

Algorytmy Przetwarzania Obrazów

Obraz i jego histogram. Operacje punktowe (I)

WYKŁAD 1

Dla studiów stacjonarnych 2025/2026

Dr hab. Anna Korzyńska, prof. nadzwyczajny prof. IBIB PAN

Zaliczenie przedmiotu Algorytmy Przetwarzania Obrazów (APO)

- 4 wykłady omawiające implementację funkcjonalności obowiązkowych i ponadobowiązkowych w aplikacji na zaliczenie; (Teams)
- 6 laboratoriów, na których będzie budowana, rozwijana i sprawdzana aplikacja do przetwarzania obrazów (praca indywidualna); (sala N102)
- Dodatkowo projekt egzaminacyjny (mini-projekt) w formie dodatkowych funkcjonalności w aplikacji rozwijanej w czasie laboratoriów lub w oddzielnej aplikacji.

Tematy projektu do wyboru, będą podane na następnym wykładzie. Na wykładzie 3 będzie przewidziany czas na rozmowy na temat wybranych mini-projektów.

Aplikacja

Aplikacja powinna:

- być programem desktopowym z uproszczonym głównym interfejsem użytkownika w postaci typowego menu, ale za to z bardzo intuicyjnym i rozbudowanym interfejsem do poszczególnych funkcjonalności;
- wczytywać jednocześnie kilka obrazów monochromatycznych lub/i kolorowych w następujących formatach: tif, png, jpg, bmp;
- obsługiwać funkcjonalność zapisu obrazu z i bez zmiany jego nazwy oraz duplikowania obrazów wczytanych;
- umożliwiać pokazywanie obrazów w kontekście ich histogramów oraz wyników ich przetwarzania;
- korzystać z biblioteki OpenCV na etapie wskazanym przez prowadzącego. Inne biblioteki powinny być uzgodnione z prowadzącym zajęcia.

Aplikacja może:

- być napisana w wybranym przez studenta języku programowania i przy użyciu wybranego przez studenta środowiska;
- być rozwijana na własnym komputerze, tak aby można ją była prezentować prowadzącemu na zajęciach (bezpośrednio z laptopa lub komputera w Sali N102 na zajęciach), ale na koniec semestru będzie musiała zostać wgrana na Teamsy wraz z programem wykonywalnym i pracować na obrazach demonstracyjnych zgromadzonych przez studenta (problem uzgodnienia wersji oprogramowania).

Ocena z APO

Laboratoria:

Maksymalnie 50 punktów;

Zalicza 26 punktów;

Maksymalna liczba nieobecności: 2

Egzamin:

Maksymalnie 50 punktów;

Zalicza 25 punktów;

Wykłady nie są obowiązkowe, ale na wykładzie 2 i 3 będą przedstawiane, omawiane i konsultowane tematy projektów egzaminacyjnych, które należy wybrać do 15.11.2023 (wykładu 3).

Zaliczanie całego przedmiotu na podstawie sumy punktów z zaliczenia laboratoriów i punktów uzyskanych z projektu egzaminacyjnego (max 100) oceny wystawiane są według skali:

bdb – 91-100; db+ – 81-90; db – 71-80; dst+ – 61-70; dst – 51-60; ndst – mniej niż 51

Przypomnienie definicji i oznaczeń stosownych na POB

Historia dziedziny przetwarzanie obrazów

Rozmiar w pikselach: 1150x1150

Rozdzielcość poziomów szarości: 64

Pole widzenia 8.4x8.4, Kat 78.3, Dystans 2445.97 km



<http://nssdc.gsfc.nasa.gov>

Pierwsze kolorowe zdjęcie z łazika Perseverance wysłane na Ziemię. Zostało wykonane przez jedną z kamer Hazcam. Źródło: NASA/JPL-Caltech.

4 / 4

Przypomnienie ogólnej definicji obrazu

Obraz to ...

Dwuwymiarowa funkcja mówiąca o wartości pewnej mierzalnej wielkości $f(x, y)$, (najczęściej wartość to określa intensywność światła/luminancję lub intensywność kolorów podstawowych) w miejscu o współrzędnych x, y na ograniczonej, spójnej dwuwymiarowej powierzchni.

Obraz niesie informację o odzworowanej rzeczywistości lub o wizji autora, umieszczoną na ograniczonej, dwuwymiarowej i spójnej przestrzeni (2D)



Obraz cyfrowy w naukach technicznych i przyrodniczych to:

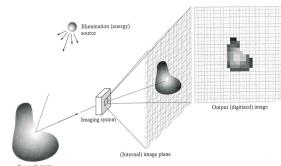
Zwarty, jednorodny i przestrzennie uporządkowany zbiór sygnałów:

- związań z cechą/cechami pomiarowymi, na bazie których tworzymy obraz (natężenie fali elektromagnetycznej, akustycznej, wielkości nie falowe np. czas relaksacji)
- dostosowanych do materialnego nośnika obrazu (papieru, kłisz, dyskietki, pamięci dyskowej itp.)
- niosących informację o odzworowanej rzeczywistości

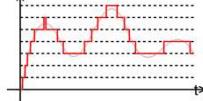


8

Obraz cyfrowy to funkcja $f(x, y)$ **podwójnie dyskretna**:
- Odzworowuje rzeczywistość 3D na dyskretną i ograniczoną przestrzeń 2D



- informacja o intensywności **cechy pomiarowej** jest **dyskretna** (skwantowana) i zakodowana



Podstawowe definicje obowiązujące na APO

Obraz to dyskretna dwuwymiarowa funkcja $f(x, y)$ określona na ograniczonym fragmencie płaszczyzny, której wartości f to **intensywność** (jasność, kolor, odbicie lub pochłanianie fali elektromagnetycznej, itp.) w tym punkcie (x, y) .

- Dla obrazów szarościennych wartość f to luminancja jest skalarem
- Dla obrazów kolorowych wartość f to wektor o trzech składowych, określający kolor w wybranej przestrzeni koloru $f = \{f_1, f_2, f_3\}$
- Dla obrazów wielomodalnych i multispektralnych wartość f to wielowymiarowy wektor określający różne dane pomiarowe.

