modele barw utworzone za pomocą dwóch różnych programów:

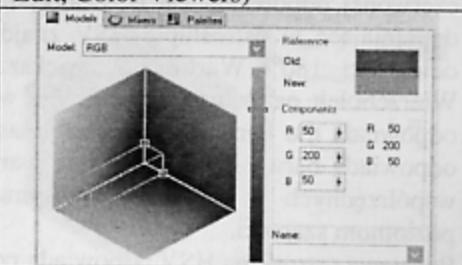
a) ...barwy.exe , b) Corel PhotoPaintII)

Poniżej przedstawiono widok jednego i tego samego koloru (jest to kolor zielony o określonych parametrach) według modelu RGB generowanego przez dwa różne programy.

#### Program Barwy (menu Modele i Konwersje)

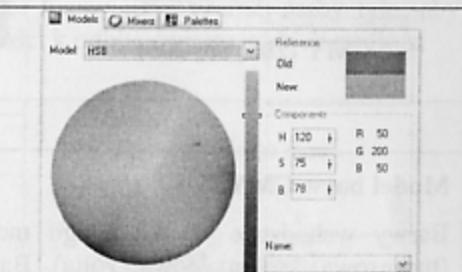
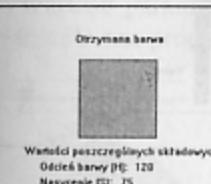


#### Program Corel PhotoPaint II (Fill, Edit, Color Viewers)



#### Model barw RGB

Model barw RGB (Read, Green, Blue (Czerwony, Zielony, Niebieski)) stosowany jest w kolorowych monitorach kineskopowych i w barwnej grafice rastrowej. Wykorzystuje on układ współrzędnych kartezjańskich. Barwy podstawowe R, G, B są mieszane addytywnie; oznacza to, że indywidualne udziały każdej barwy podstawowej są dodawane w celu uzyskania wyniku. Początkowi układu współrzędnych odpowiada barwa czarna, natomiast wierzchołek sześcianu, w którym wszystkie składowe mają maksymalne wartości odpowiada barwie białej.

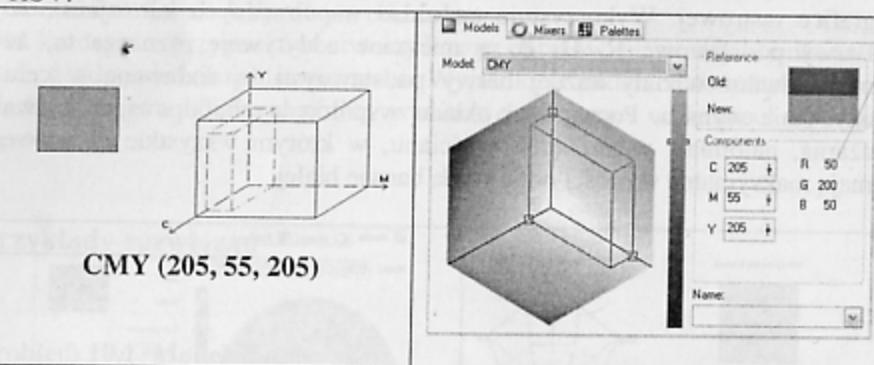


#### Model barw HSV

Model HSV (Hue, Saturation, Value (odcień barwy, nasycenie, wartość)) jest zorientowany na użytkownika i wykorzystuje jego intuicyjne wrażenie koloru. Układ współrzędnych jest układem cylindrycznym, a podzbiór przestrzeni, w którym jest zdefiniowany model, stanowi ostrosłup o podstawie sześciokąta. Ostrosłup ma wysokość wyznaczoną przez współrzędną V, przy czym maksymalna wartość tej współrzędnej odnosi się do podstawy, w której zawarte są względnie jasne barwy. Odcień barwy H

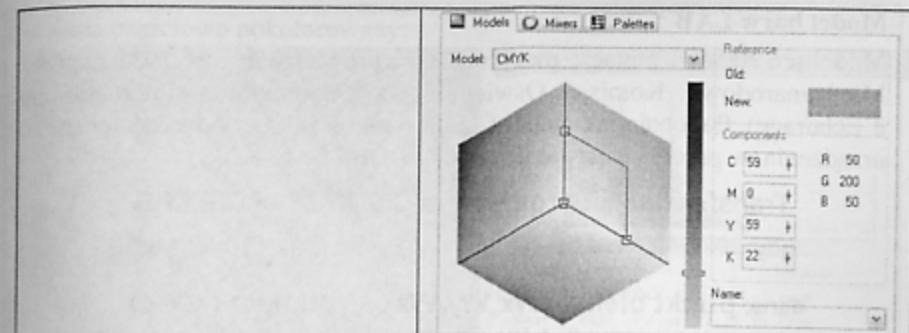
jest mierzony za pomocą kąta wokół osi pionowej - przy czym barwie czerwonej odpowiada kąt  $0^\circ$  i  $360^\circ$ , barwie zielonej kąt  $120^\circ$  itd. Barwy dopełniające w ostrosłupie HSV znajdują się naprzeciwko siebie, tzn. w odległości  $180^\circ$ . Wartość S zwiększa się w miarę oddalania od osi. Wierzchołek ostrosłupa znajduje się w początku układu współrzędnych i odpowiada mu barwa czarna, natomiast maksymalnej wartości V i S = 0 odpowiada barwa biała. Pośrednie wartości V między początkiem układu współrzędnych i wartością maksymalną V dla S = 0 odpowiadają poziomom szarości.

Podstawa ostrosłupa HSV odpowiada rzutowi, jaki się obserwuje patrząc wzduż głównej przekątnej sześcianu barw RGB od strony wierzchołka odpowiadającego barwie białej w kierunku wierzchołka odpowiadającego barwie czarnej. Główna przekątna modelu RGB odpowiada osi V modelu HSV.



### Model barw CMY

Barwy wchodzące w skład tego modelu to Cyan, Magenta i Yellow (turkusowa, karmazynowa, żółta). Barwy te są barwami dopełniającymi odpowiednio dla barw czerwonej, zielonej i niebieskiej. Barwy filtrów używanych w celu odjęcia barwy od światła białego są określone jako podstawowe barwy subtraktywne. Podzbiór układu współrzędnych kartezjańskich dla modelu CMY jest taki sam, jak dla modelu RGB z wyjątkiem tego, że barwa biała odpowiada początkowi układu współrzędnych. Barwy są określane przez to, co zostało usunięte albo odjęte od światła białego, a nie to, co zostało dodane do czerni.



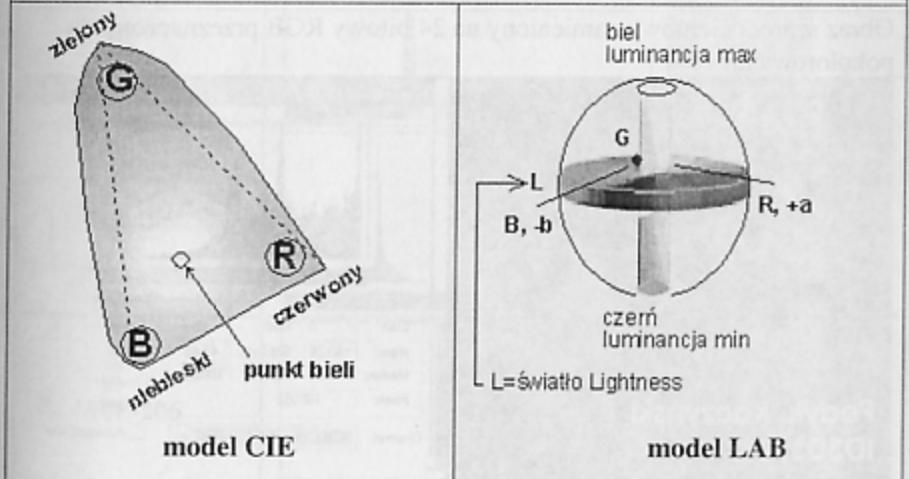
### Model barw CMYK

Barwy składowe tego modelu to cyan, magenta, yellow i parametr k obrazujący udział barwy czarnej. Jest to uzupełnienie modelu CMY o oddzielną barwę czarną. Model CMYK jest również modelem subtraktynym. Jeśli wszystkie wartości mają wartość maksymalną (100%), wynikowy kolor jest czarny, jeśli równą 0 - to biały.

Przekształcenie CMY na CMYK, jest prezentowane jako algorytm:

$$k = \min(c, m, y), \text{ CMYK} = (c-k, m-k, y-k, k)$$

Wartość parametru k mówi nam, że mamy użyć czarnej farby tyle, aby tłumila ona proporcjonalnie do wartości k odbite światło od bieli podłoża.



### Model barw LAB

Model ten stanowi mutację modelu CIE, wprowadzonego w 1931 r. przez Międzynarodową Komisję Oświetleniową (Commission Internationale d'Eclairage). Podobnie jak model CIE, jest on niezależny od zastosowanego urządzenia, w przeciwieństwie do modeli RGB i CMYK.

#### Transformacja uproszczona CIE XYZ --> CIE LAB

gdy:  $X / Wx > 0.01$  oraz  $Y / Wy > 0.01$  oraz  $Z / Wz > 0.01$

dane: punkt bieli =  $(Wx, Wy, Wz)$ , punkt =  $(X, Y, Z)$

odpowiada punktowi  $(L, A, B)$  w modelu LAB w następujący sposób:

składnica Lightness:

$$L = 116 * (Y / Wy)^{1/3} - 16$$

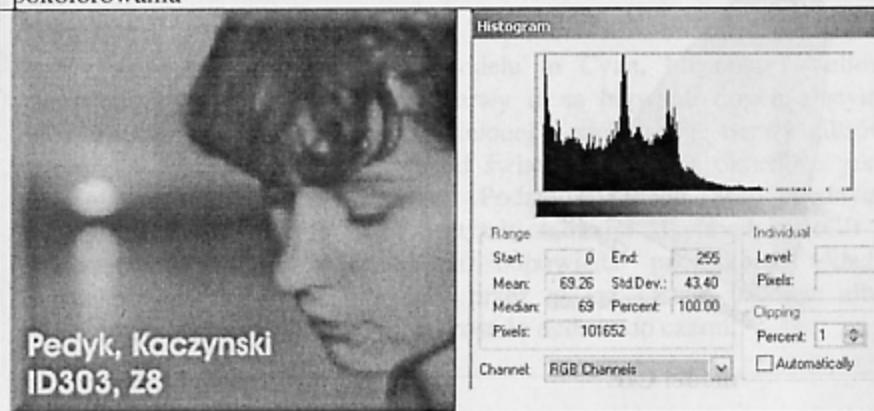
składnica A oraz B:

$$A = 500 * ((X / Wx)^{1/3} - (Y / Wy)^{1/3})$$

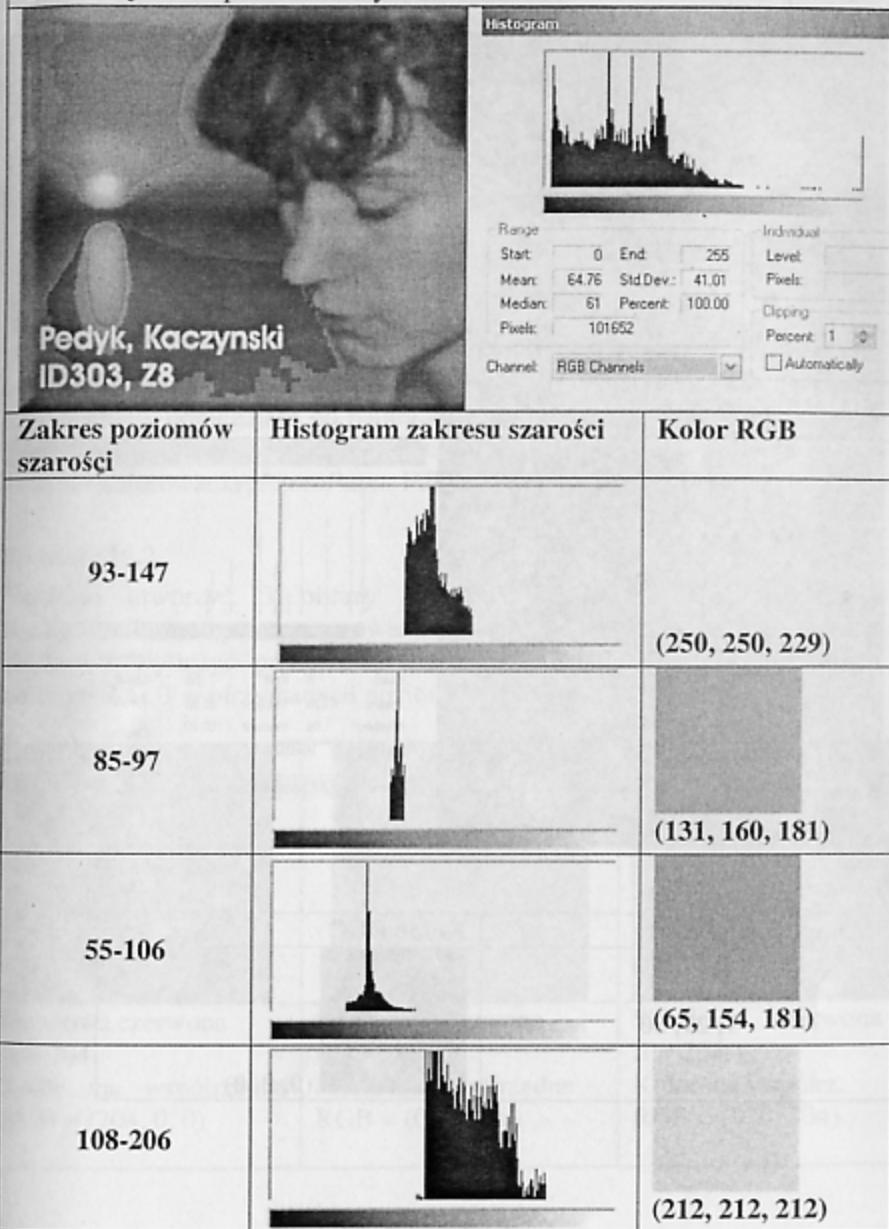
$$B = 200 * ((Y / Wy)^{1/3} - (Z / Wz)^{1/3})$$

### Zadanie 10.1

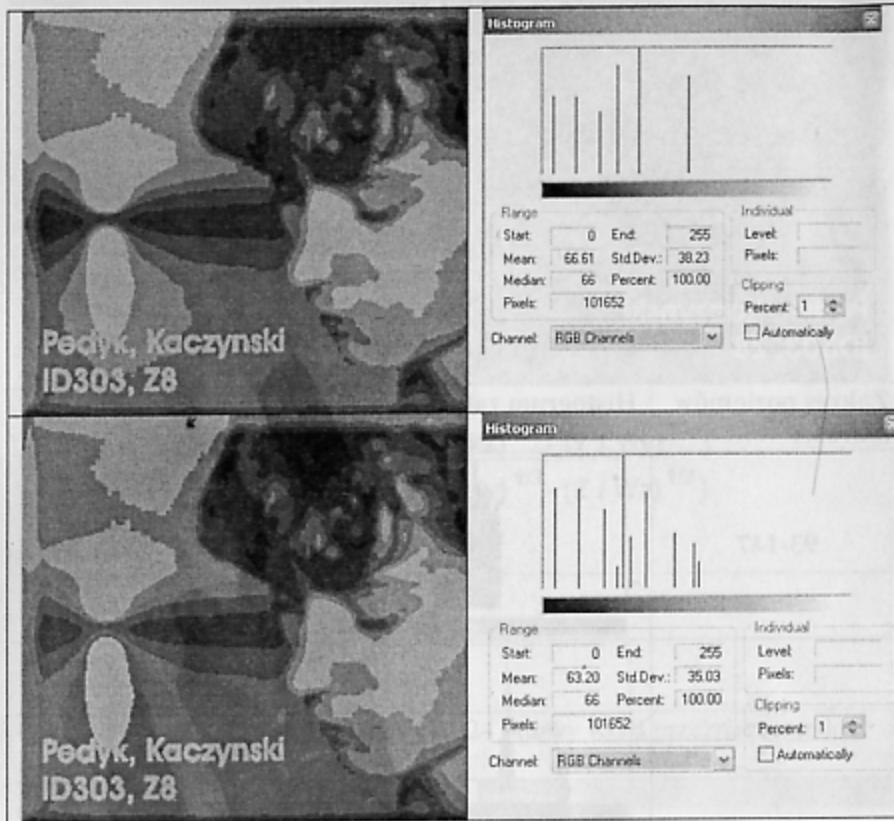
Obraz szarościowy zamieniony na 24 bitowy RGB przeznaczony do pokolorowania



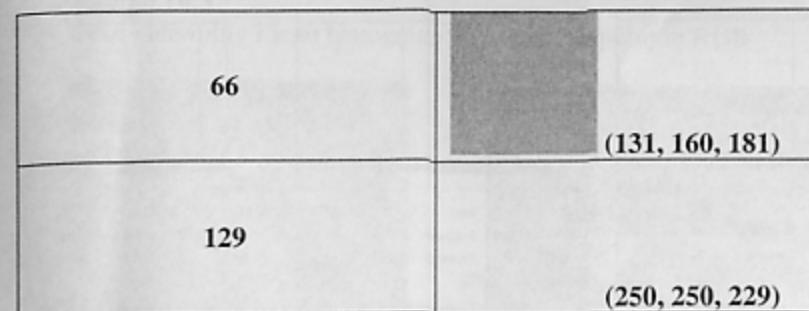
### Obraz częściowo pokolorowany:



Posteryzacja do 6-ciu poziomów szarości i konwersja na format RGB 24 bity



Poziom szarości	Kolor RGB
9, 29, 50	(0, 0, 0)

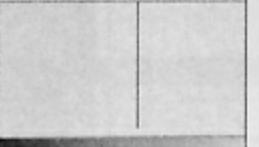
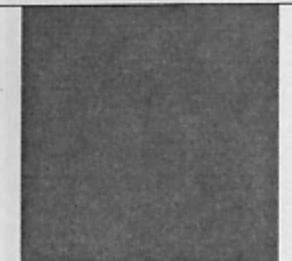
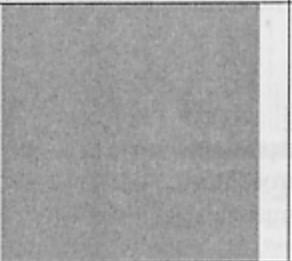


Jak widać, kolorowanie zdjęć naturalnych jest trudne, wymaga wielkiej wprawy oraz odpowiedniego dobierania kolorów. Można użyć maskowania zakresu odcienni szarości i przypisywanie jednego koloru RGB. Jednakże daje to efekty odbiegające od naturalnych barw, np. cienie na skórze zostają zamazane i obraz wygląda niematuralnie. Można użyć kombinowanej techniki kolorowania (*PhotoPaint*, Fill, tryb wypełniania: Color),

### Zadanie 10.2

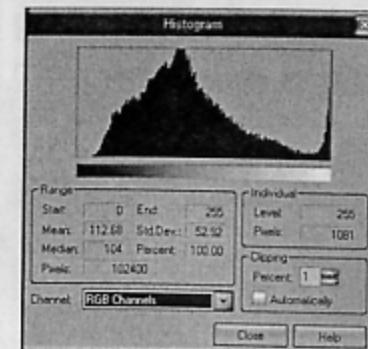
Należało utworzyć 3 obrazy kolorowe (24bit RGB, File, New, Background), następnie przeprowadzić konwersję do skali szarości (M=256, 8bitów) i wyliczyć procentowe udziały (pR, pG, pB) poszczególnych kolorów R,G,B w otrzymanych poziomach szarości.

