

# Akwizycja obrazu na przykładzie aparatu fotograficznego; operacje na obrazach (I)

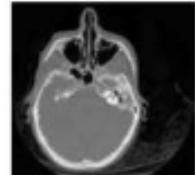
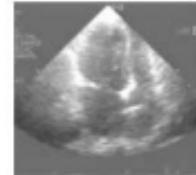
WYKŁAD 2  
Dla studiów niestacjonarnych  
2021/2022

Dr hab. Anna Korzyńska, prof. IBIB PAN

# Obraz w naukach technicznych i przyrodniczych to:

Zwarty, jednorodny i przestrzennie uporządkowany zbiór sygnałów:

- związanych 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, kliszy, dyskietki, pamięci dyskowej itp.)
- niosących informację o odwzorowywanej rzeczywistości



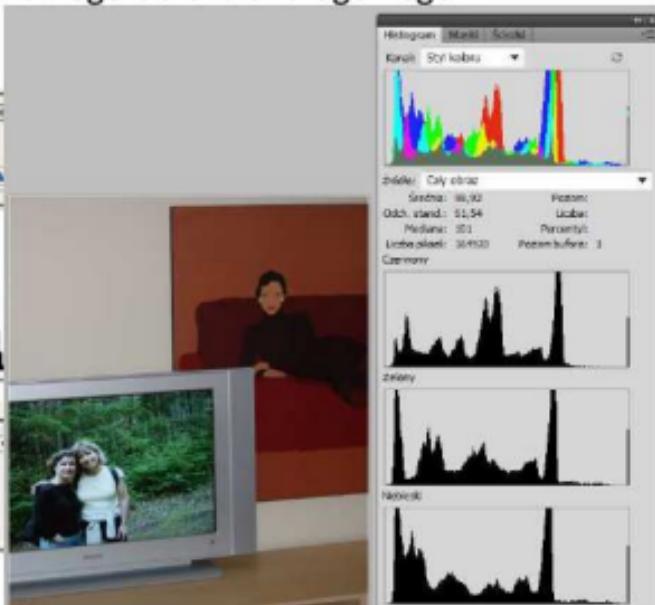
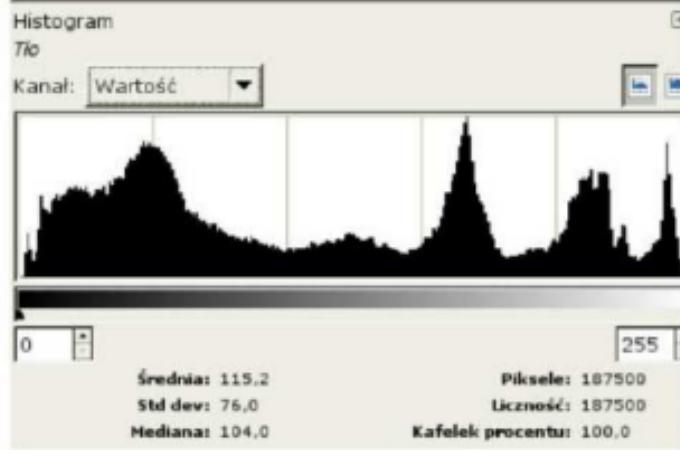
# Rozdzielcość obrazu

- **Rozdzielcość przestrzenna** - określa stopień rozróżnialności detali; tym lepsza, im większa wartość N/na jednostkę długości. Jest wyrażana w jednostkach zwanych punktami na cal (*ang. Dot per inch*)
- **Rozdzielcość poziomów szarości** – określa ilość rozróżnianych poziomów szarości lub kolorów; tym lepsza, im większa wartość M. Jest dobrana tak, aby wartość M była potęgą liczby 2 – co ułatwia kodowanie.
- Inne rozdzielcości: **całkowita**, interpolowana, urządzeń prezentacji obrazu jak monitor, drukarka, ploter, urządzeń akwizycji.

# Histogram definicja

Histogram to wykres słupkowy przedstawiający ilość pikseli o każdej potencjalnej wartości poziomu szarości lub intensywności koloru występującej w obrazie.

- Statystyka odzwierciedlająca rozkład jasności punktów w obrazie.
- Pewna estymata rozkładu jasności oryginalnego obrazu analogowego i rzeczywistości .