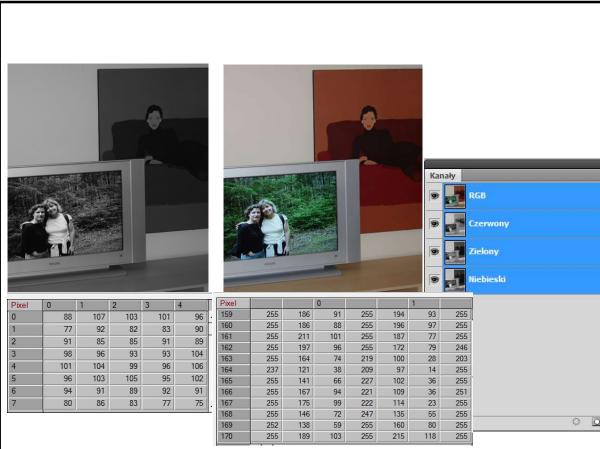
$f \in [L_{min}, L_{max}]$ - skala szarości/intensywności składowej pojedynczego kanału obrazu

$L_{min} = 0$, minimalna intensywność odpowiada czerni

$L_{max} = 255$, maksymalna intensywność odpowiada bieli

M - liczba poziomów szarości $M = L_{max} - L_{min} + 1$ $M = 2^k$

10



Laboratorium 1 (max 11p)

Algorytm i program wyliczania tablicowej wersji histogramu (tzn. LUT) dla obrazów kolorowych i monochromatycznych.

Algorytmy i implementacja graficznego prezentowania histogramu. Implementacja manipulacji histogramem.

Operacje punktowe jednoargumentowe na obrazach monochromatycznych.

Zadanie 1 (3p)

- Przygotować środowisko do pracy z obrazami (zapisanymi w formatach: .bmp; .tif; .png; .jpg) w dowolnym wybranym przez siebie języku programowania i środowisku.
- Zapewnić opcje wczytywania, zapisywania i duplikacji obrazu i możliwość jednoczesnego wyświetlania wielu obrazów (w tym wielu operandów operacji na obrazach i jej wyniku).
- Zapewnić możliwość zmiany wielkości wyświetlanego obrazu (zminimalizowany do wielkości okna, zajmujący pełny ekran, wyświetlony w naturalnej rozdzielczości, itp.)

Zadanie 2 (2,5p)

- Opracować algorytm i oprogramować funkcjonalność tworzenia tablicy LUT zawierającej informację potrzebną do wyświetlenia, manipulacji lub analizy histogramu wczytanych obrazów monochromatycznych i kolorowych.
- Zaimplementować narzędzie prezentacji (edycji - nieobowiązkowo) tablicy LUT.

Zadanie 3 (3,5p)

- Opracować algorytm i uruchomić aplikację generowania histogramu jako wykresu słupkowego wraz z opisem statystycznych wielkości charakteryzujących obraz (proszę nie korzystać z procedur automatycznie generujących wykres słupkowy).
- Opracować algorytm i uruchomić aplikację manipulacji histogramem i generacji obrazu po transformacji histogramu:
- Liniowego rozciąganie histogramu w wersjach z i bez przesycenia (max przesycenie powinno dotyczyć 5% pikseli)
- Selektynowego wyrównanie histogramu przez equalizację samodzielnie zaimplementowane według jednego z algorytmów przedstawionych na wykładzie

Zadanie 4 (2p)

Opracować algorytm i uruchomić funkcjonalności realizującą typowe operacje punktowe jednoargumentowe na obrazach w odcieniach szarości:

- negacja,
- redukcja poziomów szarości przez powtórną kwantyzację z liczbą poziomów szarości wskazaną przez użytkownika,
- progowanie binarne z progiem wskazywanym przez użytkownika (w kontekście histogramu wyświetlonego na ekranie),
- progowanie z zachowaniem poziomów szarości z progiem wskazywanym przez użytkownika (w kontekście histogramu wyświetlanego na ekranie),

Laboratorium 2. (max 9,5p)**Operacje na obrazach:**

- arytmetyczne
- logiczne
- konwolucji
- krawędziowania

Zadanie 1 (2 p)

Opracowanie algorytmu i uruchomienie funkcjonalności realizującej operacje punktowe wieloargumentowe na obrazach monochromatycznych:

- dodawania obrazów (dwóch, trzech - do pięciu) - z i bez wysycenia
- dodawania, dzielenia i mnożenia obrazów przez liczbę całkowitą - z i bez wysyceniem
- różnicy bezwzględnej obrazów.

Zadanie 2 (1,5 p)

Opracowanie algorytmu i uruchomienie funkcjonalności realizującej operacje logiczne na obrazach monochromatycznych i binarnych: not; and; or; xor.

Proszę dodać bibliotekę OpenCV i korzystać z niej przygotowując poszczególne funkcjonalności.

Zadanie 3 (4,5 p)

Opracowanie algorytmu i uruchomienie funkcjonalności realizującej operacje:

- wygładzanie liniowego oparte na typowych maskach wygładzania (średnienie, uśrednienie z wagami, filtr gaussowski – przedstawione na wykładzie) przedstawionych użytkownikowi jako maski do wyboru,
- wystrzania liniowego oparte na 3 maskach laplasjanowych (podanych w wykładzie) przedstawionych użytkownikowi maski do wyboru,
- kierunkowej detekcji krawędzi w oparciu o maski 8 kierunkowych masek Prewitta (podstawowe 8 kierunków) przedstawionych użytkownikowi do wyboru,
- detekcji krawędzi operatorami opartymi na dwóch prostopadłych maskach Sobela.

Zadanie 4 (1 p)

Opracowanie algorytmu i uruchomienie aplikacji realizującej uniwersalną operację medianową opartą na otoczeniu 3x3, 5x5, 7x7, 9x9 zadawanym w sposób interaktywny (wybór z list, przesuwanie baru). Zastosować powyższych metod uzupełniania brzegowych pikselach obrazu, dając użytkownikowi możliwość wyboru, jak w zadaniu 3.

Zadanie 5 (0,5 p)

Implementacji detekcji krawędzi operatorem Cannyego.

Laboratorium 3 (max 5,5p)**Operacje rozciągania i zawężania histogramu, prostej segmentacji i morfologii matematycznej.****Zadanie 1. (1 p)**

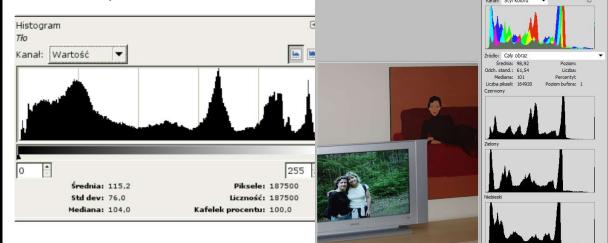
Rozciąganie histogramu w zadany przez użytkownika zakresie: p1-p2 (obraz źródłowy) do zakresu q3-q4 (obraz wynikowy).