Składająca się z czerwona R = 204. Kolor ma współrzędne RGB = (204, 0, 0)	Składająca się z czerwona G = 204. Kolor ma współrzędne RGB = (0, 204, 0)	Składająca się z czerwona B = 204. Kolor ma współrzędne RGB = (0, 0, 204)

		
<p>Range Start: 0 End: 255 Mean: 61.00 Std.Dev.: 0.00 Median: 61 Percent: 100.00 Pixels: 640</p> <p>Channel: RGB Channels <input type="checkbox"/> Auto</p>	<p>Range Start: 0 End: 255 Mean: 119.00 Std.Dev.: 0.00 Median: 119 Percent: 100.00 Pixels: 700</p> <p>Channel: RGB Channels <input type="checkbox"/> Auto</p>	<p>Range Start: 0 End: 255 Mean: 23.00 Std.Dev.: 0.00 Median: 23 Percent: 100.00 Pixels: 565</p> <p>Channel: RGB Channels <input type="checkbox"/> Auto</p>
Histogram dla składowej R, na kanale RGB wspólnym.	Histogram dla składowej G, na kanale RGB wspólnym.	Histogram dla składowej B, na kanale RGB wspólnym.
		
Poziom szarości = 61, czyli w modelu RGB jest to kolor o współrzędnych (61, 61, 61), co stanowi około 30% udział wszystkich barw RGB w tym poziomie szarości.	Poziom szarości = 122, czyli w modelu RGB jest to kolor o współrzędnych (122, 122, 122), co stanowi około 59% udział wszystkich barw RGB w tym poziomie szarości.	Poziom szarości = 20, czyli w modelu RGB jest to kolor o współrzędnych (122, 122, 122), co stanowi około 10% udział wszystkich barw RGB w tym poziomie szarości.
Suma poszczególnych składowych poziomów szarości $61+122+20 = 203$ , a nie $RGB = 204$ , ponieważ konwerter zaokrągla wartości przy konwersji do liczb całkowitych z 24 bitów do 8 bitów.		

### Zadanie 10.3

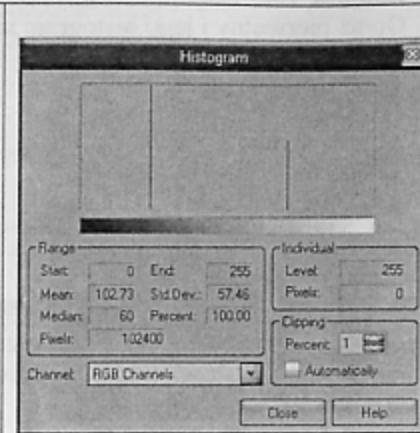
Obraz pierwotny i jego histogram na kanale wspólnym RGB



Poniżej przedstawione zostały histogramy obrazu pierwotnego brane po każdym z kanałów, czerwonym, zielonym i niebieskim, oddziennie. Co prawda kanał zielony ma histogram bardzo zbliżony do histogramu RGB, lecz żaden kanał nie ma histogramu identycznego z RGB, a wręcz kanał niebieski ma histogram zupełnie nie przystający do reszty i do histogramu RGB.



Następnie na obrazie przeprowadzono operację progowania z progiem o wartości maksymalnej wynoszącej 180 i o wartości minimalnej równej 60. Poniżej przedstawiony jest efekt tej operacji oraz histogram obrazu wynikowego na kanale wspólnym RGB.

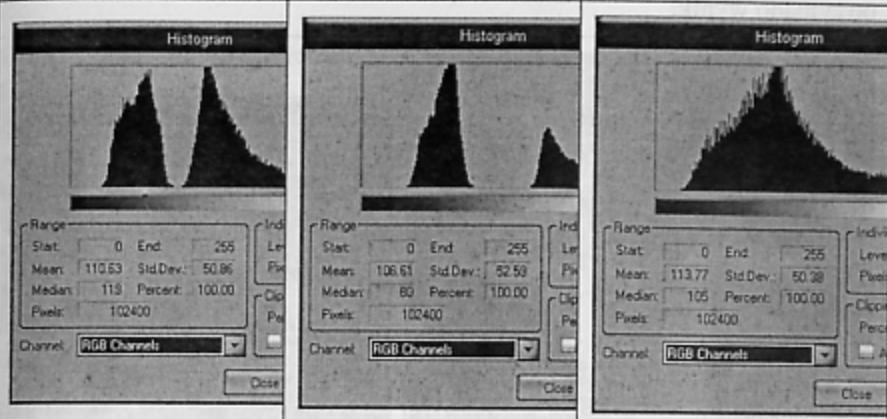


Histogram składa się z dwóch prążków: jeden obrazuje liczbę pikseli o poziomie 60, a drugi - o poziomie 180. Tak samo wygląda histogram każdego z kanałów oddzielnie.

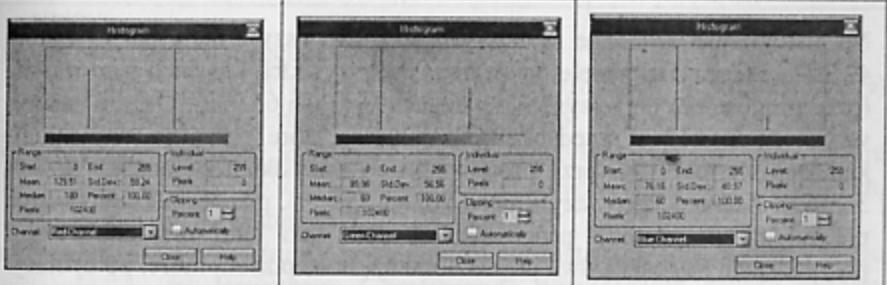
Następnie wykonana została analogiczna operacja progowania na każdym z kanałów oddzielnie. Poniżej, zaczynając od lewej, przedstawiono wyniki progowania na kanale czerwonym, zielonym, niebieskim.



Histogramy zmieniły się, ale nie przypominają histogramów złożonych z dwóch prążków.



Jeśli jednak spojrzymy na histogramy każdego kanału oddzielnie, to okazuje się, że operacja progowania przebiegła poprawnie.



Jeśli operacja progowania dotyczyła tylko jednego z trzech kanałów, to obserwujemy zaledwie lekką zmianę w odcieniach kolorów obrazu wynikowego, w przeciwieństwie do progowania po kanale wspólnym.

Następnie wyodrębniono z trzech obrazów wynikowych po progowaniu tylko na jednym kanale, ten kanał, na którym było przeprowadzone progowanie. W kolejnym kroku złączono te trzy kanały w jeden obraz i otrzymano wynik:



Na histogramie widoczne są cztery prążki. Pierwszy z nich ma wysokość 42 757 i obrazuje te piksele, które mają na wszystkich kanałach wartości 60 (przy progowaniu po wszystkich kanałach było ich 65 937). Ostatni zaś ma wysokość 13 212 i przedstawia te piksele, które mają na wszystkich kanałach wartość 180 (przy progowaniu po wszystkich kanałach było ich 36 463). Zatem 55 969, czyli nieco ponad 55,65%, pikseli okazało się być nieczułymi na metodę progowania i dało taki sam rezultat w obu przypadkach. Pozostałe dwa prążki obrazują ilość pikseli, które, po operacji progowania przeprowadzonej na każdym kanale oddzielnie, nie mają jednakowych wartości na każdym z kanałów. Prążek dla wartości 96 obrazuje 24 963 piksele, których jeden z kanałów uzyskał wartość 180, a pozostałe dwa wartość 60. Z kolei prążek dla wartości 166 wykazuje 20 888 pikseli, których jeden z kanałów uzyskał wartość 60, a pozostałe dwa wartość 180. W sumie daje to 45 851 pikseli, czyli niecałe 44,35%. Są to miejsca o kolorze żółtym i czerwonym na obrazie powyżej i odpowiadają miejscom czułym na to, czy progowanie jest przeprowadzane po wszystkich kanałach jednocześnie, czy oddzielnie dla każdego z nich.

## ROZDZIAŁ 11

### Reprezentacja obrazów

Przed przystąpieniem do rozwiązywania problemów i zadań należy zapoznać się z treścią rozdziału 5 „Reprezentacja obrazów” (str. 90-115) ze skryptu „Przetwarzanie Obrazów” Warszawa 2003, oraz z odpowiednimi materiałami z POB zamieszczonymi w zasobach WSISiZ (UBI, Oceanic) i w Wykazie Literatury [5,13,22].

#### Problem 11.1: Kompresja obrazów, formaty obrazowe

##### Zadanie 11.1

a) Wykonać konwersję 3 wybranych obrazów formatu \*.bmp: naturalnego, sztucznego i rysunku na formaty GIF, JPG, PCX, itd. używając programu podanego w instrukcji do realizowanego ćwiczenia. Zestawić w postaci tabeli wyniki ze względu na obliczony stopień kompresji (SK):

- bezstratnej,
- stratnej.

b) Odpowiedzieć na następujące pytania:

1. Jakim rodzajom kompresji bezstratnej (*lossless*) i stratnej (*lossy*) odpowiadają formaty: GIF, JPG, PCX, itp. ?

2. Które rodzaje kompresji są najefektywniejsze w odniesieniu odpowiednio do konwertowanych w zadaniu obrazów: naturalnych, sztucznych i rysunków?

c) Wykorzystując program, wymieniony w instrukcji do realizowanego ćwiczenia, do tabelarycznego i graficznego wyznaczenia obrazu różnicy pomiędzy obrazami, przedstawić stopień utraty informacji powstałej w wyniku kompresji stratnej.

d) Dokonać interpretacji histogramu obrazu różnicy w kontekście rozmieszczenia pikseli obarczonych błędem.

#### Problem 11.2: Steganografia (ukrywanie w obrazie innego obrazu lub tekstu)

##### Zadanie 11.2

Wykorzystując operacje jednopunktowe logiczne wyodrębnić obraz ukryty w obrazie typu RGB np. \zebry\_szyfr.bmp.

**Wskazówka:** Zaszyfrowana informacja odpowiadająca poszukiwanemu obrazowi znajduje się na jednym z kanałów na najmniej znaczącym bicie (tzn. poszukiwany obraz jest obrazem binarnym). Tak więc w pierwszym kroku należy obejrzeć histogramy na poszczególnych kanałach i zajęć się histogramem z pewną anomalią.

### Zadanie 11.3

Wykorzystując program opisany w instrukcji do wykonywanego ćwiczenia ukryć „zadany obraz w drugim obrazie” wykorzystując odpowiednie bity w obrazie służącym za „kryjką”. Następnie odczytać obraz ukrywany. Stosując odpowiednie oprogramowanie porównać obraz składający się z obrazu ukrywającego i ukrytego z obrazem ukrywającym.

### Zadanie 11.4

Stosując program opisany w instrukcji do wykonywanego ćwiczenia ukryć zadany tekst w wybranym obrazie na kolejnych bitach od najmniej do najbardziej znaczącego. Dla każdego z przypadków porównać ze sobą obrazy zawierające ukryty tekst.

### Przykłady rozwiązań

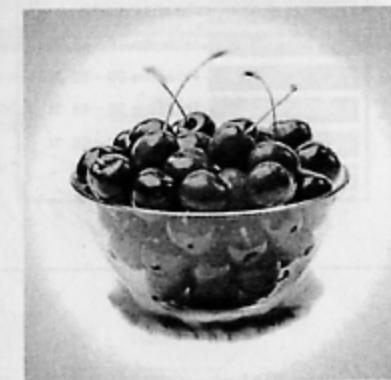
#### Zadanie 11.1

W tabeli przedstawiono wyniki kompresji dla trzech obrazów: *mars.bmp*, *cherry.bmp*, *osw.bmp*.

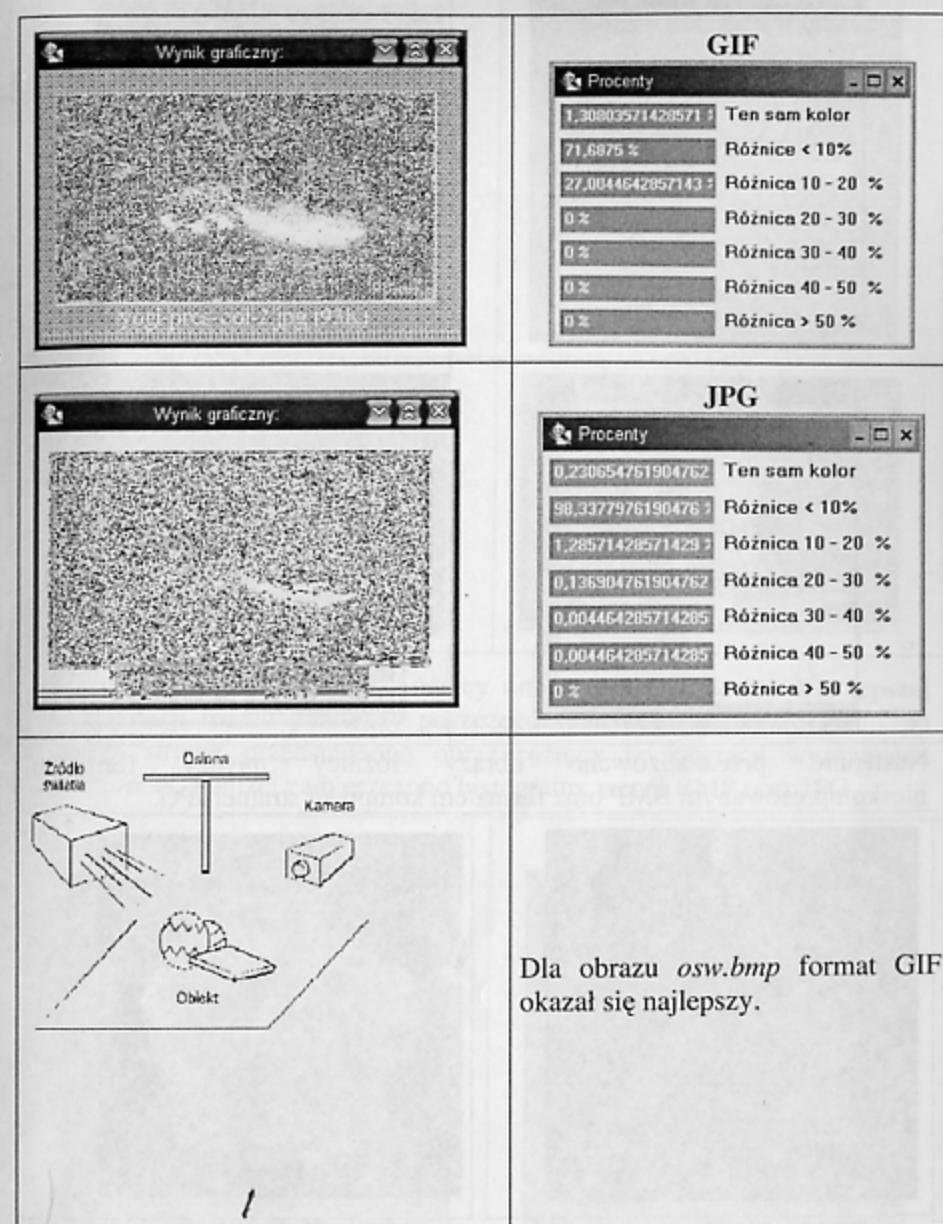
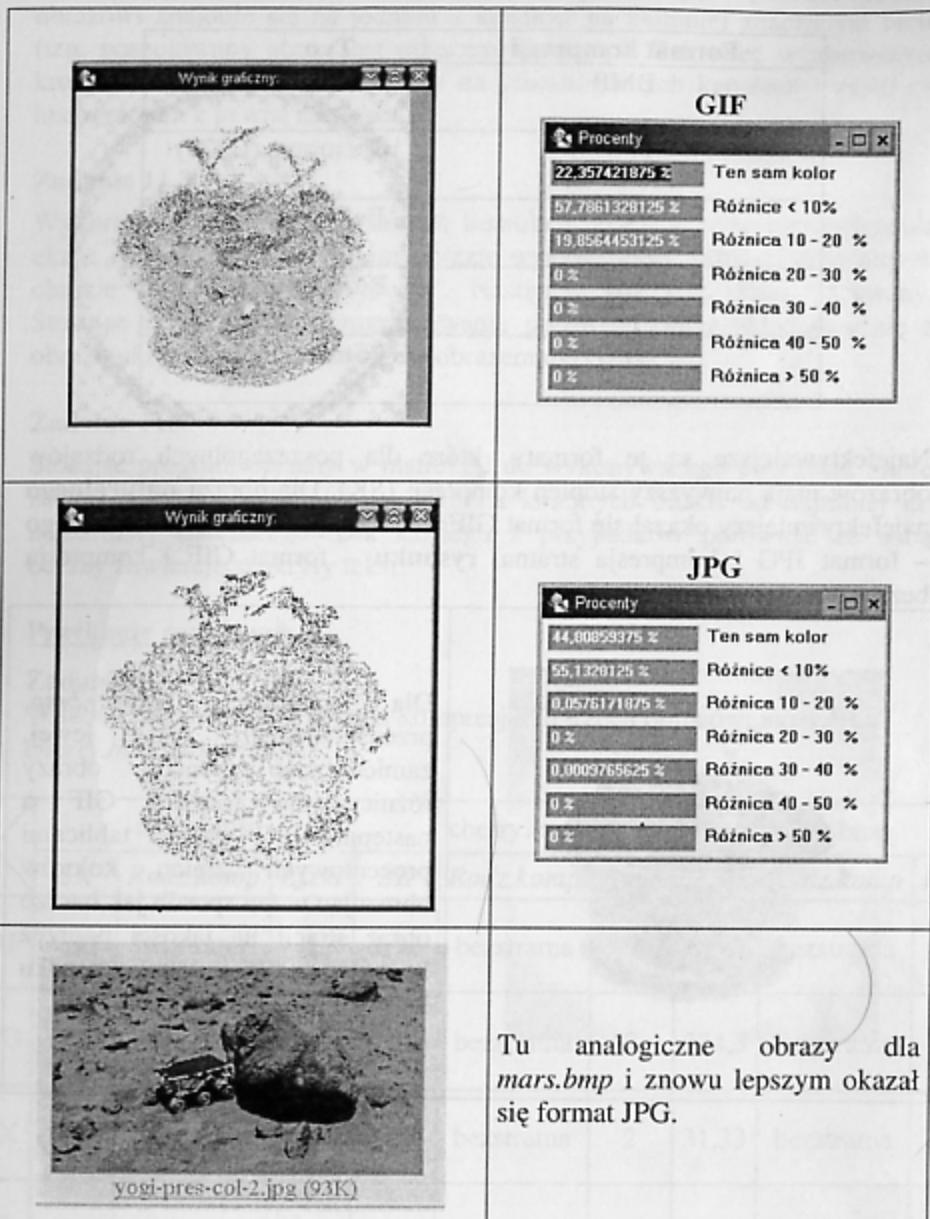
	mars.bmp			cherry.bmp			osw.bmp		
	SK	Rodz.komp	Efekt	SK	Rodz.komp	Efekt	SK	Rodz.komp	Efekt
BMP	1,95	bezstratna	1	1,92	bezstratna	1	1,13	bezstratna	1
PNG	6,07	bezstratna	3	4,55	bezstratna	3	334,3	bezstratna	3
PCX	3,22	bezstratna	2	1,99	bezstratna	2	31,33	bezstratna	2
GIF	19,63	bezstratna	45	29,31	bezstratna	5	838,7	bezstratna	4
JPG	18,76	stratna	4	40,09	stratna	4	155,8	stratna	5