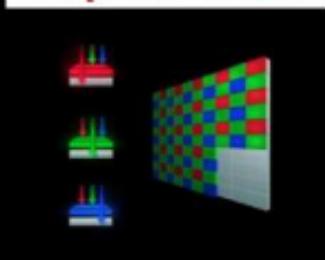
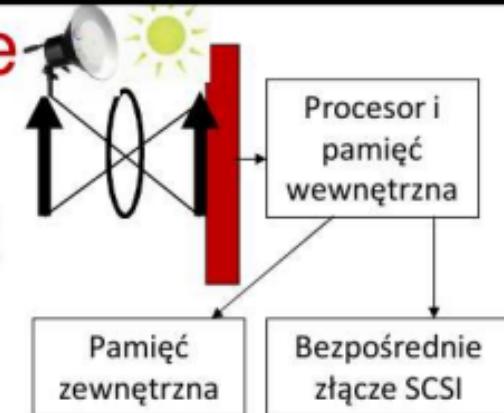
# Akwizycja obrazu cyfrowego

**Akwizycja (pozyskiwanie, zbieranie) obrazu - przetworzenie informacji o fizycznym obiekcie lub scenie do postaci zbioru danych dyskretnych ( $f(x,y)$ ) obraz cyfrowy) nadających się do zapisania w pamięci komputera, a następnie do wyświetlenia, drukowania i dalszego przetwarzania za pomocą odpowiedniego oprogramowania.**

Elementy procesu akwizycji:

1. Oświetlenie obrazu.
2. Formowanie obrazu (optyczne).
3. Detekcja obrazu.
4. Formowanie wyjściowego sygnału z urządzenia (kamera, skaner)

# Sprzętowo –programowe formowanie obrazu w aparacie fotograficznym



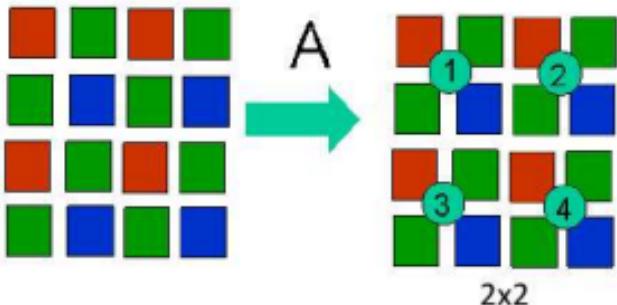
$2^{12} = 4096$  poziomów intensywności dla każdego kanału

# Droga światła i demozaikowanie

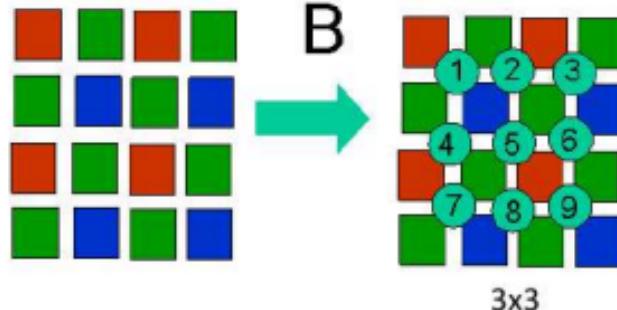


DSLR Digital Camera

- 1. Viewfinder (eyepiece lens)
- 2. Pentaprism
- 3. Focusing screen
- 4. Condenser lens
- 5. Color and infrared filter
- 6. Shutter
- 7. Display
- 8. Electronics
- 9. Autofocus system
- 10. Reflex and relay mirror
- 11. Focusing elements
- 12. Aperture
- 13. Zoom elements
- 14. Front line gathering elements
- 15. Batteries