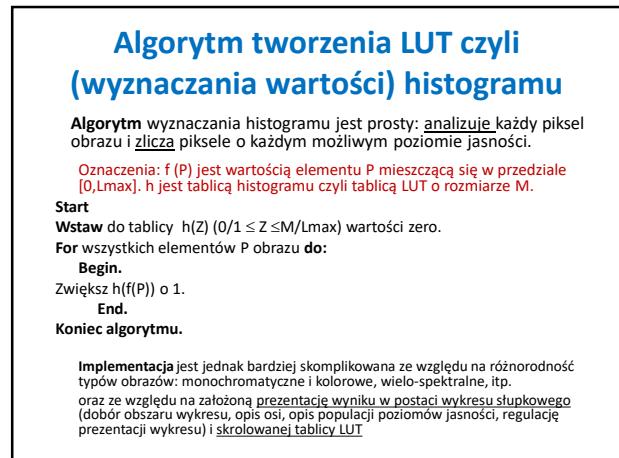
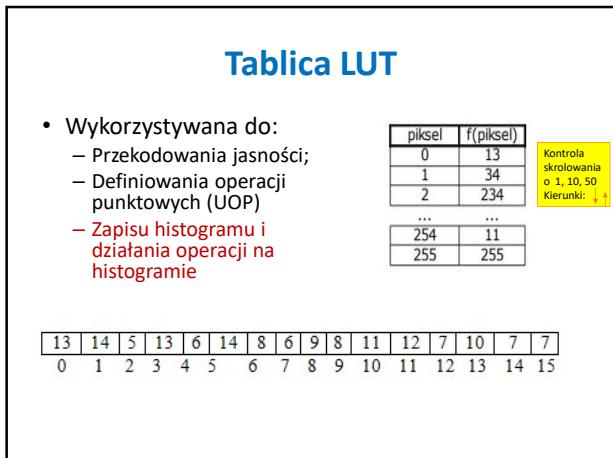
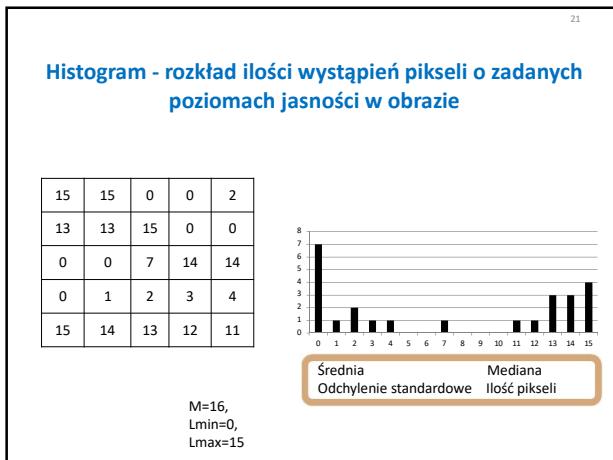
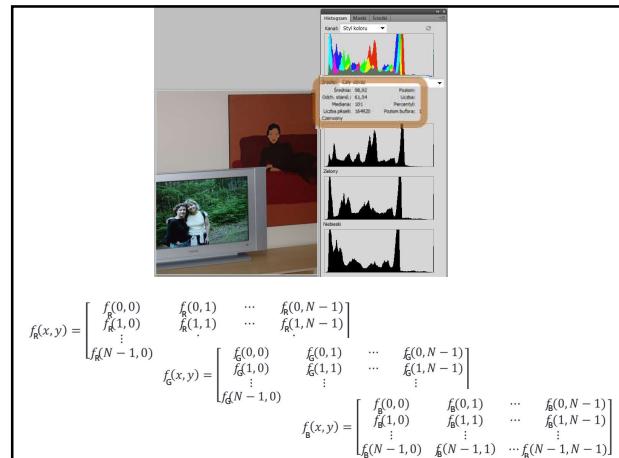
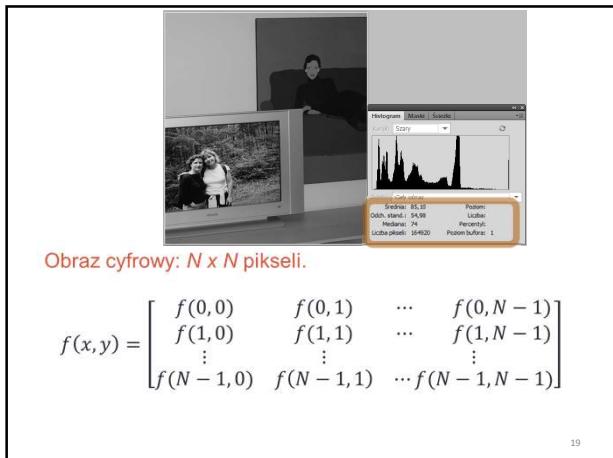
Podstawowa funkcjonalność budowanego systemu: wyświetlanie obrazu i jego histogramu

Histogram definicja

Histogram to wykres słupkowy przedstawiający ilość pikseli o każdej potencjalnej wartości występującej w obrazie.

- Statystyka odzwierciedlająca rozkład jasności punktów w obrazie.
- jest estymatą rozkładu jasności oryginalnego obrazu analogowego i/lub rzeczywistości .





Generowanie wykresu słupkowego z tablicy LUT

Start

Wyszukaj maksymalna wartość zapisaną w tablicy h – służącą do normalizacji
Przygotuj ramkę histogramu, opis jego osi i wynikającą z nich wartość współczynnika
normalizacji $h()$

Zapamiętaj współrzędne ekranowe początku wykresu (x, y)

For wszystkich elementów tablicy LUT do: { $h(1/0), \dots, h(M/Lmax)$ } – zależnie od języka

Begin.

unormuj wartość - $h()$

Narysuj odcinek o długości odpowiadającej wartości unormalowanej i punkcie zaczepienia w
współrzędnych (x, y)

Przesuń współrzędne (x, y) :

Kumuluj informacje o parametrach rozkładu statystycznego jasności

End.

Dolóż informacje o rozkładzie statystycznym jasności do wykresu słupkowego

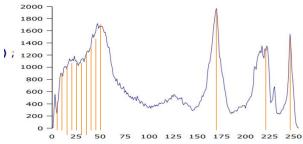
Koniec algorytmu.