Format kompresji	Typ
BMP	Bezstratna (RLE)
PNG	Bezstratna (LZ77)
PCX	Bezstratna (RLE)
GIF	Bezstratna (LZW)
JPG	Stratna (JPEG)

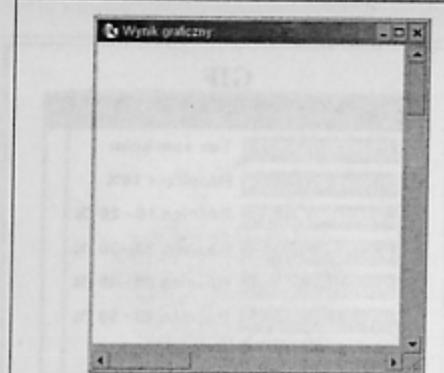
Najefektywniejsze są te formaty, które dla poszczególnych rodzajów obrazów mają najwyższy stopień kompresji (SK). Dla obrazu naturalnego najefektywniejszy okazał się format GIF i kompresja bezstratna, sztucznego – format JPG i kompresja stratna, rysunku – format GIF i kompresja bezstratna.



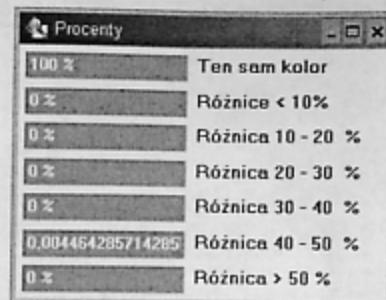
Dla obrazu *cherry.bmp*, przedstawionego po lewej, zamieszczono poniżej obrazy różnicy dla formatu GIF a następnie JPG wraz z tablicami procentowych zmian kolorów obrazując w ten sposób jak bardzo obraz stracił na jakości poprzez kompresję. W tym wypadku lepszy okazał się format JPG.



Dla obrazu *osw.bmp* format GIF okazał się najlepszy.



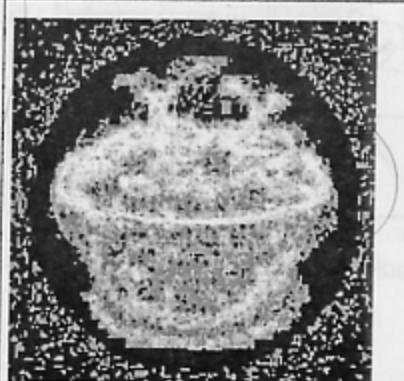
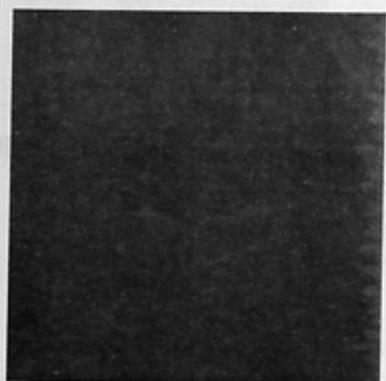
GIF



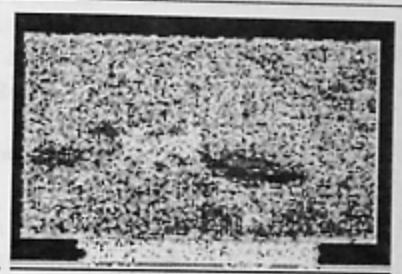
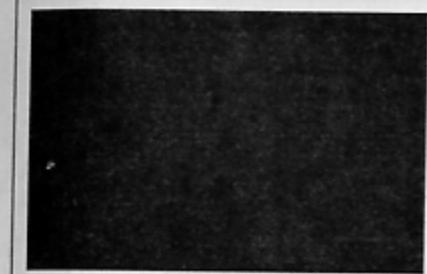
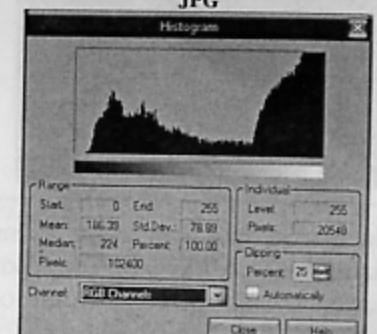
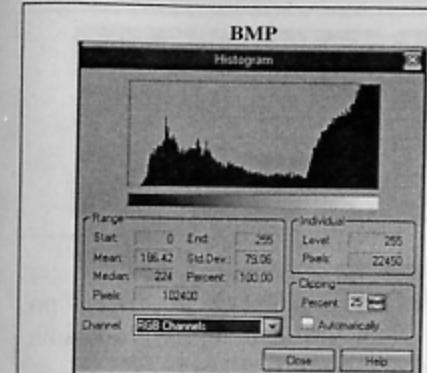
JPG



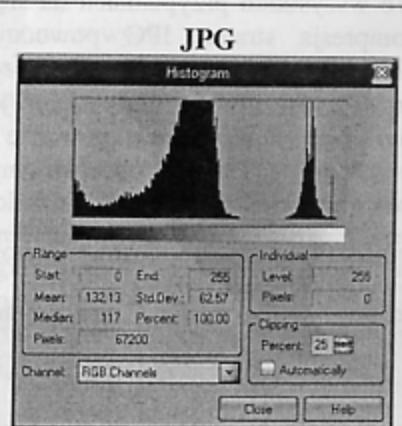
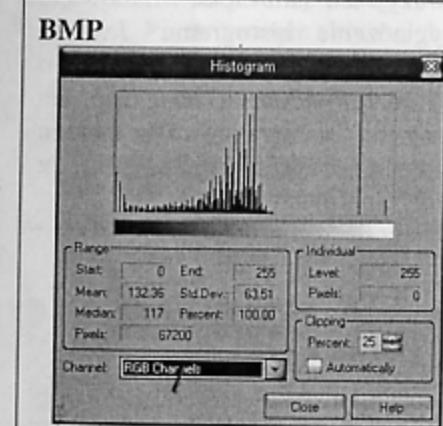
Następnie przeanalizowano obrazy różnicy między formatem nieskompresowanym BMP oraz formatem kompresji stratnej JPG.

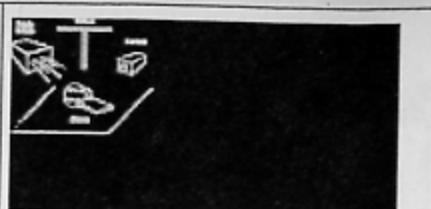


Dla obrazu *cherry.bmp* obraz różnicy umieszczono po lewej. Dla lepszej wizualizacji różnic pomiędzy poszczególnymi poziomami szarości - po prawej stronie przedstawiono obraz różnicy po operacji wyrównania histogramu. Poniżej zamieszczono histogramy wersji BMP oraz JPG.

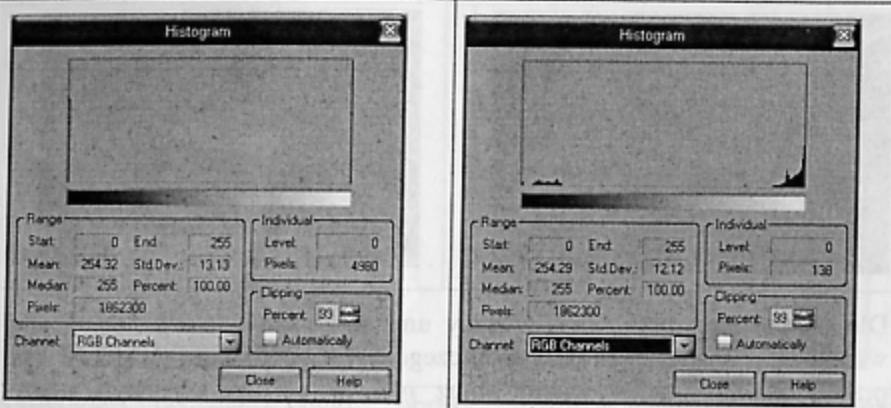


Dla obrazu *mars.bmp* obraz różnicy umieszczono po lewej. Dla lepszej wizualizacji różnic pomiędzy poszczególnymi poziomami szarości - po prawej stronie przedstawiono obraz różnicy po operacji wyrównania histogramu. Poniżej zamieszczono histogramy wersji BMP oraz JPG





Dla obrazu *osw.bmp* obraz różnicy umieszczono po lewej. Dla lepszej wizualizacji różnic pomiędzy poszczególnymi poziomami szarości - po prawej stronie przedstawiono obraz różnicy po operacji wyrównania histogramu. Poniżej zamieszczono histogramy wersji BMP oraz JPG.



We wszystkich przypadkach da się zauważyc ten sam efekt. Mianowicie kompresja strata JPG powoduje wygładzenie histogramu. Jest to obserwalne wizualnie poprzez zmniejszenie kontrastu obrazu. Co prawda dla obrazu *cherry.bmp* jest to mało widoczne, lecz już dla *mars.bmp* obserwujemy poważne zmiany na histogramie. Dla obrazu *osw.bmp* z kolei obserwujemy zmianę rodzaju histogramu z dwuwartościowego na wielowartościowy.

Poniżej przedstawiono histogramy obrazów różnic dla trzech omawianych powyżej przypadków.



## ROZDZIAŁ 12

### Makra w przetwarzaniu obrazów

Przed przystąpieniem do rozwiązywania problemów i zadań należy zapoznać się z treścią rozdziału 6.2 „Wyznaczanie cech obiektów” (str. 146-157) ze skryptu „Przetwarzanie Obrazów” Warszawa 2003, oraz z odpowiednimi materiałami z POB zamieszczonymi w zasobach WSISiZ (UBI, Oceanic) i w Wykazie Literatury [4,10,16].

#### Problem 12.1 Testowanie procedur zliczania i pomiarów cech obiektów

Testowanie przeprowadzić np. na obrazie *spots.tif* z wykorzystaniem programu wymienionego w instrukcji załączonej do realizowanego ćwiczenia.

Procedury:

- zliczanie (labeling) ciemnych obiektów,
- rozdzielanie obiektów klejonych (wyrysowanie linii podziału obiektów klejonych),
- ukrycie wybranego obiektu,
- ustawienie aktywnych cech pomiarowych.

Przed przystąpieniem do zadań należy zaznajomić się ze wszystkimi opcjami używanych komend programu.

#### Zadanie 12.1

Policzyć sumaryczne pole powierzchni obiektów wyodrębnionych np. z obrazu *Castiron.tif*. Do sumowania należy brać pod uwagę jedynie obiekty: - nie przylegające do brzegu obrazu, - o poziomach jasności np. 190-237 i polu powierzchni np. powyżej 500 pikseli. Wyodrębnione obiekty sklasyfikować ze względu na wielkość pola powierzchni korzystając z zaproponowanej w programie metody podziału na klasy.

#### Zadanie 12.2

Na wybranych fragmentach (np. 100x100 pikseli) obrazu *dna.tif*, zlokalizowanych według instrukcji załączonej do realizowanego ćwiczenia, znaleźć na fragmentach nici DNA położenie (współrzędne

charakterystycznych punktów) maksymalnie czarnego prążka odpowiadającego obszarowi maksymalnej absorpcji światła. Podać intensywność, rozmiar i położenie znalezionej prążka.

#### Zadanie 12.3

Znaleźć rozkłady długości osi długich i wielkości pól jasnych obiektów obrazu np. *exm50x.tif*, ograniczając się do obiektów widocznych w całości i rozmiarze powyżej np.: 500 pikseli. Zadbać, aby wyniki rozkładu nie były zafalszowane przez obiekty sklejone. Wyznaczyć: liczbę obiektów, wartość średnią, odchylenie standardowe.

#### Problem 12.2 Testowanie narzędzia tworzenia procedur (makr)

Przetestować, przy użyciu programu wymienionego w instrukcji załączonej do realizowanego ćwiczenia, narzędzie tworzenie makr do przetwarzania sekwencji obrazów lub sekwencji zadań wykonywanych na poszczególnych obiektach pojedynczego obrazu.

#### Zadanie 12.4

Utworzyć makro, które na obrazie np. *Tissue.tif* wykonuje następujące czynności: a) poprawa kontrastu, b) segmentacja według wybranych trzech wzorców koloru o lokalizacjach (x<sub>1</sub>,y<sub>1</sub>), (x<sub>2</sub>,y<sub>2</sub>), (x<sub>3</sub>,y<sub>3</sub>), c) zliczanie powierzchni w każdej z trzech kategorii obiektów.

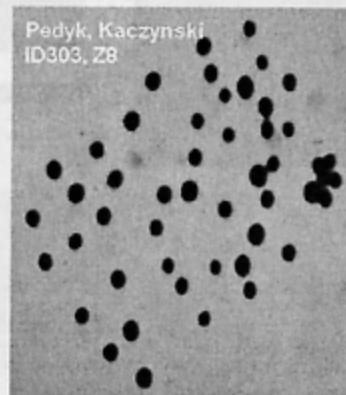
#### Zadanie 12.5

Wykorzystując program wymieniony w instrukcji załączonej do realizowanego ćwiczenia utworzyć makro realizujące zadane sekwencje typowych operacji jednopunktowych i sąsiedztwa.

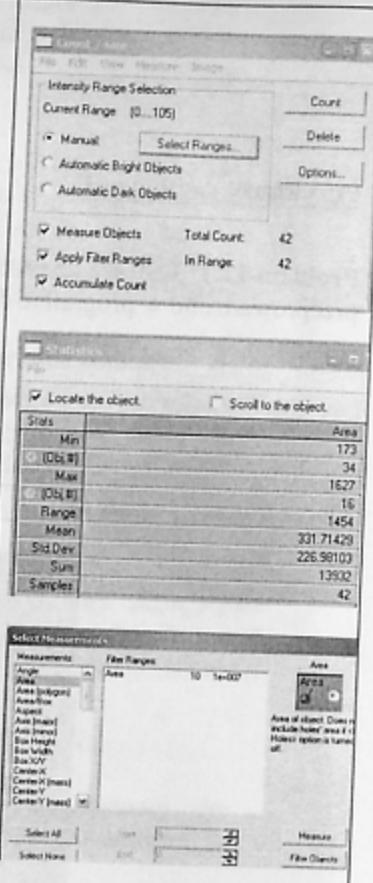
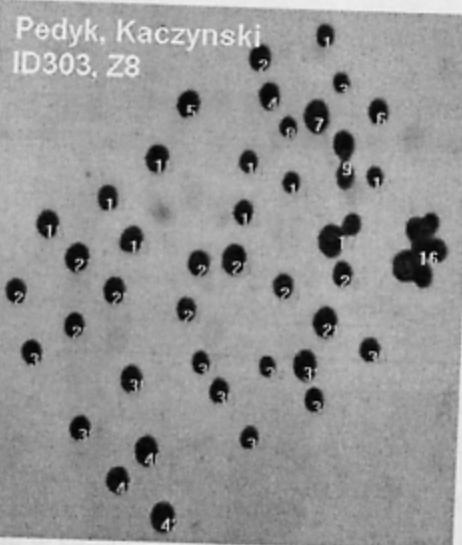
#### Przykłady rozwiązań

**Problem 12.1** Testowanie procedur zliczania i pomiarów cech obiektów przeprowadzono w programie *ImagePro Plus 4.1*

Obraz testowy – *spots.tif*:

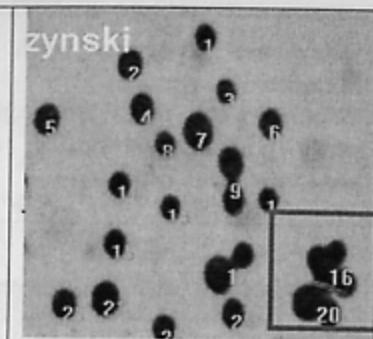
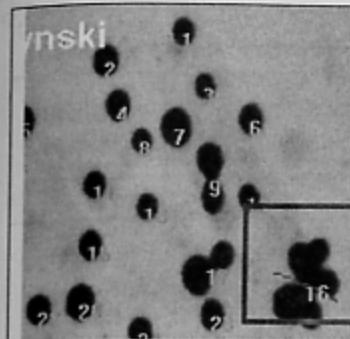


Zliczanie i numerowanie (labeling) obiektów (Measure, Count/Size) jest to narzędzie pozwalające na dokonanie separacji i oznaczenia obiektów, a także na ich klasyfikację według zadanych parametrów (menu Measure). Narzędzie to umożliwia także obejrzenie statystyki i innych raportów obrazujących sklasyfikowane obiekty (menu View).



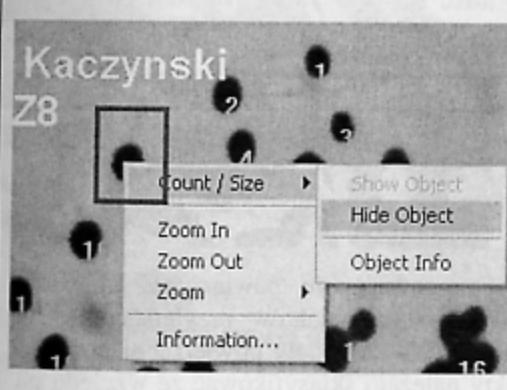
Rozdzielanie obiektów sklejonych (wyrysowanie linii podziału obiektów sklejonych-opcja, Edit, Split Object)

Operacja ta pozwala na rozdzielenie ze sobą sklejonych obiektów, tak, aby tworzyły oddzielne obiekty pomiarowe. Przykład poniżej pokazuje rozdzielenie obiektu nr 16 na dwa obiekty 16 i 20.



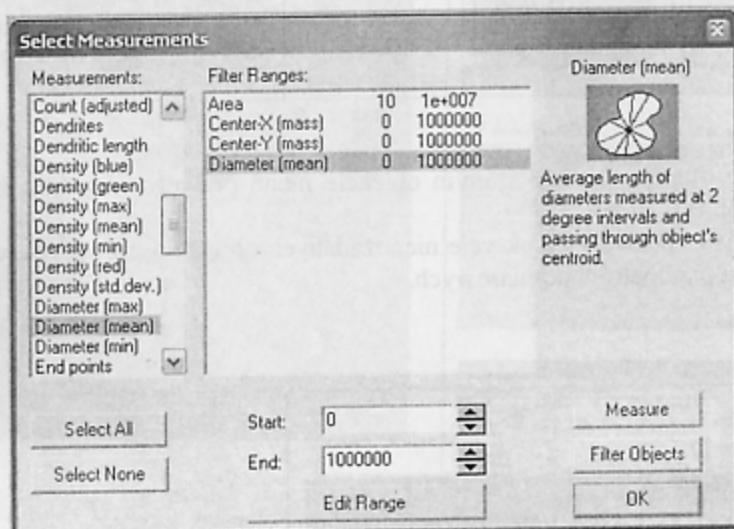
Ukrycie obiektu (na wskazanym obiekcie menu prawego klawisza myszy opcja Object, Hide)

Operacja ta pozwala na ukrycie niepożądanych obiektów przy wyliczeniach wartości parametrów pomiarowych.



Ustawienie aktywnych cech pomiarowych (Measure, Select Measure, Measure).

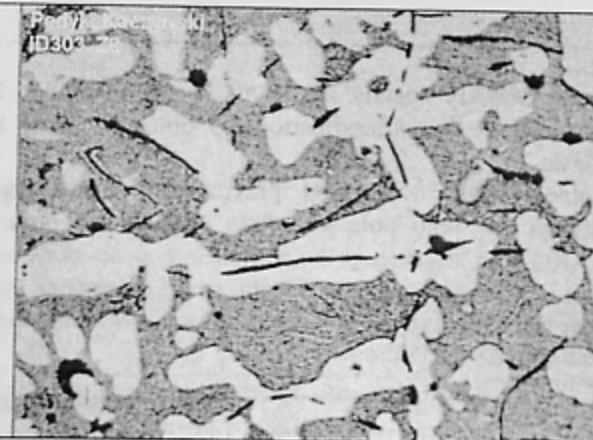
W okienku tym można podać, jakie cechy obiektów mają być uwzględniane przy pomiarach, można podać zakres dopuszczalnych wartości poszczególnych cech.



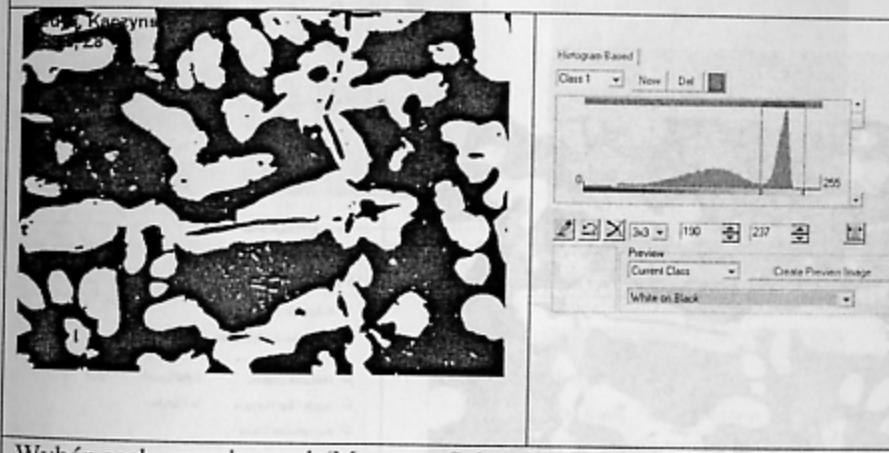
### Zadanie 12.1

W zadaniu należało policzyć sumaryczne pole powierzchni obiektów wyodrębnionych z obrazu *Castiron.tif* bez obiektów przylegających do brzegu obrazu, o poziomach jasności **190-237** i polu powierzchni powyżej **1802** pikseli. Wyodrębnione obiekty należało sklasyfikować ze względu na wielkość pola powierzchni korzystając z zaproponowanej w programie metody podziału na klasy (Count\Size, Measure, Auto-Classification). Wykorzystano program *ImagePro Plus 4.1*

Obraz pierwotny:



Po segmentacji (Mesure, Count/Size -> Manual, Select Range) w zakresie poziomów jasności 190 - 237:



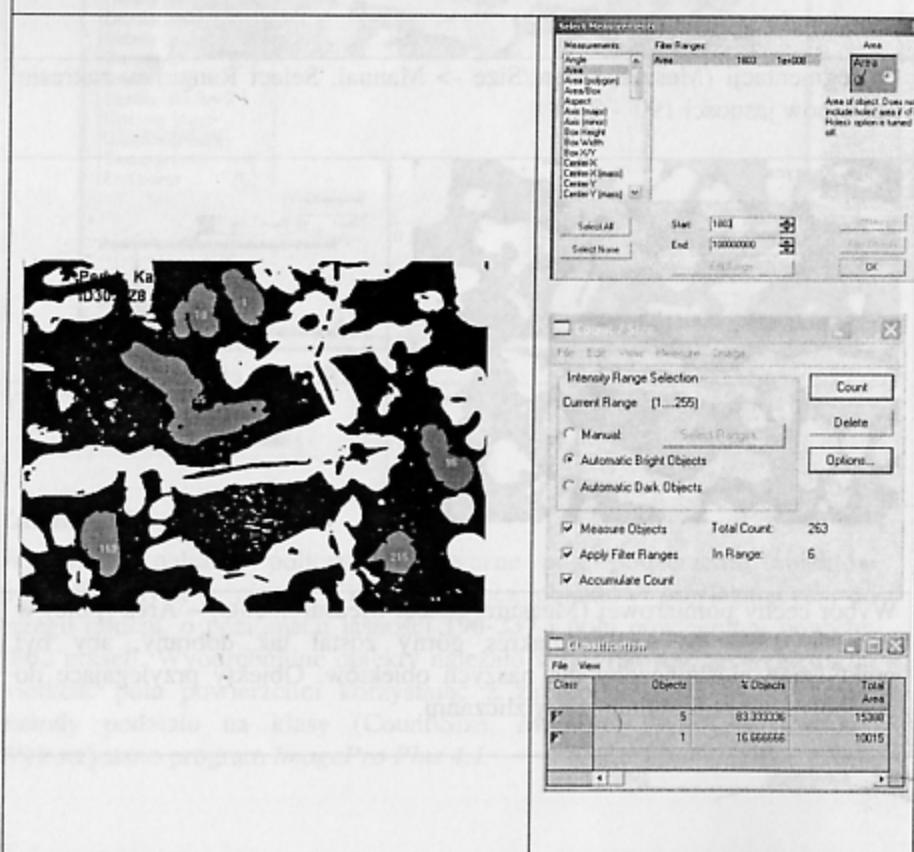
Wybór cechy pomiarowej (Measure, Select Measurements) – Area (pole) w zakresie 1803 do  $1 \times 10^8$ . Zakres górny został tak dobrany, aby był praktycznie nieskończony dla naszych obiektów. Obiekty przylegające do brzegów zostały pominięte przy zliczaniu.

Wynik zliczania. Obiekty zostały zaklasyfikowane do dwóch klas według (Count\Size, Measure, Auto-Classification): 5 obiektów ilość klasie 1 i 1 obiekt ilość klasie 2.

Pojedynczy obiekt (ozn. 35) został przydzielony do oddzielnej klasy, ponieważ statystycznie jego pole jest dużo większe niż pola pozostałych obiektów.

#### Ilość obiektów: 6

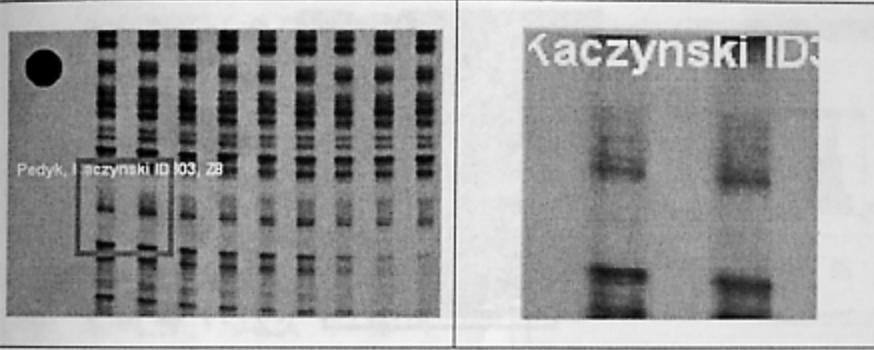
Sumaryczne pole obiektów: 25403 pikseli



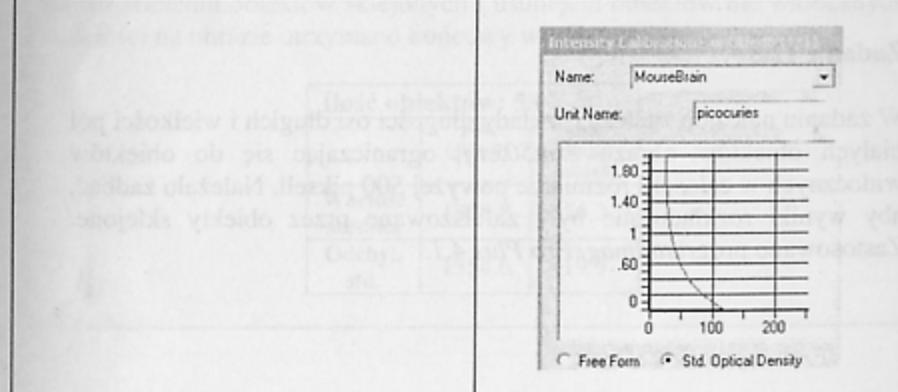
#### Zadanie 12.2

Zadanie polegało na znalezieniu na fragmentach nici DNA położenie maksymalnie czarnej prążka odpowiadającego obszarowi maksymalnej absorpcji światła. Wykorzystano program *ImagePro Plus 4.1*.

Obraz pierwotny i wybrany fragment 100x100 pikseli.



Kalibracja intensywności czerni na podstawie wybranego fragmentu obrazu. Kalibrację przedstawia krzywa standardowej gęstości optycznej.

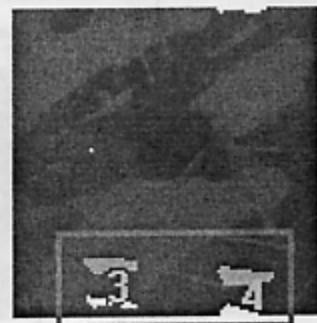


Fragment po segmentacji i zliczaniu. Wybrane parametry pomiarowe to środek prążka (Center-X, Center-Y) oraz długość (length) i szerokość (width).

Wykryte prążki (obiekty 3 i 4) posiadają największą intensywność czerni (1.2) i jasność równą 24.

Ich położenie względem lewego, górnego rogu fragmentu obrazu i wymiary prezentuje zamieszczona tabela.

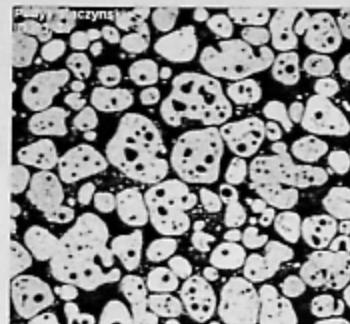
Obj.#	Center-X	Center-Y	Size [length]	Size [width]
3	30.482759	82.517242	16.033199	4.1024628
4	73.722221	86.791664	17.083862	5.0471573



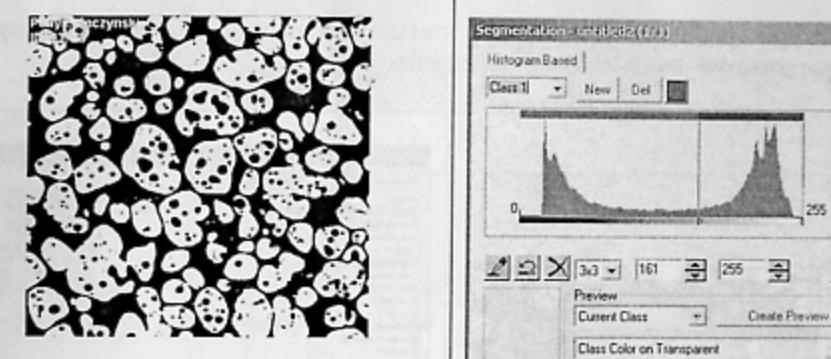
### Zadanie 12.3

W zadaniu należało znaleźć rozkłady długości osi długich i wielkości pól białych obiektów obrazu *exm50x.tif*, ograniczając się do obiektów widocznych w całości i rozmiarze powyżej 500 pikseli. Należało zadbać, aby wyniki rozkładu nie były zafalszowane przez obiekty sklejone. Zastosowano program *ImagePro Plus 4.1*.

Obraz pierwotny:

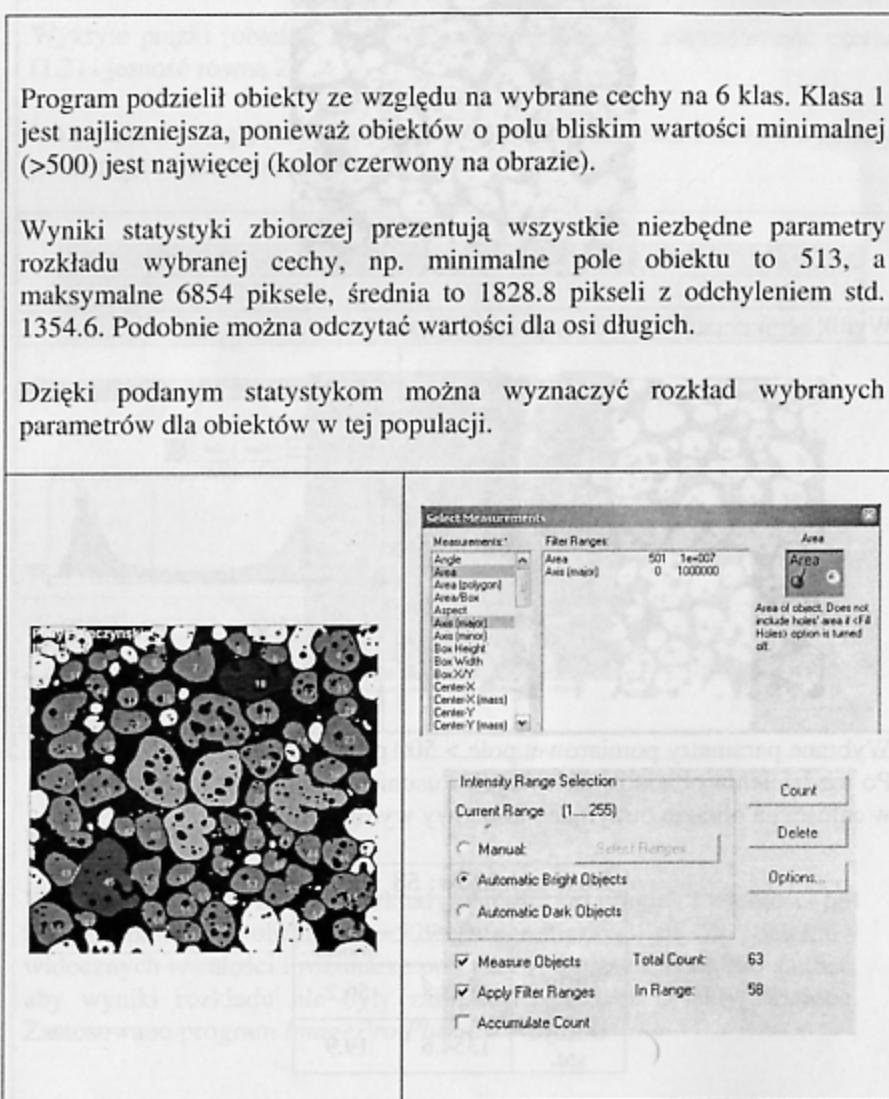


Wynik segmentacji - obraz w postaci binarnej:



Wybrane parametry pomiarowe: pole > 500 pikseli oraz długości osi. Po rozdzieleniu obiektów sklejonych i usunięciu obiektów nie widocznych w całości na obrazie otrzymano końcowy wynik pomiaru:

Ilość obiektów: 58		
	Pole (pikseli)	Osie długie (pikseli)
Wartość średnia	1828.8	56.2
Odchył. std.	1354.6	19.9