Histogram skumulowany

h - histogram

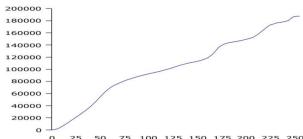
3 | 7 | 0 | 10 | 5 | 6 | 0 | 5 |

H – histogram skumulowany
(analog do dystrybuantu prawdopodobieństwa)



• $H(0) = h(0)$

• $H(n) = H(n-1) + h(n)$



Algorytm tworzenia histogramu skumulowanego H na podstawie histogramu h

LUT { $h(1/0), \dots, h(M/Lmax)$ }

Start

$H(0) = h(0)$

For wszystkich elementów h histogramu obrazu P do:

Begin.

$H(H(i-1)+h(i)))$

End.

Koniec algorytmu.

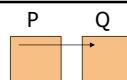
Operacje na histogramie do zaimplementowanie w aplikacji

Obrazy bardzo często zawierają elementy, które są trudne doauważania głównie dlatego, że obiekty są mało zróżnicowane w stosunku do otoczenia.

Operacje na histogramach:

1. Rozciąganie liniowe: z zakresu $p1-p2$ do zakresu $q3-q4$, (szczególnie gdy $q3=0$, $q4=Lmax$ – rozciąganie do pełnego dostępnego zakresu poziomów szarości z i bez przepełnienia – w przypadku przepełnienie nie może ono dotyczyć więcej niż 5% pikseli obrazu).
2. Rozciąganie nieliniowe według funkcji gamma
3. Wyrównanie selektywne typu equalizacja

Operacje punktowe jednogargumentowe



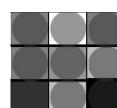
Definiowane przez:

- Definicję funkcji; z jawnie postawionymi warunkami logicznymi
$$q = \begin{cases} x & \text{if } p \in [a, b, c, \dots] \\ y & \text{if } p \in [e, f, g, \dots] \end{cases}$$
- Wykres funkcji we współrzędnych OXY; na osi OX są **wszystkie potencjalne** wartości poziomów szarości obrazu pierwotnego P , a na OY obrazu po przekształceniu Q ;
- Tablica przekodowań (LUT – Look Up Table).

0	1	2	...	L_{max}^P	P	Q
a	a	e	...			

Operacje punktowe (lokalne, jednopunktowe)

Do operacji punktowych; realizacja funkcji F



```
For i=0 to X do:
  Begin.
    For j=0 to Y do
      Begin.
        fnew(i,j):= F(f(i,j))
      End.
    End.
  End.
```

$F(f1(i,j), f2(i,j))$

30

Operacje na histogramie

Obrazy zawierają elementy, które są trudne do zauważenia, z powodu słabego zróżnicowania jasności obiektu w stosunku do jasności otoczenia. Podniesienie czytelności obrazu można uzyskać przez manipulacje histogramem.

Operacje na histogramach:

1. Liniowe rozciąganie (z i bez obcięcia rzadko występujących jasności)
2. Nieliniowe rozciąganie: według funkcji gamma o zadanym parametrze
3. Wyrównywanie według algorytmów zrównania częstotliwości występowanie wszystkich poziomów jasności
4. Wyrównanie typu equalizacja (ang. equalization)

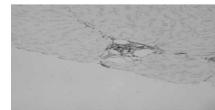
Liniowe rozciąganie histogramu

Optymalne wykorzystanie zakresu poziomów jasności:

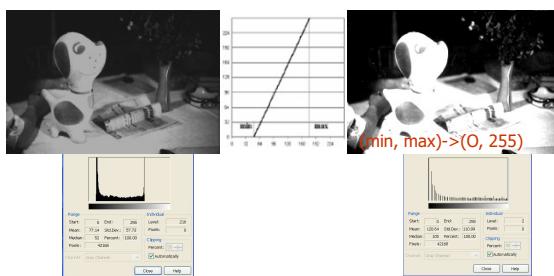
- Zagospodarowanie całego zakresu dostępnych poziomów szarości
- Wykorzystanie skrajnych zakresów do prezentacji zakresów średnich

(mało liczne, nieistotne wartości skrajne)

$$q(i,j) = \begin{cases} \frac{(p(i,j)-\min)}{\max-\min} * L_{\max} & \text{dla } p(i,j) < \min \\ \frac{(p(i,j)-\min)}{\max-\min} * L_{\max} & \text{dla } \min \leq p(i,j) \leq \max \\ \frac{(p(i,j)-\max)}{\max-\min} * L_{\max} & \text{dla } p(i,j) > \max \end{cases}$$



Liniowe rozciąganie histogramu - przykład



Dane: $P(z)$ -obraz; h histogram, zakres rozciągnięcia $L_{\min}=0$ i $L_{\max}=L$;

$$\text{Start} \quad \min=0; \max=L; \text{sem_min=false}; \quad q(i,j) = \begin{cases} \frac{(p(i,j)-\min)}{\max-\min} * L_{\max} & \text{dla } p(i,j) < \min \\ \frac{(p(i,j)-\min)}{\max-\min} * L_{\max} & \text{dla } \min \leq p(i,j) \leq \max \\ \frac{(p(i,j)-\max)}{\max-\min} * L_{\max} & \text{dla } p(i,j) > \max \end{cases}$$

wypełnić zerami

For $Z \uparrow$ do:

Begin.

If (sem_min=false) then

if $h(Z) \neq 0$ then

Begin.
sem_min=true
 $\min=Z$
End.

End.

For $Z \downarrow$ do:

Begin.

If (sem_max=false) then

if $h(Z) \neq 0$ then

Begin.
sem_max=true
 $\max=Z$
End.

End.

For $Z \uparrow$ do:

Begin.

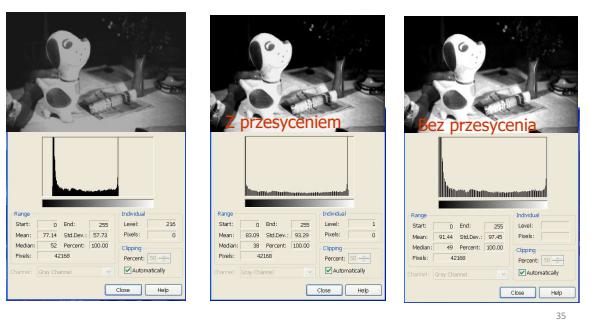
IF $Z < \min$ then $hr(Z)=l_{\min}$
else IF $Z > \max$ then $hr(Z)=l_{\max}$
else $hr(Z)=\text{zakrągl do całkowitych}$
 $((Z-\min)*L_{\max}) / (max-min)$

)

For wszystkich elementów f obrazu do:

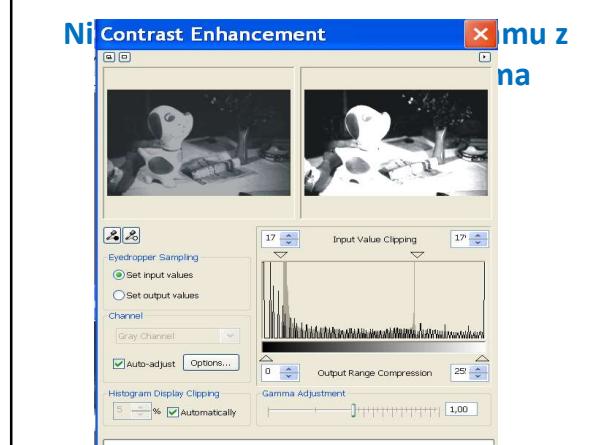
Begin.
 $f(z)=hr(P(z))$
End.

Liniowe rozciąganie histogramu z i bez przesycenia



35

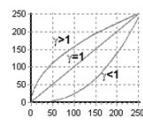
NiContrast Enhancement



Manipulowanie histogramem według funkcji nieliniowych (np. γ - Gamma)

Obrazy, w których nieefektywnie wykorzystujemy pełną dynamikę odcieni i barw dostępna w danym zakresie – nielinowe rozciąganie bez obcinania np. według funkcji gamma.

$$LUT(i) = i^{1/\gamma}$$



Dla wartości poniżej 1 nastąpi przyćiemnienie obrazu, zaś dla wartości powyżej 1 jego rozjaśnienie.

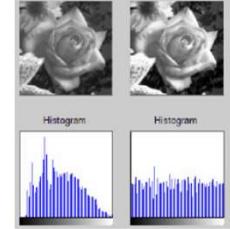
Wyrównywanie histogramu typu Dynamic Histogram Specification (DHS)

według algorytmów zrównania częstotliwości występujące w różnych poziomach jasności

Takie przekształcenia jasności, aby wszystkie jasności były równomiernie reprezentowane w obrazie.

Spłaszczenie histogramu – zrównanie ilości wystąpień jasności i ich rozłożenie na osi dostępnych poziomów jasności.

(narzędzie matematyczne do dystrybuanta prawdopodobieństwa występowania poszczególnych poziomów jasności)



38

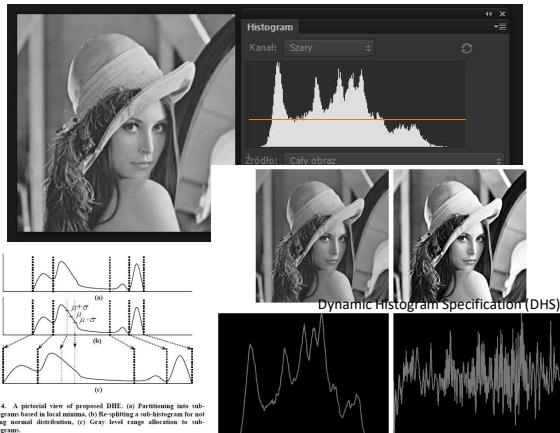
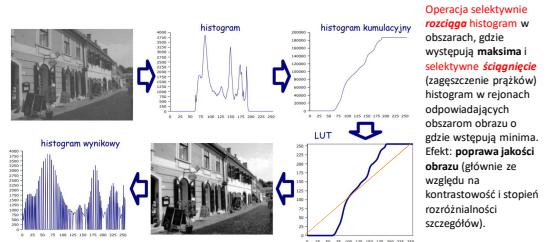


Fig. 4. A pictorial view of proposed DHS. (a) Partitioning into sub-histograms based on local minima. (b) Re-splitting a subhistogram for not having normal distribution. (c) Copy free-range histogram to sub-histogram.

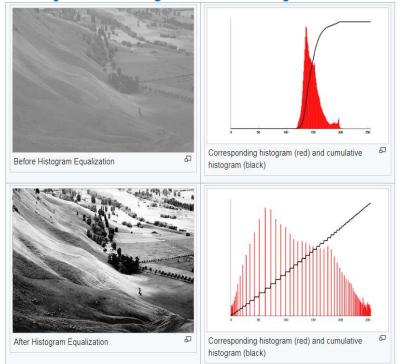
Wyrównywanie typu equalizacja

- Wyrównanie histogramu (ang. Equalization) dąży do ujednolicenia rozkładu pikseli dla poszczególnych fragmentów/zakresów na osi poziomów jasności.
- Wykorzystanie całki z histogramu (dystrybuanty) do ustalania jasności docelowych (wyjściowych) po procedurze equalizacji.



Wyrównywanie selektywne typu equalizacja - efekty

Rozszerzenia odległości między słupkami odpowiadającymi odcieniom szarości silniej reprezentowanymi (czyli o wysokich słupkach) a zawężenie pomiędzy słupkami o małej wysokości.



Wyrównanie histogramu (equalizacja)

- Budujemy tablicę LUT na podstawie obrazu.
- Konstruujemy dystrybuantę empiryczną (histogram skumulowany dzielony przez liczbę pikseli w obrazie)

$$D[n] = (h_0 + h_1 + \dots + h_n) / \text{sum}$$

gdzie:

h_n – to ilość punktów na obrazie o n -tym poziomie szarości,
 sum – to liczba wszystkich punktów obrazu.

- wyliczyć wartości tablicy nowej LUT':

$$LUT'[i] = ((D[i] - D_0) / (1 - D_0)) * (M - 1)$$

gdzie

D_0 – to pierwsza niezerowa wartość dystrybuanty obrazu źródłowego,

M to liczba możliwych wartości jasności obrazu (zwykle 256).

Wyrównanie histogramu (equalizacja)

L – liczba poziomów szarości

n_k – liczba wystąpień pikseli o tej jasności r_k

$p_r(r_k)$ – prawdopodobieństwo wystąpienia k – tego poziomu szarości określone jako n_k / N gdzie N – całkowita ilość pikseli w obrazie czyli $N = \sum_{j=0}^L n_j$.