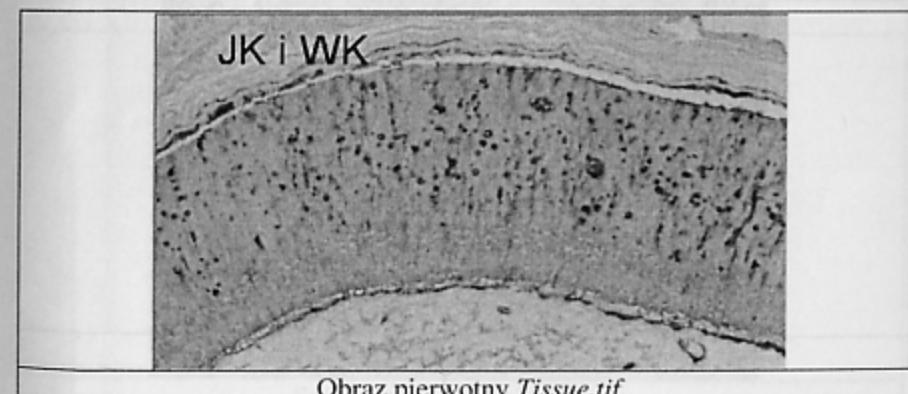
134

Class	Objects	Mean Area	Std.dev. Area	Mean Axis (major)	Std.dev. Axis (major)
1	51	1402.3334	675.61444	50.602398	13.388303
2	2	4112.50	163.50	83.532486	1.1779879
3	1	4168	0	104.89042	0
4	1	4503	0	95.368439	0
5	2	5400.50	8.50	101.64822	3.3206482
6	1	6854	0	108.61520	0

Stats	Area	Axis (major)
Min	513	31.136786
(Obj.#)	61	61
Max	6854	108.61520
(Obj.#)	45	45
Range	6341	77.478409
Mean	1828.7931	56.206169
Std.Dev	1354.6145	19.931728
Sum	106070	3259.9578
Samples	58	58

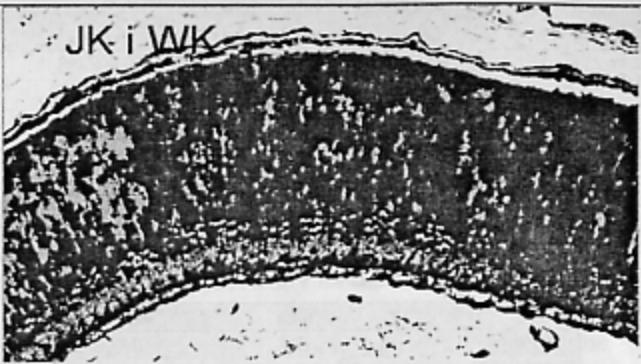
#### Zadanie 12.4

Zastosowano program *ImagePro Plus 4.1*

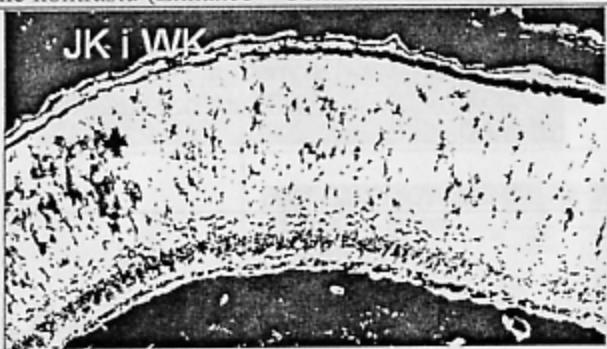


Obraz pierwotny *Tissue.tif*

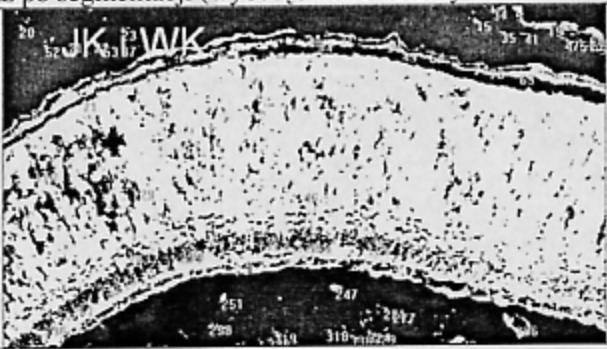
135



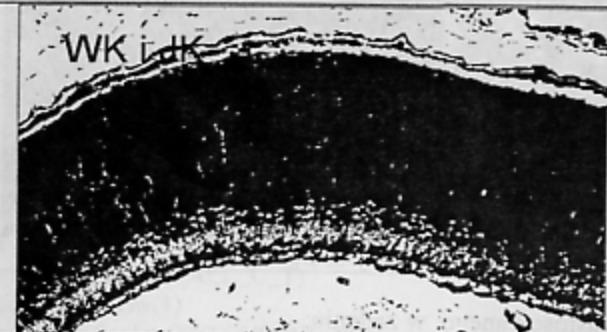
Poprawienie kontrastu (Enhance – Contrast Enhancement – Contrast 100)



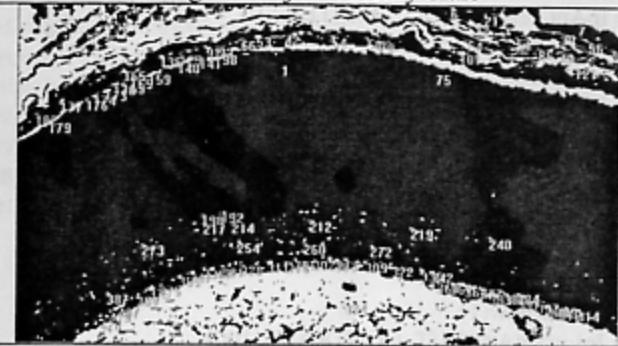
Obraz po segmentacji (wyodrębnione obiekty koloru czarnego)



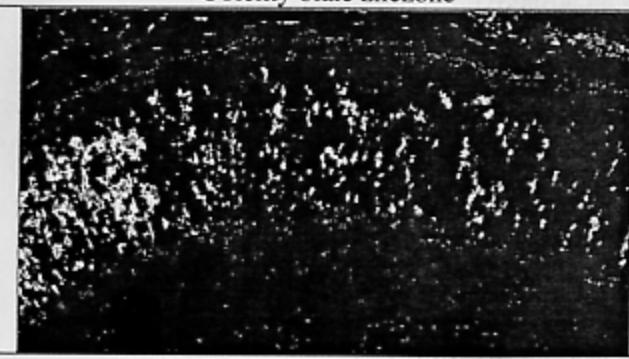
Obiekty czarne zliczone



Segmentacja – obiekty białe



Obiekty białe zliczone



Segmentacja – obiekty szare



Obiekty szare zliczone

Kod makra zastosowanego w zadaniu:

```
Makro()
ret = IpAnCreateObj(GO_OBJ_TEXT)
ret = IpAnMove(0, 95, 43)
ret = IpAnText("JK i WK")
ret = IpAnSet(GO_ATTR_FONTSIZE, 48)
ret = IpAnSet(GO_ATTR_TEXTAUTOSIZE, 1)
ret = IpAnSet(GO_ATTR_TEXTCOLOR, 0)
ret = IpAnText("JK i WK")
ret = IpAnSet(GO_ATTR_TEXTAUTOSIZE, 1)
ret = IpAnMove(5, 248, 90)
ret = IpAnBurn()
ret = IpLutShow(1)
ret = IpLutSetAttr(LUT_CONTRAST, 100)
ret = IpLutApply()
ret = IpLutShow(0)
ret = IpSegShow(1)
ret = IpSegSetAttr(SETCURSEL, 0)
ret = IpSegSetAttr(CHANNEL, 0)
ret = IpSegPreview(ALL_C_T)
ret = IpSegShow(2)
ret = IpSegSetAttr(SETCURSEL, 0)
ret = IpSegPreview(ALL_C_T)
ret = IpSegShow(1)
ret = IpSegSetAttr(SETCURSEL, 0)
ret = IpSegSetAttr(CHANNEL, 0)
ret = IpSegPreview(ALL_C_T)
ret = IpSegShow(1)
```

```
ret = IpSegSetAttr(SETCURSEL, 0)
ret = IpSegSetAttr(CHANNEL, 0)
ret = IpSegPreview(ALL_C_T)
ret = IpSegShow(2)
ret = IpSegSetAttr(SETCURSEL, 0)
ret = IpSegPreview(ALL_C_T)
ret = IpSegShow(1)
ret = IpSegSetAttr(SETCURSEL, 0)
ret = IpSegSetAttr(CHANNEL, 0)
ret = IpSegPreview(ALL_C_T)
ret = IpSegShow(1)
ret = IpSegSetAttr(SETCURSEL, 0)
ret = IpSegSetAttr(CHANNEL, 0)
ret = IpSegPreview(ALL_C_T)
ret = IpSegCreateMask(5, 0, 1)
ret = IpSegShow(0)
ret = IpBlbShow(1)
ret = IpBlbCount()
ret = IpBlbUpdate(0)
ret = IpBlbShow(0)
End Sub
```

## ROZDZIAŁ 13

### Segmentacja obrazu

Przed przystąpieniem do rozwiązywania postawionych problemów i zadań należy zapoznać się z treścią rozdziałów 4: „Detekcja krawędzi i elementy segmentacji”, 4.2 „Elementy segmentacji” (str. 75-80) i 6.1 „Techniki segmentacji obrazu” (str. 140-145) ze skryptu „Przetwarzanie Obrazów” Warszawa 2003, oraz z odpowiednimi materiałami z POB, zamieszczonymi w zasobach WSISiZ (UBI, Oceanic) i w Wykazie Literatury [2, 3, 8, 16, 17].

#### Problem 13.1 Segmentacja obrazu

Przeprowadzić segmentacje komórek, widocznych na obrazie *kom3.pcx*, korzystając z przykładowych programów wymienionych w instrukcji. Segmentacje wykonać trzema metodami:

- a) przez podział,
- b) przez rozrost,
- c) przez progowanie.

#### Zadanie 13.1

Na obrazie np. *colordot.tif* przeprowadzić segmentację (wyodrębnianie) obiektów na podstawie koloru. Wyodrębnić obiekty z dwóch klas (odpowiadających np. dwóm kolorom). Wykonując segmentację należy, stosując odpowiednie operacje jednopunktowe (np. progowanie, odejmowanie), korzystać z informacji zapisanej albo na kanale wspólnym (szaroocieniowym), albo na jednym z kanałów składowych zapisu kolorowego RGB.

Zaprezentować galerię wynikową, zawierającą: obraz pierwotny, obrazy binarne (czarno - białe), tzn. maski, zawierające wyodrębnione obiekty każdej klasy oddzielnie i obu klas na wspólnej masce.

#### Zadanie 13.2

Przeprowadzić segmentację dwóch obrazów (naturalnego i sztucznego), prowadzącą do wyodrębnienia obiektów wymienionych w instrukcji

załączonej do wykonywanego ćwiczenia. Zastosować następujące metody segmentacji: **przez podział, przez rozrost i przez progowanie**.

Zestawić wartości parametrów wszystkich metod, zapewniające wyodrębnienie tych samych obiektów.

Dla każdego segmentowanego obiektu zaprezentować galerię czterech obrazów: *pierwotnego, wynikowego-przez-progownie, wynikowego-przez-rozrost, wynikowego-przez-podział*.

**Uwaga:** niektóre metody zakładają, że obiekty są ciemniejsze od tła, inne, że jaśniejsze. Stosownie do okoliczności należy poddać segmentacji obraz lub jego negację.

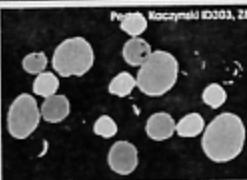
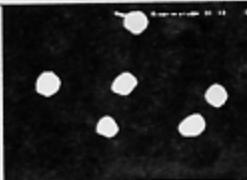
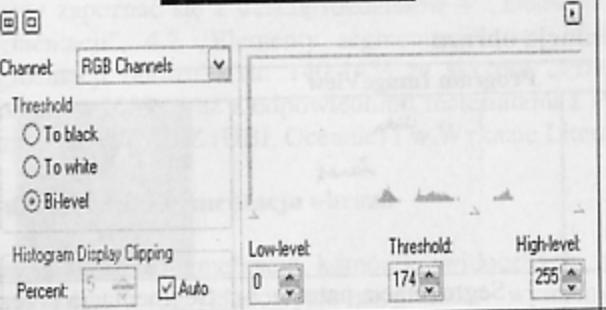
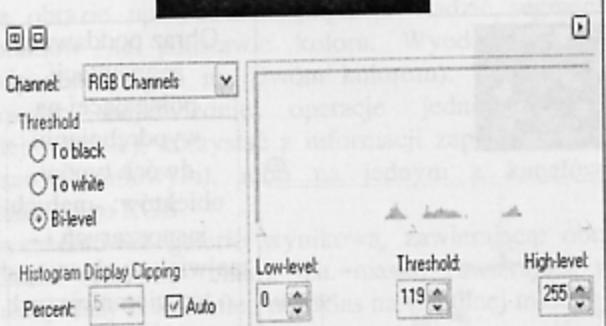
#### Przykłady rozwiązań

##### Problem 13.1 Segmentacja obrazu

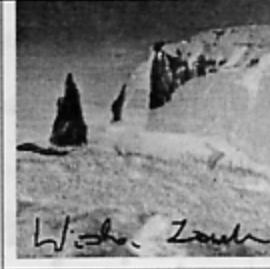
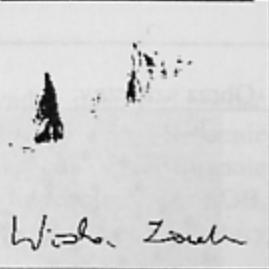
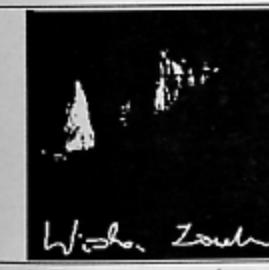
Program ImageView		

#### Zadanie 13.1

		Obraz poddawany segmentacji polegającej na wyodrębnieniu dwóch typów obiektów: -małych jasnoszarych i - największych szarych o ton ciemniejszych niż małe .
--	--	---

	Segmentacja dwupoziomowa usunęła większość niepożądanych obiektów.
 	Maska małych jasnych obiektów, uzyskana przez kolejną segmentację dwupoziomową na obrazie oryginalnym.
 	Maska największych szarych obiektów, uzyskana przez segmentację wyniku pierwszego progowania. Następnie operacja XOR (Image, Calculations) na obrazie wynikowym i masce małych jasnoszarych obiektów, pozostawiła największe szare obiekty.

### Zadanie 13.2

Obraz naturalny: 	falezy.pcx 	
1. Obraz pierwotny	2. Obraz zanegowany	3. Obraz wynikowy segmentacji przez podział z progiem segmentacji 20 (w dół) i parametrem tła 20 (w góre) dla minimalnej wielkości obiektu równej 1 pikselowi
		
4. Zanegowany obraz 3	5. Wynik segmentacji przez rozrost dla parametru tła 20 (w góre) obrazu 4	6. Corel PhotoPaint – progowanie z progiem 236

Pozostawiając segmentację dwóch obrazów (segmentując i zanegując) powstająca w wyniku segmentacji obiektów oznaczonych na obrazach

Obraz sztuczny:

*Spots.pcx*

7. Obraz oryginalny	8. Wynik segmentacji przez podział dla progu 10 (w dół) i parametru tła 100 (w góre) przy minimalnej wielkość obiektu 1 piksel	9. Wynik segmentacja przez rozrost dla parametru tła 80 (w góre)
10. Wynik segmentacji przez progowanie z progiem 117		

## ROZDZIAŁ 14

### Analiza i rozpoznanie obrazu

Przed przystąpieniem do rozwiązywania problemów i zadań należy zapoznać się z treścią rozdziałów 6.2 „Wyznaczanie cech obiektów” i 6.3 „Tworzenie wektora cech i ich klasyfikacja” (str. 146, 157) ze skryptu „Przetwarzanie Obrazów” Warszawa 2003 oraz z odpowiednimi materiałami z POB, zamieszczonymi w zasobach WSISiZ (UBI, Oceanic) i w Wykazie Literatury [4, 10, 14].

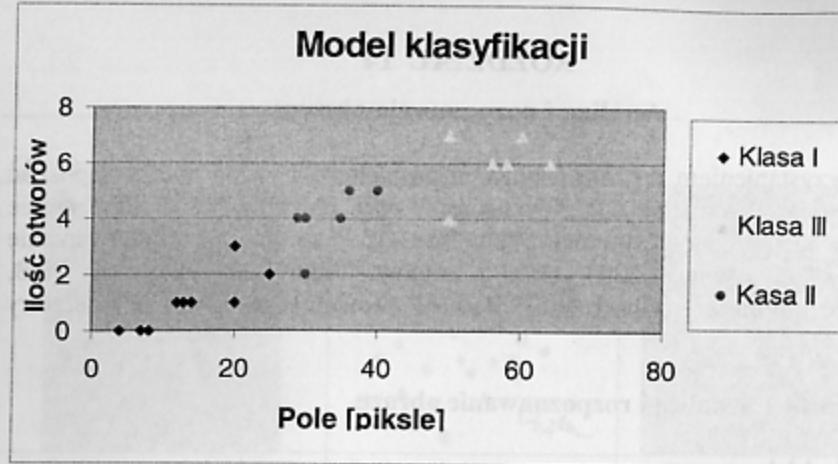
#### Problem 14.1 Analiza i rozpoznawanie obrazu

##### Zadanie 14.1

Na samodzielnie wygenerowanych pięciu obrazach, o parametrach podanych w instrukcji załączonej do wykonywanego ćwiczenia, zawierających czarny obiekt (niekoniecznie spójny i wypukły) na białym tle, przeprowadzić klasyfikację obiektów na podstawie dwóch cech: pola powierzchni i ilości otworów. Klasyfikacje przeprowadzić zgodnie z modelem zawartym w zbiorze uczącym, przedstawionym w tabeli:

nr obiektu	pole	Otwory	Klasy
1	29	4	II
2	58	6	III
3	30	4	II
4	12	1	I
5	4	0	I
6	7	0	I
7	60	7	III
8	36	5	II
9	13	1	I
10	14	1	I
11	8	0	I
12	25	2	I
13	35	4	II
14	40	5	II
15	64	6	III
16	56	6	III

i na wykresie w przestrzeni cech:



Sposób postępowania:

1. Wygenerować (według podanego klucza) pięć różnych obrazów zawierających obiekty do klasyfikacji, korzystając z programu wymienionego w instrukcji do realizowanego ćwiczenia i przesłać je do arkusza kalkulacyjnego Excel.
2. Policzyć dla każdego obrazu pole powierzchni i ilość otworów w obiekcie.  
**Uwaga:** Przy opisie obiektów obowiązuje zasada sąsiedztwa ośmiospojnego.
3. Wpisać obliczone parametry obiektów niesklasyfikowanych do arkusza \*.xls, wymienionego w instrukcji do wykonywanego ćwiczenia.
4. Obliczyć odległości w przestrzeni cech każdego nowo klasyfikowanego obiektu od wszystkich obiektów zbioru uczącego, wykorzystując jedną z metryk: Euklidesową, Czebyszewa, Manhattan.
5. Dokonać klasyfikacji każdego obiektu według reguł: 1-NN, 3-NN, 5-NN przez:
  - Posortowanie wyliczonych odległości (po przekopiowaniu ich wartości w inne miejsce w arkuszu kalkulacyjnym).
  - Sprawdzenie, do których klas należą najbliżsi sąsiedzi.
  - Zakwalifikowanie obiektu do klasy, do której należy większość jego sąsiadów. W przeciwnym przypadku przydzielenie obiekta klasy

według jednego z następujących priorytetów: a) I, II, III; b) I, III, II;

c) II, III, I; d) II, I, III; e) III, II, I; f) III, I, II.

6. Zinterpretować i zobrazować wyniki w przestrzeni cech.

### Przykłady rozwiązań

#### Zadanie 14.1

Własne obrazy w formie binarnej, odpowiadające im tablice liczb oraz pola tych obiektów i liczba otworów.

Poziomy jasności: 255 – biały, 0 – czarny

	255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 pole 20 otworów 1
--	--

	255 0 0 0 0 0 255 255 255 255 255 0 255 0 255 0 255 255 255 255 255 0 0 0 0 0 255 255 255 255 255 0 255 0 255 255 255 255 255 255 255 0 0 0 255 255 255 255 255 255 255 0 0 255 pole 20 otworów 3
--	---

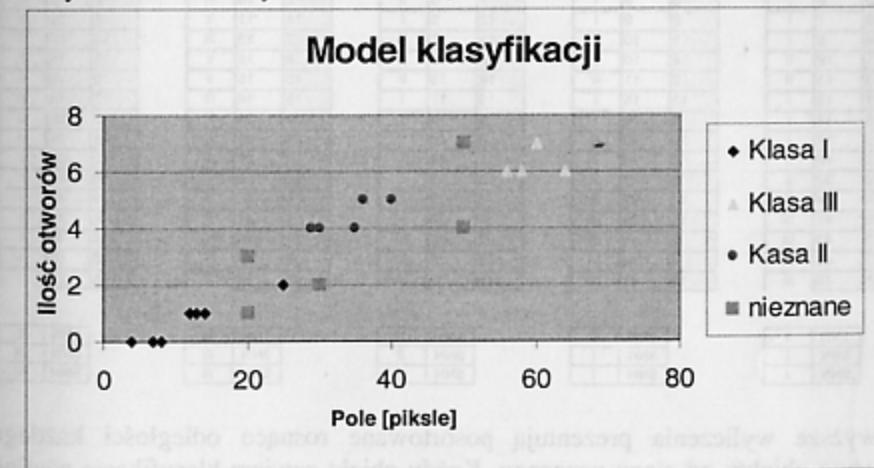
	<table border="1"><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>255</td><td>255</td><td>0</td><td>255</td><td>255</td><td>0</td><td>255</td><td>255</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>255</td><td>0</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>0</td><td>255</td><td>255</td><td>0</td><td>255</td></tr><tr><td>255</td><td>0</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>0</td><td>255</td><td>255</td><td>0</td><td>255</td></tr><tr><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td></tr><tr><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td></tr><tr><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td></tr><tr><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td></tr><tr><td>pole</td><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>otworów</td><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	255	255	0	255	255	0	255	255	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	255	0	255	255	255	0	255	255	0	255	255	0	255	255	255	0	255	255	0	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	pole	30									otworów	2																		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																
0	255	255	0	255	255	0	255	255	0																																																																																																																
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																
255	0	255	255	255	0	255	255	0	255																																																																																																																
255	0	255	255	255	0	255	255	0	255																																																																																																																
255	255	255	255	255	255	255	255	255	255																																																																																																																
255	255	255	255	255	255	255	255	255	255																																																																																																																
255	255	255	255	255	255	255	255	255	255																																																																																																																
255	255	255	255	255	255	255	255	255	255																																																																																																																
pole	30																																																																																																																								
otworów	2																																																																																																																								
	<table border="1"><tr><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td></tr><tr><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td></tr><tr><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td></tr><tr><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>255</td><td>0</td><td>0</td><td>255</td><td>255</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>255</td><td>255</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>255</td><td>255</td><td>0</td><td>0</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>pole</td><td>50</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>otworów</td><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	255	0	0	255	255	0	0	255	255	0	0	0	0	0	0	0	0	0	255	255	0	0	255	255	255	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	pole	50									otworów	4								
255	255	255	255	255	255	255	255	255	255																																																																																																																
255	255	255	255	255	255	255	255	255	255																																																																																																																
255	255	255	255	255	255	255	255	255	255																																																																																																																
255	255	255	255	255	255	255	255	255	255																																																																																																																
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																
0	0	0	0	255	0	0	255	255	0																																																																																																																
0	255	255	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																
0	0	255	255	0	0	255	255	255	0																																																																																																																
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																
pole	50																																																																																																																								
otworów	4																																																																																																																								
	<table border="1"><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>255</td><td>255</td></tr><tr><td>0</td><td>255</td><td>0</td><td>255</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>255</td><td>255</td></tr><tr><td>0</td><td>255</td><td>0</td><td>255</td><td>0</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td></tr><tr><td>0</td><td>255</td><td>0</td><td>255</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>255</td><td>255</td><td>255</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>255</td><td>255</td></tr><tr><td>0</td><td>255</td><td>0</td><td>255</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>255</td><td>255</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>255</td></tr><tr><td>pole</td><td>50</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>otworów</td><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	0	0	255	255	0	255	0	255	0	0	0	0	255	255	0	255	0	255	0	255	255	255	255	255	0	0	0	0	0	255	255	255	255	255	0	255	0	255	0	0	0	255	255	255	0	0	0	0	0	0	0	255	255	255	0	0	0	0	0	0	0	0	255	255	0	255	0	255	0	0	0	0	255	255	0	0	0	0	0	0	0	0	0	255	pole	50									otworów	7																		
0	0	0	0	0	0	0	0	255	255																																																																																																																
0	255	0	255	0	0	0	0	255	255																																																																																																																
0	255	0	255	0	255	255	255	255	255																																																																																																																
0	0	0	0	0	255	255	255	255	255																																																																																																																
0	255	0	255	0	0	0	255	255	255																																																																																																																
0	0	0	0	0	0	0	255	255	255																																																																																																																
0	0	0	0	0	0	0	0	255	255																																																																																																																
0	255	0	255	0	0	0	0	255	255																																																																																																																
0	0	0	0	0	0	0	0	0	255																																																																																																																
pole	50																																																																																																																								
otworów	7																																																																																																																								

148

wyniki pomiaru  
cech nowych  
obiektów do  
klasyfikacji w  
kontekście zbioru  
uczącego

nr	pole	otwory	Klasy
1	29	4	II
2	58	6	III
3	30	4	II
4	12	1	I
5	4	0	I
6	7	0	I
7	60	7	III
8	36	5	II
9	13	1	I
10	14	1	I
11	8	0	I
12	25	2	I
13	35	4	II
14	40	5	II
15	64	6	III
16	56	6	III
17	20	1	
18	20	3	
19	30	2	
20	50	4	
21	50	7	

Obliczone parametry obiektów niesklasyfikowanych wpisano do arkusza kalkulacyjnego Excel i zobrazowano ich położenie w przestrzeni cech (nowe obiekty oznaczono szarymi kwadratami).



149

Obliczone odległości w przestrzeni cech każdego nowo klasyfikowanego obiektu od wszystkich obiektów zbioru uczącego, z wykorzystaniem metryki

$$\text{Manhattan: } d(x^a, y^b) = \sum_{i=1}^n |x_i^a - y_i^b|$$

(oznaczenia zgodne z oznaczeniami na wykładzie)

odległość obiektu od	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
17	12	43	13	8	17	14	46	20	7	6	13	6	18	24	49	41
18	10	41	11	10	19	16	44	18	9	8	15	6	16	22	47	39
19	3	32	2	19	28	25	35	9	18	17	24	5	7	13	38	30
20	21	10	20	41	50	47	13	15	40	39	46	27	15	11	16	8
21	24	9	23	44	53	50	10	16	43	42	49	30	18	12	15	7

Dokonano klasyfikacji każdego obiektu według reguł: 1-NN, 3-NN, 5-NN.

W tym celu:

- posortowano wyliczone odległości dla każdego nowego obiektu oddzielnie;
- sprawdzono, do których klas należą najbliżsi sąsiedzi według reguł 1-NN, 3-NN, 5-NN;
- zakwalifikowano obiekty do klasy, do której należała większość jego sąsiadów, w przeciwnym przypadku przydzielono klasę według priorytetu: II, I, III.

17 Klasa	18 Klasa	19 Klasa	20 Klasa	21 Klasa
10 6 I	12 6 I	3 2 II	16 8 III	16 7 III
12 6 I	10 8 I	1 3 II	2 10 III	2 9 III
9 7 I	9 9 I	12 5 I	14 11 II	7 10 III
4 8 I	1 10 II	13 7 II	7 13 III	14 12 II
1 12 II	4 10 I	8 9 II	8 15 II	15 15 III
3 13 II	3 11 II	14 13 II	13 15 II	8 16 II
11 13 I	11 15 I	10 17 I	15 16 III	13 18 II
6 14 I	6 16 I	9 18 I	3 20 II	3 23 II
5 17 I	13 16 II	4 19 I	1 21 II	1 24 II
13 18 II	8 18 II	11 24 I	12 27 I	12 30 I
8 20 II	5 19 I	6 25 I	10 39 I	10 42 I
14 24 II	14 22 II	5 28 I	9 40 I	9 43 I
16 41 III	16 39 III	16 30 III	4 41 I	4 44 I
2 43 III	2 41 III	2 32 III	11 46 I	11 49 I
7 46 III	7 44 III	7 35 III	6 47 I	6 50 I
15 49 III	15 47 III	15 38 III	5 50 I	5 53 I

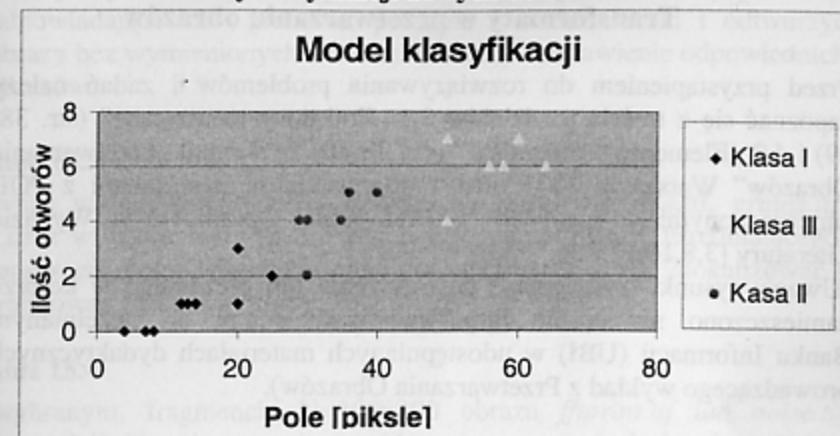
  

1NN I	1NN I	1NN II	1NN III	1NN III
3NN I	3NN I	3NN II	3NN III	3NN III
5NN I	5NN I	5NN II	5NN III	5NN III

Powyższe wyliczenia prezentują posortowane rosnąco odległości każdego nowego obiektu od ciągu uczącego. Każdy obiekt zawiera klasyfikację według

reguł 1-NN, 3-NN, 5-NN. Każda metoda dała takie same wyniki (tę samą klasę) dla wszystkich utworzonych obiektów.

### Rezultaty klasyfikacji nowych obiektów:



## ROZDZIAŁ 15

### Transformaty w przetwarzaniu obrazów

Przed przystąpieniem do rozwiązywania problemów i zadań należy zapoznać się z treścią rozdziałów 3.1 „Podstawy teoretyczne” (str. 38-39) i 4.2 „Elementy segmentacji” (str. 78-80) ze skryptu „Przetwarzanie Obrazów” Warszawa 2003 oraz z odpowiednimi materiałami z POB zamieszczonymi w zasobach WSISiZ (UBI, Oceanic) i w Wykazie Literatury [3,8,16,17,20].

(Uwaga: rysunki wymagające powiększenia lub prezentacji w kolorze zamieszczone na stronie <http://www.wsisiz.edu.pl> w Uczelnianym Banku Informacji (UBI) w udostępnianych materiałach dydaktycznych prowadzącego wykład z Przetwarzania Obrazów).

#### Problem 15.1.

**Transformata Fouriera: wyznaczanie i analiza widm amplitudowych dla obrazów testowych.**

#### Zadanie 15.1

Utworzyć następujące obrazy testowe, które przedstawiają:

- a) figury geometryczne,
- b) pęk linii prostych,
- c) zbiór prostych równoległych,
- d) imiona i nazwiska wszystkich osób w zespole (czcionka Arial, duże litery).

Dla wszystkich obrazów testowych wyznaczyć widma amplitudowe i zestawić wyniki w postaci: obraz pierwotny – obraz widma amplitudowego 2D i obraz widma amplitudowego 3D. Zinterpretować zależność parametrów widma od zawartości obrazu.

#### Zadanie 15.2

- a) Wyznaczyć widma amplitudowe obrazów: *Chromosom&.tif*, *Wafer2.tif*, *Scr1.tif* i zinterpretować różnice.
- b) Zestawić widmo amplitudowe całego obrazu *Chromosom&.tif* i poszczególnych jego fragmentów zawierających chromosomy położone:

poziomo, pionowo i skośnie, następnie zinterpretować wyniki przez zidentyfikowanie na widmie amplitudowym położenia punktów odpowiadających za orientację prążków.

- c) Na jednym z pozostałych obrazów wyłumić częstotliwości odpowiadające za: pionowe, poziome i skośne kreski i odtworzyć obrazy bez wymienionych struktur. Utworzyć zestawienie odpowiednich obrazów.

#### Zadanie 15.3

Porównać widma amplitudowe jednego z obrazów: *noise2.tif*, *grains.tif*, *spots.tif* z widmem tego obrazu po zastosowaniu filtrów: uśredniającego, medianowego, dolnoprzepustowego i górnoprzepustowego. Zlokalizować i zinterpretować różnice w widmie.

#### Zadanie 15.4

Na wybranym, fragmencie N=300x300 obrazu *fftprint.tif* lub *noise.tif* przeprowadzić filtrację usuwającą zakłócenia w postaci ukośnych prążków. Przedstawić graficzną reprezentację spektrum (widmo amplitudowe) oraz galerię obrazów.

#### Zadanie 15.5

Korzystając z arkusza kalkulacyjnego *Excel* wyliczyć wartość transformaty Fouriera DFT dla zadanego (według klucza) fragmentu obrazu. W rozwiązaniu przedstawić kolejne etapy wyliczeń, zastosowane wzory i formuły. Zachować plik \*.xls w formie wymaganej przez prowadzącego.

#### Obliczanie transformat:

- 1. DFT z wykorzystaniem separowalności:

$$X(m) = \sum_{n=0}^N x(n)[\cos(2\pi fm/N) - j \sin(2\pi fm/N)]$$

$$X(m) = X_{real}(m) + jX_{imag}(m)$$

$$X_{mag}(m) = |X(m)| = \sqrt{X_{real}^2(m) + X_{imag}^2(m)}$$

Obraz  $x[m,n]$ :

187	188	189	202	209	175	66	41
191	189	193	209	193	98	40	39
188	X	202	202	144	Z	35	37
189	195	206	172	58	47	43	45
197	204	194	Y	50	48	42	45
208	204	151	50	41	41	41	53
209	179	68	42	35	36	40	47
200	117	53	41	34	38	39	63

2. Transformatę kosinusową dwuwymiarową:

$$X[\mu, \nu] = \frac{C[\mu]C[\nu]}{4} \sum_{m=0}^7 \sum_{n=0}^7 x[m, n] \cos \frac{(2m+1)\mu\pi}{16} \cos \frac{(2n+1)\nu\pi}{16}$$

$$0 \leq \mu, \nu \leq 7$$

$$C[x] = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ dla } x=0, C[x]=1 \text{ dla } 1 < x \leq 7$$

3. Transformatę kosinusową z wykorzystaniem separowalności:

$$X(k) = \frac{1}{2} C[k] \sum_{n=0}^7 x(n) \cos \frac{(2n+1)k\pi}{16}$$

### Problem 15.2

#### Transformata Hougha: detekcja krawędzi o złożonym kształcie

Z wykorzystaniem programu wymienionego w instrukcji do realizowanego ćwiczenia, za pomocą transformaty Hougha, wyznaczyć proste aproksymujące krawędzie w dwóch obrazach złożonych z linii dyskretnych a) pobranym ze zbiorów obrazowych WSISiZ, b) obrazie utworzonym w tym programie.

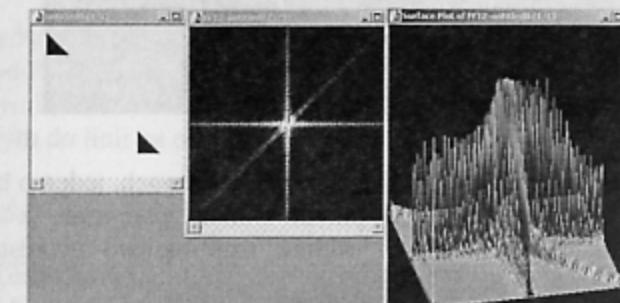
#### Zadanie 15.6

Korzystając z programu wymienionego w instrukcji do realizowanego ćwiczenia przeprowadzić detekcję krawędzi i binaryzację na obrazie np. *gray.bmp*. Uzyskany obraz binarny powinien charakteryzować się niewielkim zaszumieniem, nawet kosztem przerwania ciągłości linii ograniczającej obiekt. Następnie, na obrazie obróconym o dany kąt przeprowadzić aproksymację krawędzi.