Metodę wyrównywania histogramu opisuje transformata $T(r_k)$ odpowiadająca dystrybuancie prawdopodobieństwa

$$p(s_k) = T(r_k) = \frac{\sum_{j=0}^k n_j}{N} = \sum_{j=0}^k p_r(r_j) \quad k = 0, 1, 2, \dots, L-1$$

Przykład

W obrazie pierwotnym $[p(i, j)]$ poziomy szarości przyjmują dyskretne wartości

gdzie:

L – liczba poziomów szarości

n – liczba wystąpień pikseli o r – tej jasności.

$p_r(r)$ – prawdopodobieństwo wystąpienia r – tego poziomu szarości

N – całkowita ilość pikseli w obrazie.

Metodę wyrównywania histogramu opisuje wzór:

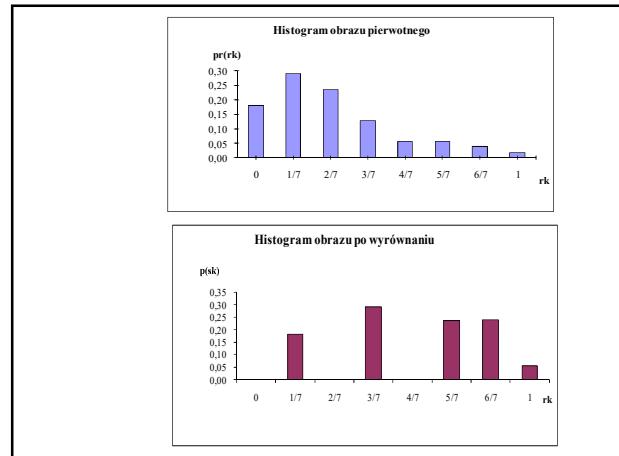
$$D(r) = \frac{r}{N}$$

$$LUT(r) = \frac{D(r)}{1 - D(0)} * (L - 1)$$

gdzie:

$$D(0) + D(1) + \dots + D(L-1)$$

$$D(r) = \frac{r}{N}$$



Przykład - wyrównania histogramu

4	1	5	4	4
4	0	1	4	3
4	0	1	4	3
4	1	1	4	3

$Il.w = 4$; $Il.k = 5$;
liczba pikseli = 20
 $Imin = 0$; $Imax = 5$;
 $M = 6$

histogram $\begin{array}{ccccccc} 2 & 5 & 0 & 3 & 9 & 1 & \\ \hline p & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{array} [p(i)]$

Histogram skumulowany (dystrybuanta histogramu)
 $\begin{array}{ccccccc} 2 & 7 & 7 & 10 & 19 & 20 & \\ \hline D(p) & 2/20 & 7/20 & 7/20 & 10/20 & 19/20 & 20/20 \end{array} [D(p)]$

$D(i)/\text{rozmiar obrazu} = \text{dystrybuanta prawdopodobieństwa wystąpienia } i$
 $\begin{array}{ccccccc} 2/20 & 7/20 & 7/20 & 10/20 & 19/20 & 20/20 & \\ \hline D(p) & 0.1 & 0.35 & 0.35 & 0.5 & 0.95 & 1.0 \end{array} [D(p)]$

wyliczamy $LUT(i)$ - przekształcenie
 $\begin{array}{ccccccc} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & \end{array}$

$$LUT[i] = ((D[i] - D0) / (1 - D0)) * (M - 1)$$

4	1	5	4	4
4	0	1	4	2
4	0	1	4	3
4	1	1	4	2

histogram $\begin{array}{ccccccc} 2 & 5 & 3 & 0 & 9 & 1 & \\ \hline p & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{array} [q(i)]$

$$= ((20 * D[i] / 20 - 2 / 20) * 20 / 18)$$

Przykład – wyrównania histogramu

4	1	5	4	4
4	0	1	4	3
4	0	1	4	3
4	1	1	4	2

suma(i) = $4 + 1 + 5 + 4 + 4 = 20$

histogram $\begin{array}{ccccccc} 2 & 5 & 0 & 3 & 9 & 1 & \\ \hline p & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{array} [p(i)]$

przykład: $bins = [2/20, -5/20, 7/20, 10/20, 19/20, 20/20]$ suma = 1

$D(i) = [2/20, 7/20, 7/20, 10/20, 19/20, 20/20]$

$s(i) = [10/20, 15/20, 15/20, 15/20, 19/20, 19/20]$

0,5 1,75 1,75 2,5 4,75 5

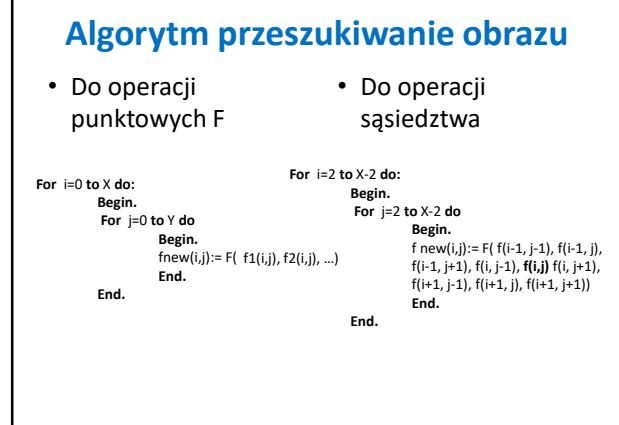
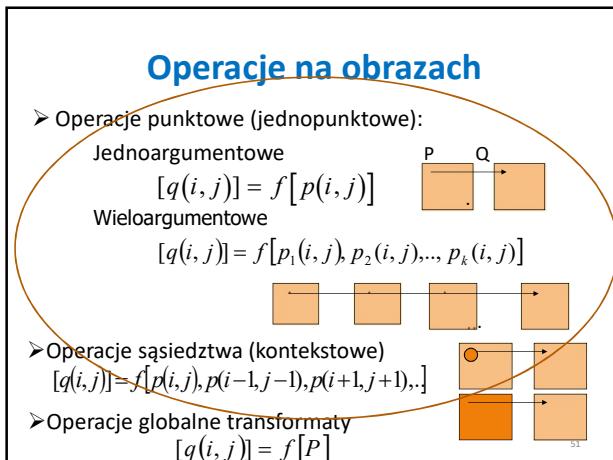
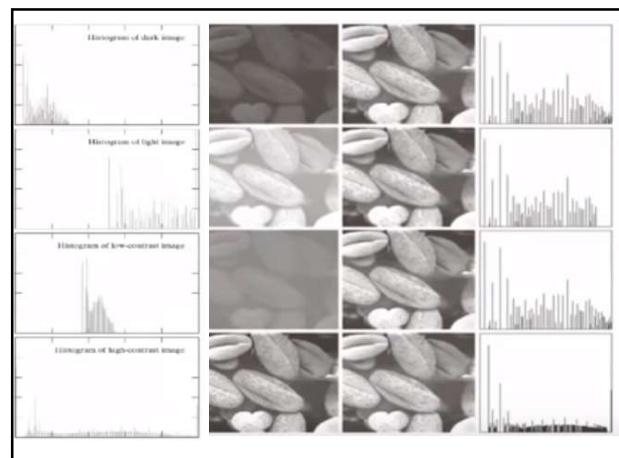
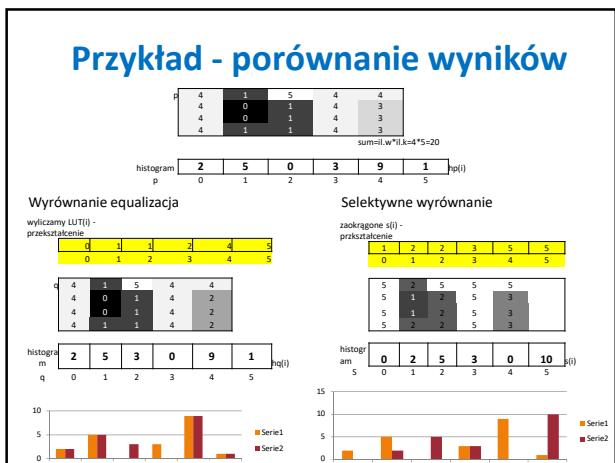
zakrąglenie ($s(i)$) - przekształcenie