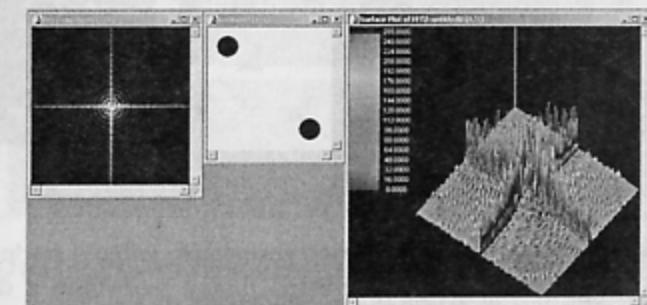
### Przykłady rozwiązań

**Problem 15.1. Transformata Fouriera: wyznaczanie i analiza widm amplitudowych dla obrazów testowych.**

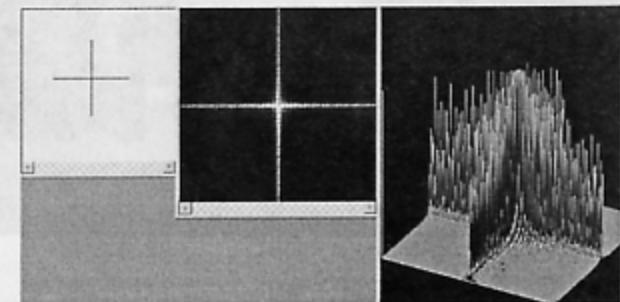
1. Dwa trójkąty prostokątne równoramienne o ramieniu 28 pikseli (pole ok. 400).



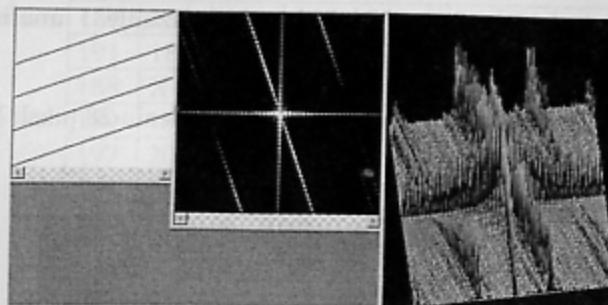
2. Dwa koła o promieniu 17 (czyli polu ok. 900) pikseli.



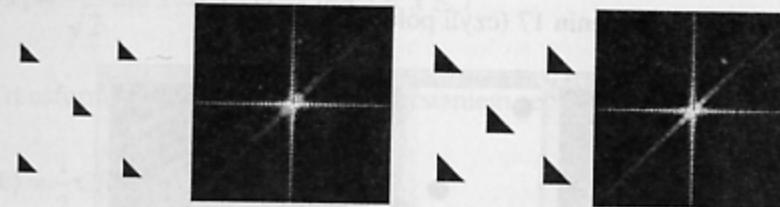
3. Dwa odcinki o długości 100 pikseli przecinające się pod kątem prostym.



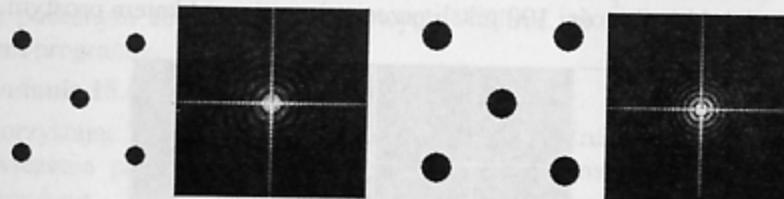
4. Cztery równoległe odcinki nachylone pod kątem 20°.



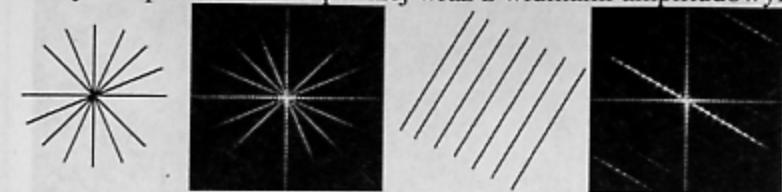
5. Trójkąty zostały przygotowane w dwóch zestawach, jeden o boku 20 pikseli, a drugi o boku 30 pikseli. Obrazy pierwotne z dwoma rozmiarami trójkątów i ich widma amplitudowe przedstawiono poniżej.



6. Koła zostały przygotowane w dwóch zestawach, jedne o średnicy 20 pikseli, a drugie o średnicy 30 pikseli. Obrazy pierwotne z dwoma rozmiarami kół i ich widma amplitudowe przedstawiono poniżej.

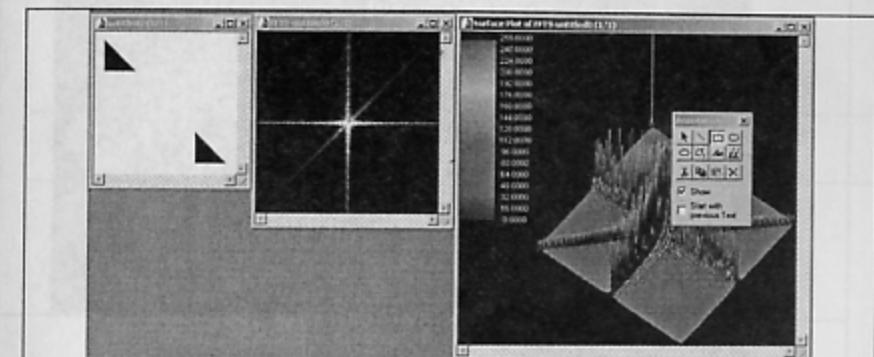


7. Dwa zestawy linii o grubości 2 piksele i długości 150 pikseli każda. Zostały one przedstawione poniżej wraz z widmami amplitudowymi.

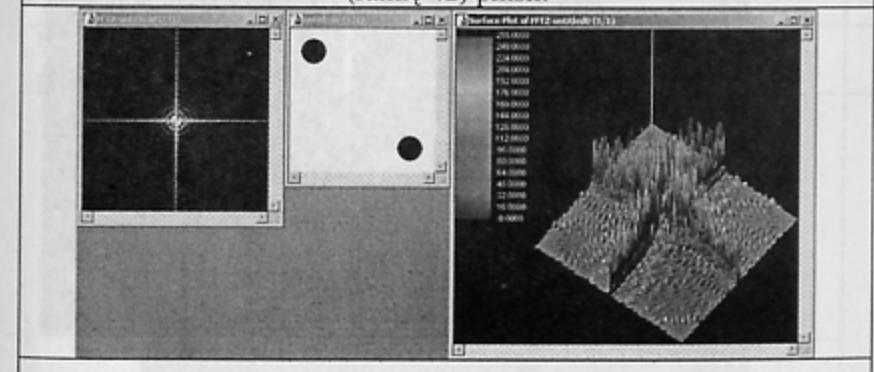


Obraz przedstawiający pęk linii, przecinających się w środku obrazu ma widmo podobne do obrazu pierwotnego. Natomiast obraz z liniami równoległymi ma widmo z jednym dominującym kierunkiem, dokładnie prostopadłym do linii na obrazie pierwotnym.

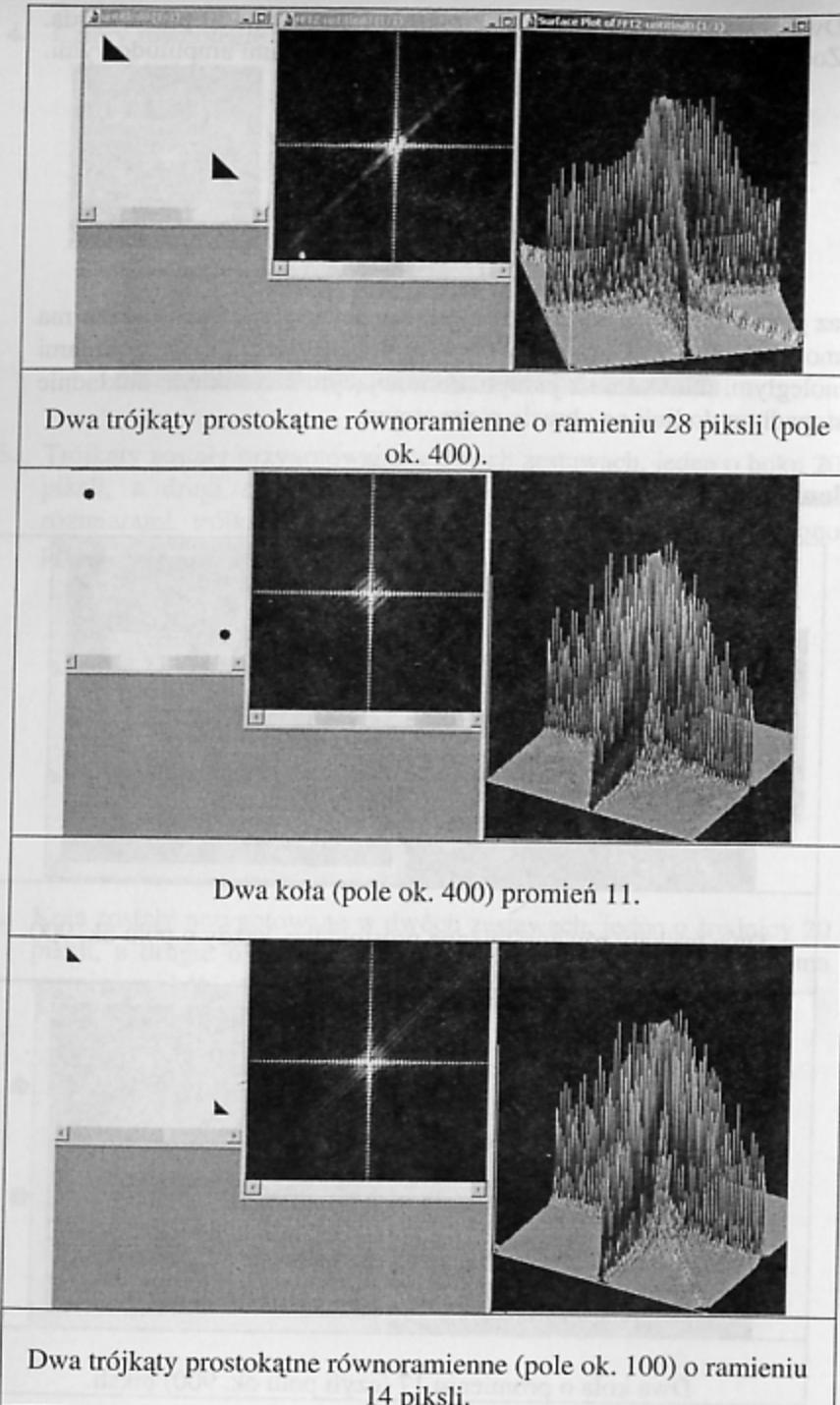
### Zadanie 15.1



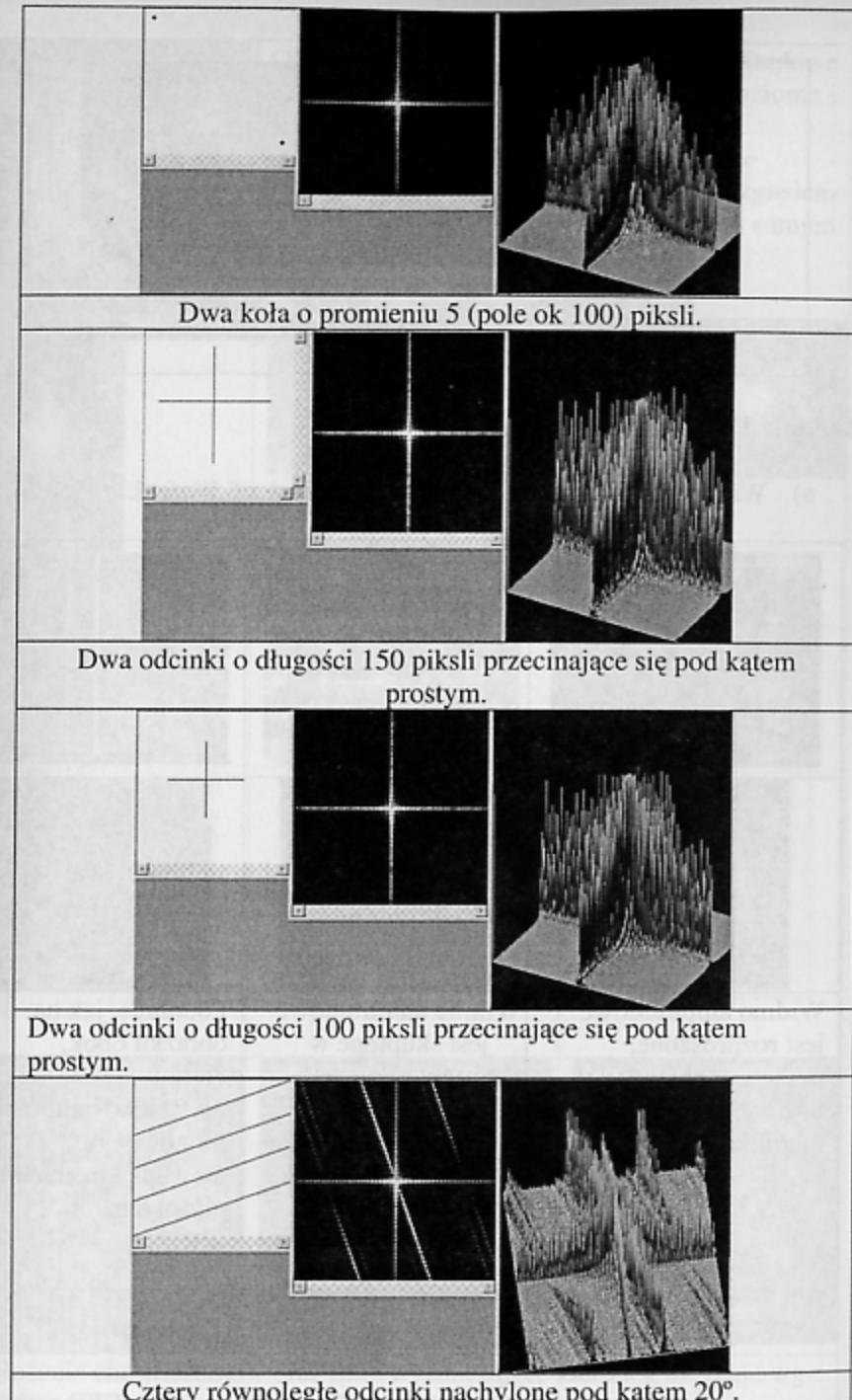
Dwa trójkąty równoramienne prostokątne, każdy o polu ok. 900 (ramię 42) pikseli.



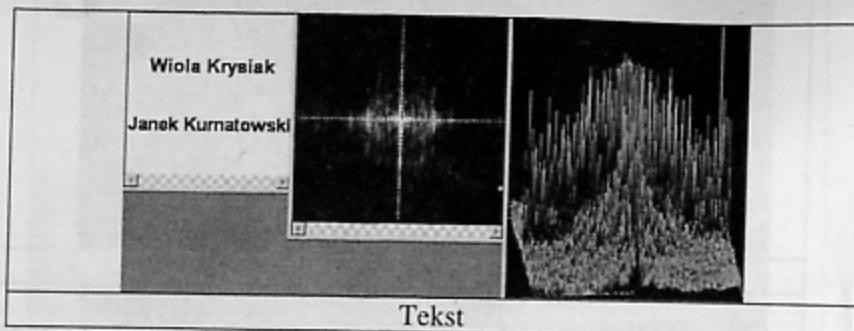
Dwa koła o promieniu 17 (czyli polu ok. 900) pikseli.



158

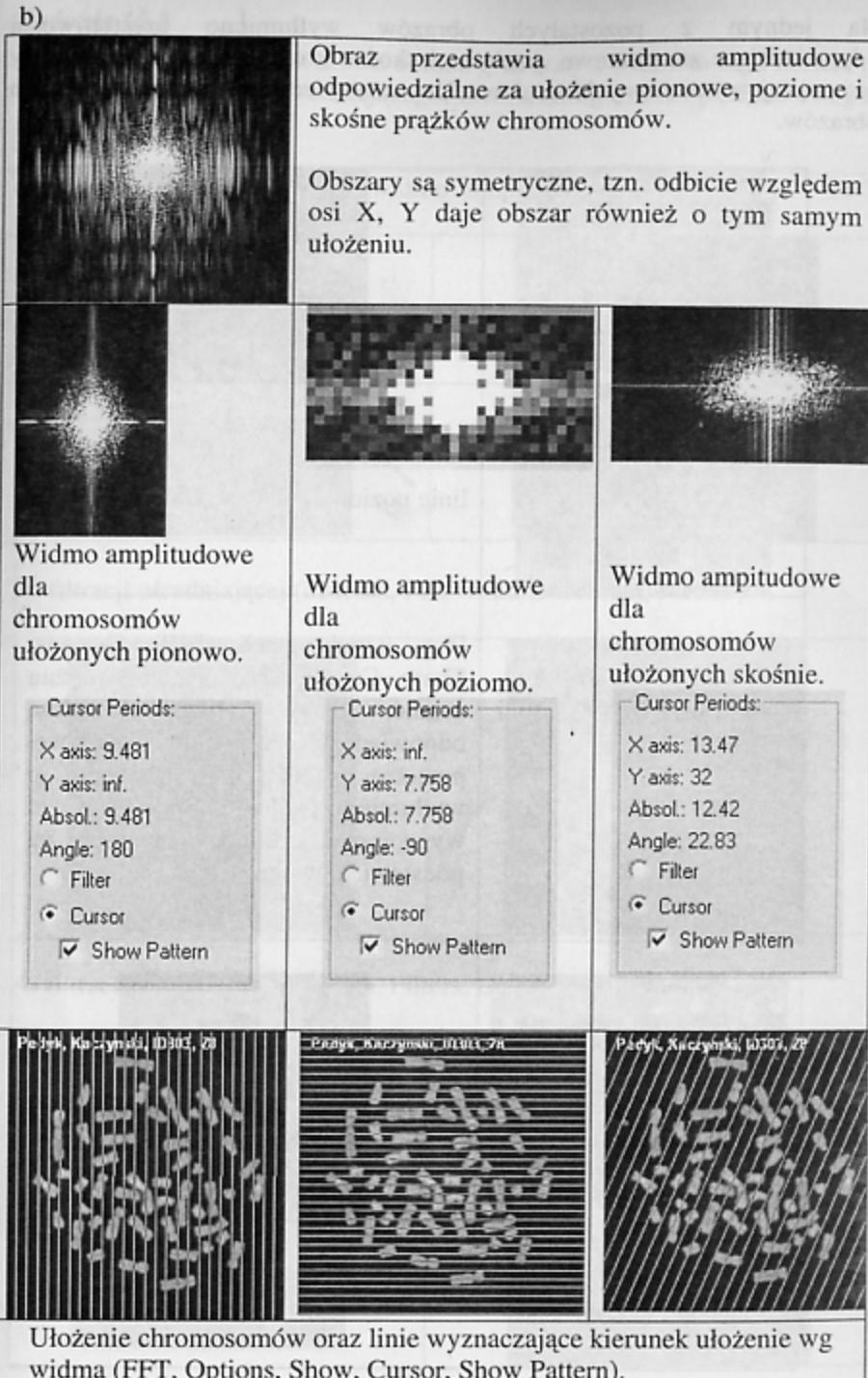
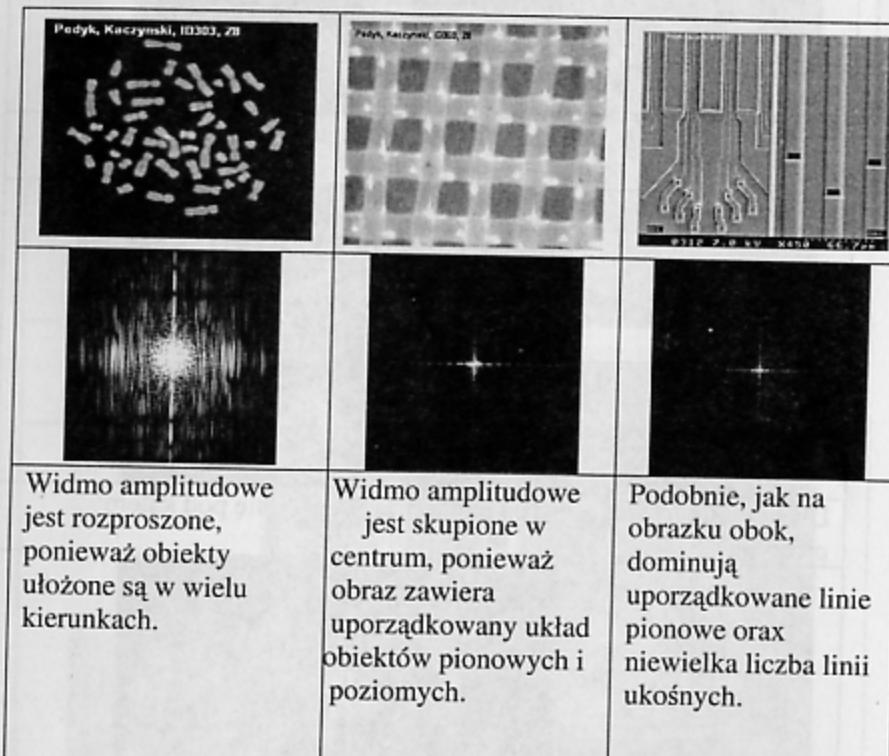


159



### Zadanie 15.2

a) Widma amplitudowe obrazów: *Chromos&.tif*, *Wafer2.tif*, *Scr1.tif*



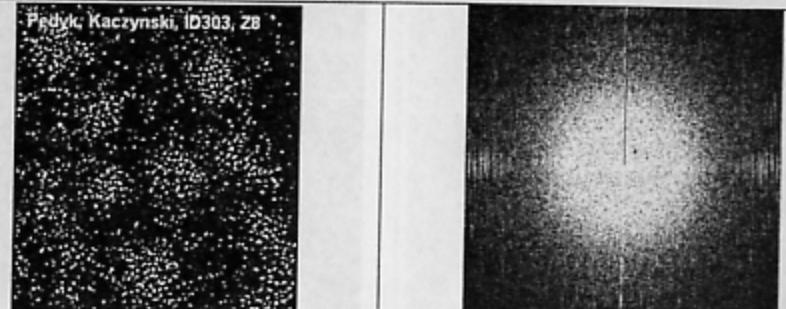
Na jednym z pozostałych obrazów wyłumiono częstotliwości odpowiadające za: pionowe, poziome i skośne kreski i odtworzono obrazy bez wyżej wymienionych struktur. Utworzono zestawienie odpowiednich obrazów.

Podgląd ułożenia linii w/g widma: 0, 180 stopni (pionowe) i 90, -90 stopni (poziome).	Przy użyciu opcji (FFT, Options, Show, Cursor, Show Pattern) można ustalić, które obszary widma odpowiadają za linie pionowe, poziome i skośne, a następnie je wyłumić (Filter, Spike-Cut) i wygenerować obraz (Inverse) na podstawie nowego widma (poniżej).
Obraz został wygładzony.	

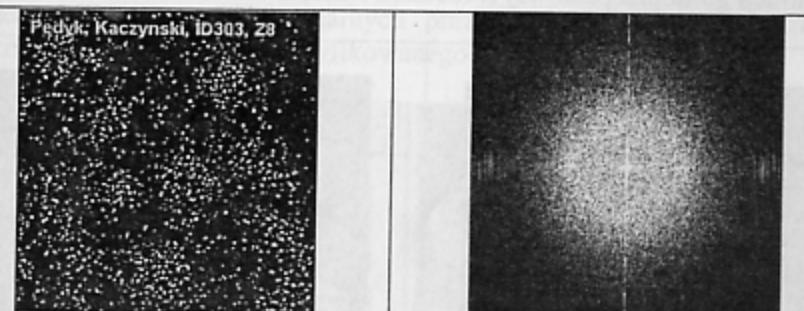
### Zadanie 15.3

Porównano widma amplitudowe obrazu *grains.tif* z widmem tego obrazu po zastosowaniu filtrów: uśredniającego, medianowego, dolnoprzepustowego i górnoprzepustowego.

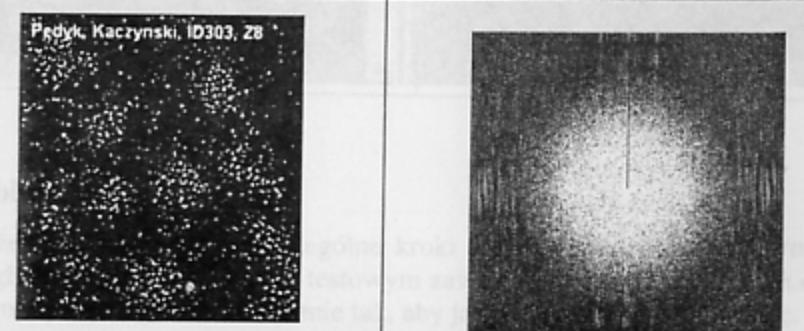
Obraz pierwotny oraz jego widmo amplitudowe (Process, FFT, FFT-Options, Amplitude, Grain: 120).



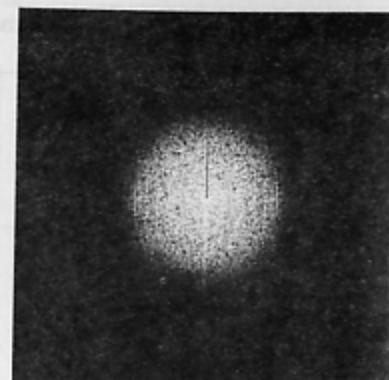
Po filtracji uśredniającej (Process, Filters, Enhancement, Flatten).



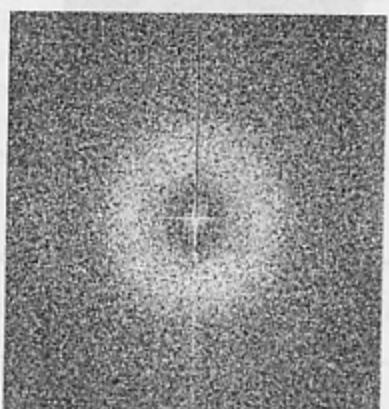
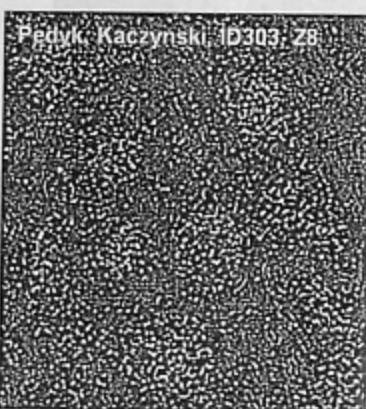
Po filtracji medianowej (Process, Filters, Enhancement, Median).



Po filtracji dolnoprzepustowej (Process, Filters, Enhancement, LoPass).



Po filtracji górnoprzepustowej (Process, Filters, Enhancement, HiPass).



#### Zadanie 15.4.

Oznakowany obraz noise.tif wraz z jego widmem amplitudowym:

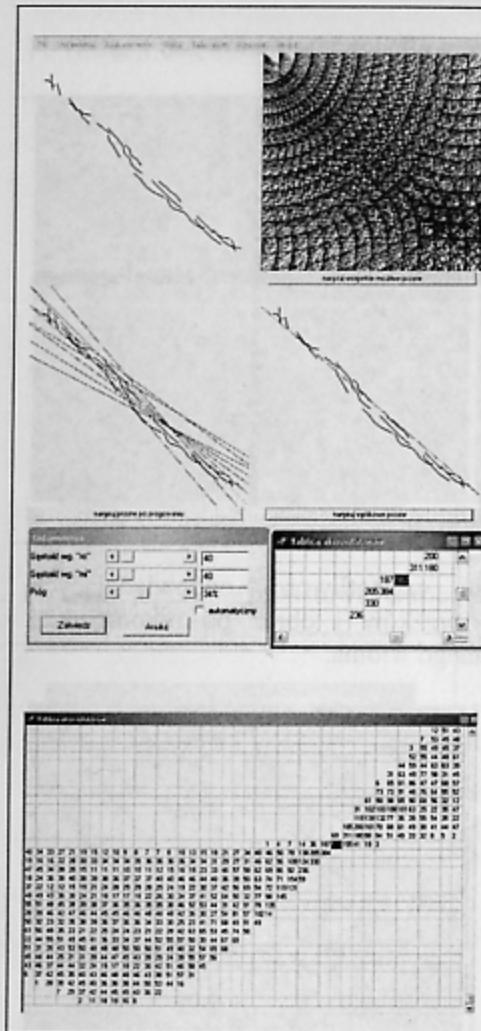


Widmo amplitudowe po usunięciu częstotliwości odpowiadających zakłóceniom w postaci regularnych prążków i obraz po rekonstrukcji wykonanej na podstawie zmodyfikowanego widma.



#### Problem 15.2

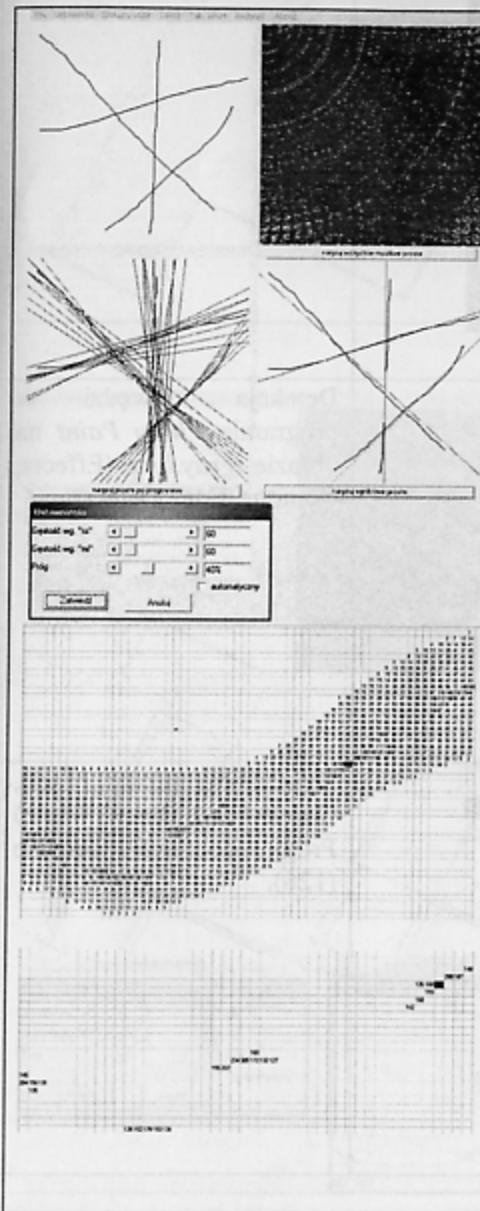
Poniżej przedstawiono poszczególne kroki aproksymacji linii transformata Hougha na wybranym obrazie testowym zawartym w programie *Hough.exe*. Parametry zostały dobrane ręcznie tak, aby jak najlepiej dopasować linię.



Szukana krawędź to linia prosta (Szukany wzór  $\rightarrow$  prosta). Po wyborze opcji *Oblicz* program wylicza tablicę akumulatorów dla wartości  $\rho$  i  $\mu$  podanych w ustawieniach. W chwilę po wybraniu opcji *Narysuj* najpierw uwidacznia się zbiór prostych o wielu możliwych nachyleniach (lewy dolny róg górnego rysunku). Tablica akumulatorów (rysunek dolny) pokazuje pas sinusoid. Ciemny prostokąt oznacza maksimum.

Tablica akumulatorów ma wymiar  $40 \times 40$ . Próg (34%) jest wykorzystywany do analizowania tablicy akumulatorów. Jeżeli jest włączony automatyczny próg, wtedy program ustala jego wielkość na podstawie średniej wartości tablicy akumulatorów. W rezultacie otrzymujemy aproksymowaną linię i ostateczną tablicę akumulatorów.

Poniżej pokazano działanie programu na obrazie własnym, utworzonym w programie:



Poszczególne kroki aproksymacji linii transformata Hougha na obrazie własnym (Rysunek).

Parametry zostały dobrane ręcznie tak, aby jak najlepiej dopasować linię.

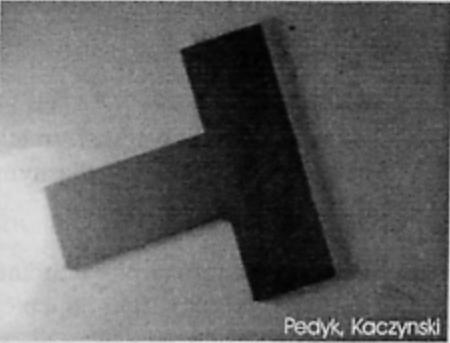
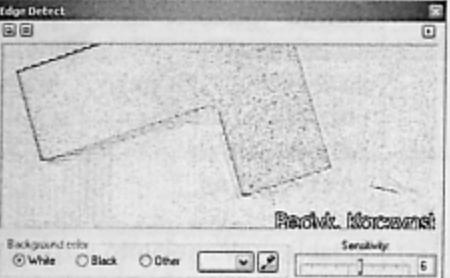
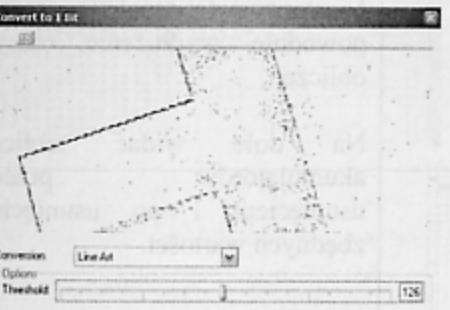
Widać, że dużo zależy od doboru gęstości  $\rho$  i  $\mu$  w ustawieniach programu. Ustawienie niskiego progu pozwala na odrzucenie linii nie pokrywających się z rzeczywistymi.

Z tablicy akumulatorów zostały usunięte wartości niższe od progu.

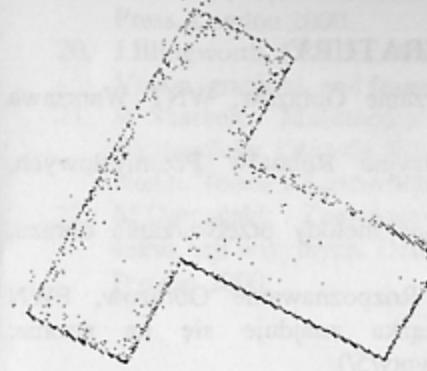
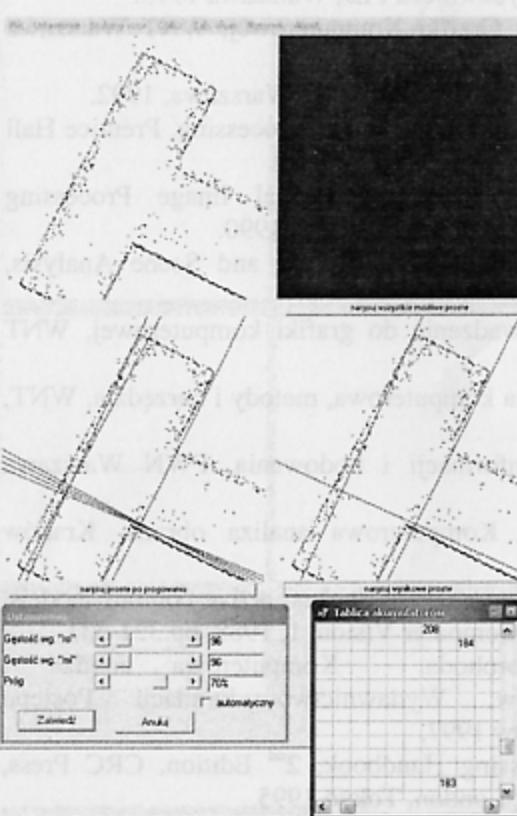
Niestety zwiększanie gęstości powoduje wydłużenie czasu obliczeń.

Na dole widać tablicę akumulatorów przed usunięciem i po usunięciu zbędnych wartości.

## Zadanie 15.6

	Obraz pierwotny. Padyk, Kaczynski
	Detekcja krawędzi w programie <i>Photo Paint</i> na obrazie <i>tgray.bmp</i> (Effects, Contour, Edge Detect)
	Binaryzacja (Color Mode, Convert To Black White) Próg dobrany ręcznie (126).

168

	Obraz obrócony (Image, Rotate) o kąt $3/2 \cdot \pi = 135^\circ$
	Aproksymacja linii w programie <i>Hough</i> .  Niestety program <i>Hough</i> obcina obrazy za duże, dlatego operacje prowadzone są na fragmencie obrazu.  Pod dobraniu parametrów możliwe było wykrycie tylko trzech linii, ponieważ pozostałe krawędzie są zbyt zaszumione i program podawał nieprawidłowe rozwiązania. Dlatego ustalony próg jest dość wysoki, bo 70%, a gęstość siatki to $96 \times 96$ . W tablicy akumulatorów widać trzy wartości akumulatorów znalezionych linii.

169