5	2	5	5	5
5	2	5	5	5
5	2	5	5	5

histogram $\begin{array}{ccccccc} 0 & 2 & 5 & 3 & 0 & 9 & 10 \\ \hline p & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{array} [q(i)]$

$Il.w = 4$; $Il.k = 5$;
 $Imin = 0$; $Imax = 5$;
 $M = 6$

$$s(i) = T(H(i)) = \text{rounded}(5 * Dp(i))$$



Operacje punktowe (lokalne, jednopunktowe)

Opracować algorytm i uruchomić aplikację realizującą typowe operacje punktowe jednoargumentowe takie jak:

- negacja,
- progowanie binarne z progiem wskazywanym suwakiem i wpisanym jako parametr,
- progowanie z zachowaniem poziomów szarości z progiem wskazywanym suwakiem.

Negacja

Negatyw obrazu

$q(i, j) = L_{\max} - p(i, j)$

$q(i, j) = \text{NOT } p(i, j)$

Do prezentacji informacji zawartej w ciemnych tonach (ciemniach) jeśli jasne tony są nieistotne

Negacja

Dane: P(z)-obraz;

Start

hr(Z) i F(z) - wypełnić zerami

For Z↑ **do:**

Begin.

hr(Z)= Lmax-Z

End.

For wszystkich elementów f obrazu **do:**

Begin.

F(z)= hr(P(z))

End.

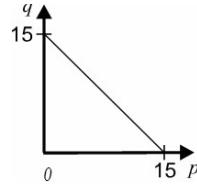
Koniec algorytmu

Operacja odwrotności (negacji)

$$q(i,j) = L_{\max} - p(i,j) \text{ dla } L_{\min} \leq p \leq L_{\max}$$

Dla $L_{\min} = 0$, $L_{\max} = 15$ (czyli $M=16$): $q(i,j) = 15 - p(i,j)$

[q]



0	0	15	15	13
2	2	0	15	15
15	15	8	1	1
15	14	13	12	11
0	1	2	3	4

56

Progowanie

Jest to taka wersja operacji zmniejszenia ilości poziomów szarości do dwóch, dla której istnieje możliwość arbitralnego wyboru wartości progu (p_1) czyli szarości granicznej, od której przyporządkowujemy wyższy poziom szarości (najczęściej bieł) oraz dla której i ponizej której przyporządkowujemy niższy próg szarości (najczęściej czerń).

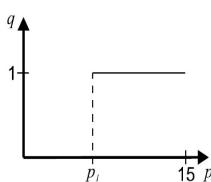
$$q = \begin{cases} L_{\min} & \text{dla } p \leq p_1 \\ L_{\max} & \text{dla } p > p_1 \end{cases}$$

57

Operacja progowania (binaryzacji)

$$q = \begin{cases} 0 & \text{dla } p \leq p_1 \\ 1 & \text{dla } p > p_1 \end{cases}$$

$p_1 = 5$



15	15	0	0	2
13	13	15	0	0
0	0	7	14	14
0	1	2	3	4
15	14	13	12	11

58

Operacja odwrotnego progowania (binaryzacji)

$$q = \begin{cases} 1 & \text{dla } p \leq p_1 \\ 0 & \text{dla } p > p_1 \end{cases}$$

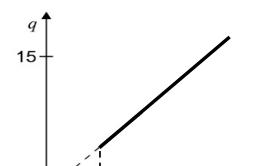
$p_1 = 5$

15	15	0	0	2
13	13	15	0	0
0	0	7	14	14
0	1	2	3	4
15	14	13	12	11

0	0	1	1	1
0	0	0	1	1
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1
0	0	0	0	0

59

Operacja progowania z jednym progiem i zachowaniem poziomów szarości

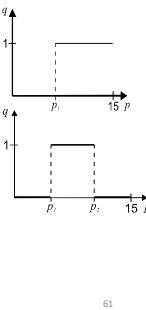


$$q = \begin{cases} p & \text{dla } p \leq p_1 \\ 0 & \text{dla } p > p_1 \end{cases}$$

Różne typy progowania

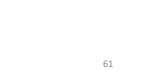
- Progowanie z pojedynczym programem segmentacji

$$q = \begin{cases} L_{\min} & \text{dla } p \leq p_1 \\ L_{\max} & \text{dla } p > p_1 \end{cases}$$



- Progowanie przedziałami

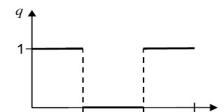
$$q = \begin{cases} L_{\max} & \text{dla } p_1 \leq p \leq p_2 \\ L_{\min} & \text{dla } p < p_1 \text{ lub } p > p_2 \end{cases}$$



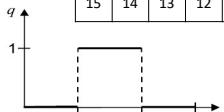
61

Operacje progowania przedziałami (binarne)

$$p_1 = 2, p_2 = 12$$



1	1	1	1	0
1	1	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	0	0	0
1	1	1	0	0



0	0	0	0	1
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	0	0	1	1

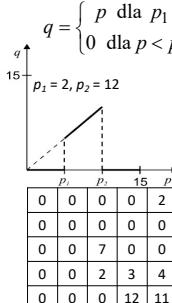
62

Operacje progowania z zachowaniem poziomów szarości

Dla $L_{\min} = 0, L_{\max} = 15$ (czyli $M=16$)

Z zachowaniem odwrotności

Z zachowaniem identyczności

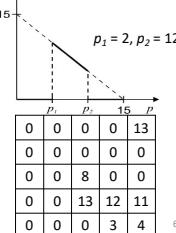


15	15	0	0	2
13	13	15	0	0
0	0	7	14	14
0	1	2	3	4
15	14	13	12	11

63

(negocjacji)

$$q = \begin{cases} L_{\max} - p & \text{dla } p_1 \leq p \leq p_2 \\ 0 & \text{dla } p < p_1, p > p_2 \end{cases}$$



15	15	0	0	2
13	13	15	0	0
0	0	7	14	14
0	1	2	3	4
15	14	13	12	11

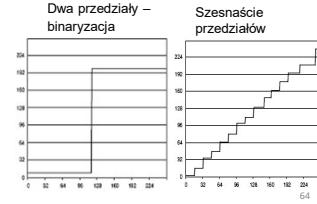
Redukcja liczby poziomów szarości z równomiernym podziałem zakresu

Powtórna kwantyzacja na mniejszą zadaną liczbę poziomów szarości (2, 3, 4, 5, ..., 255)

Cel:

1. artystyczny – obraz postępujący o ostrych granicach i niewielkiej ilości tonów,
2. prosta segmentacja,
3. kompresja

Inż. W. Romer
„Izohelja” w
Kamera Polska



Redukcja liczby poziomów szarości- przykłady

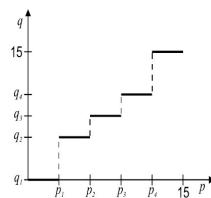
Różne liczby przedziałów kwantowania



Operacja redukcji poziomów szarości z nierównomiernym podziałem zakresu

Przykład dla $L_{\min} = 0, L_{\max} = 15$ (czyli $M=16$)

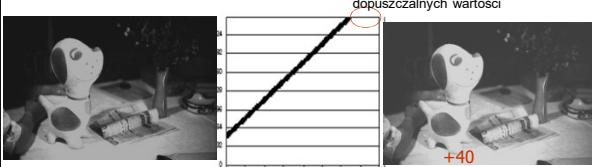
$$q = \begin{cases} 0 & \text{dla } p \leq p_1 \\ q_2 & \text{dla } p_1 < p \leq p_2 \\ q_3 & \text{dla } p_2 < p \leq p_3 \\ q_4 & \text{dla } p_3 < p \leq p_4 \\ 15 & \text{dla } p_4 < p \leq 15 \end{cases}$$



66

Dodawanie liczby do obrazu

Rozjaśnianie obrazu



Do prezentacji informacji zawartej w ciemnych tonach (cieniach), jeśli jasne tony są nieistotne

67

Odejmowanie liczby od obrazu

Przyćiemnianie obrazu

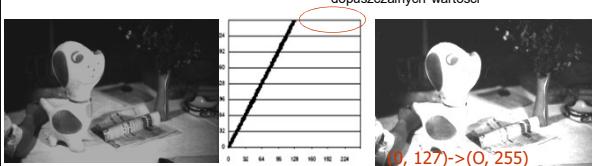


Do prezentacji informacji zawartej w jasnych tonach, jeśli ciemne tony są nieistotne

68

Mnożenie obrazu przez liczbę

Rozjaśnianie obrazu

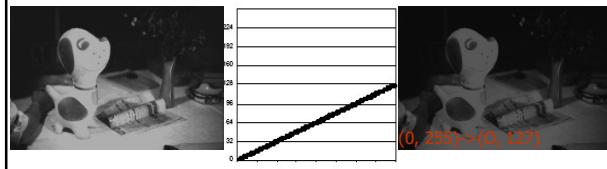


Do prezentacji informacji zawartej w ciemnych i średnich tonach (cieniach), jeśli jasne tony są nieistotne

69

Dzielenie obrazu przez liczbę

Przyćiemnianie obrazu i skalowanie obrazów o podwyższonym zakresie poziomów szarości do obrazów o mniejszym zakresie tonalnym



Do prezentacji informacji zawartej w jasnych tonach, jeśli ciemne tony są nieistotne, przy zwiększeniu zakresu poziomów szarości

Dodawanie obrazów

Przekroczenie zakresów poziomów szarości regulujemy:

- Wagami,
- Funkcją modulo,
- Skalowaniem wyniku – liniowe

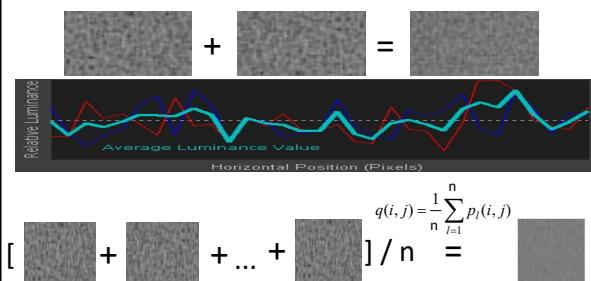


Zastosowanie do:

- łączenia masek
- efekty nałożenia obiektów i przenikania

71

Uśrednianie obrazów



Uśrednianie k obrazów: Stosowane do redukcji szumu (dla obrazów astronomicznych)

72

Odejmowanie obrazów



- różnica



- różnica bezwzględna



Przekroczenie zakresów poziomów szarości regulujemy:

- Wagami,
- Funkcją modulo,
- Skalowaniem wyniku - liniowe

Obraz po liniowym rozcięciu histogramu do podwojenia zakresu

Zastosowanie do:

1. Pokazania różnicy między obrazami, zwłaszcza w przypadku, gdy porównywane obrazy są nieroóżnialne wzrokowo
2. Angiografii różnicowej

Najczęściej wykonywana operacja arytmetyczna na obrazach