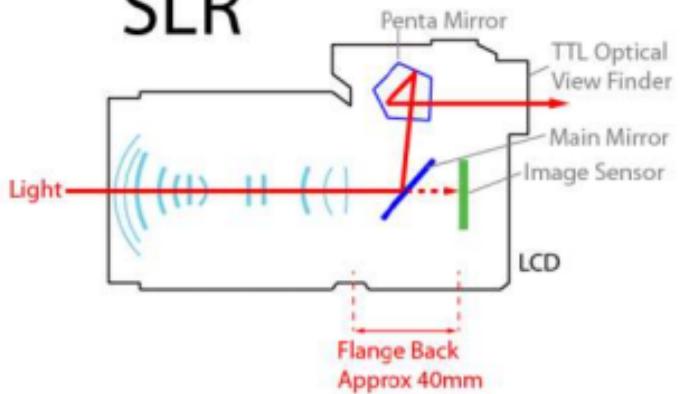


2x2

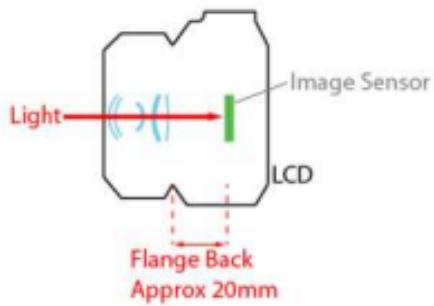


3x3

# SLR



# Mirrorless



# Najważniejsze elementy formowanie sygnału w procesie akwizycji

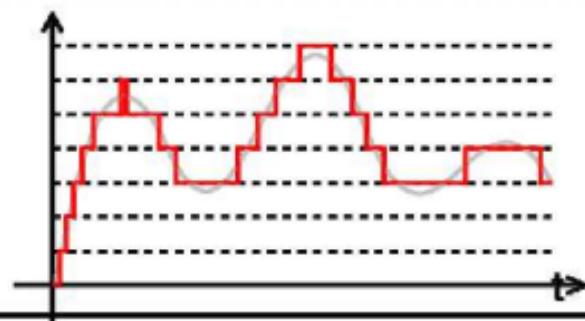
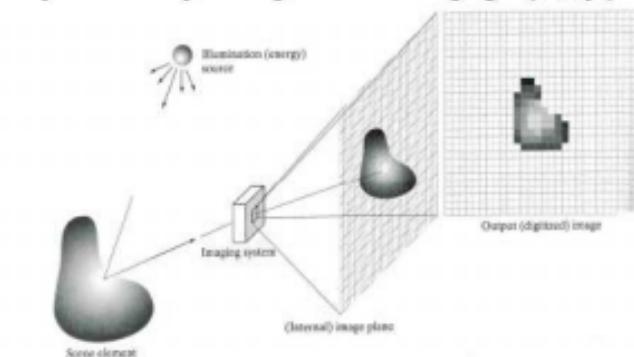
**Dyskretyzacja obrazu** to dyskretyzacja funkcji  $f(x,y)$  na dwóch poziomach:

– przestrzenna

(próbkowanie dziedziny funkcji)

– amplitudowa

(kwantyzacja wartości funkcji)



# Inherentne cechy procesu akwizycji

- Nakładanie szumu i delikatnego rozmycia krawędzi (dla aparatu cyfrowego – szumu kwantyzacji, czyli odpowiednika ziarna dla tradycyjnej fotografii oraz s-owaty kształt linii profilu przechodzącej przez krawędzie)
- Nakładanie zniekształceń (dla aparatu cyfrowego - zniekształcenia obiektywów szerokokątnych, dystorsje soczewek, gorące i zimne piskle w matrycy, halo na około obiektów fotografowanych na tle nieba)

Urządzenia akwizycji charakteryzuje się przez podanie informacji o poziomie szumu i rozmycia krawędzi oraz zakłóceń radiomatrycznych, geometrycznych i chromatycznych

# Zniekształcenia obrazu

w procesie akwizycji:

- Zniekształcenia **radiometryczne** to zniekształcenia odczytu wartości cechy, na podstawie której tworzymy obraz;
  - nierównomiernością oświetlenia,
  - błędami konwersji oświetlenie – sygnał elektryczny (tzn. błędami detekcji, uszkodzeniami przetworników)
- Zniekształcenia **geometryczne** to zniekształcenia odczytu położenia odczytanych wartości względem siebie

dla obrazów kolorowych i wielospektralnych

- Zniekształcenia (aberracje) **chromatyczne** to zniekształcenia wynikające z charakterystyki współczynnika odbicia lub przejścia przez ośrodek fali elektromagnetyczne o różnej długości

Celem wstępnego przetwarzania obrazu jest redukcja zniekształceń obrazu powstających w procesie akwizycji

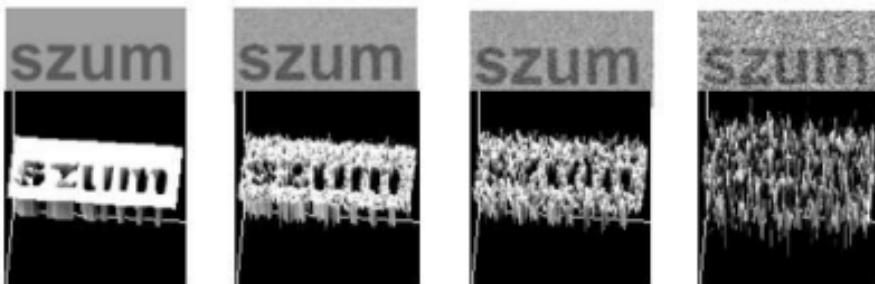
# Szum powstaje na skutek

- Nałożenia termicznych ruchów elektronów w materii na mierzony sygnał, który jest zamieniany na prąd (np.: w przetwornikach zamieniających światło na prąd zgodnie ze zjawiskiem fotoelektrycznym)
- Niestabilności źródła formowania sygnału, np.: promieniowania X, fali akustycznej czy radiowej;

Zrozumienie zjawiska i jego przyczyn zwykle prowadzi do unikania zaszumienia, a nie do jego likwidacji czy choćby redukcji

## Miara szumu

Stosunek sygnału do szumu (ang. signal to noise ratio – SNR), jednostka decybeli dB.



Brak „odczuwania” szumu oznacza, że jego stosunek do sygnału jest taki, że nasze sensory (wzrokowe, słuchowe) odbierają sygnał a pomijają szum.

# Szum nakładany na obraz powstający w cyfrowym aparacie

wynika z:

- Parametrów technicznych matrycy fotoczułej (wielkość sensora)
- Niestabilności światła lub z jego niewielkiej ilości (nocą)
- Zjawisk towarzyszących zamianie światła na prąd (ang. *banding noise, truncated, ..*)
- Nałożenia termicznych ruchów elektronów na mierzony sygnał

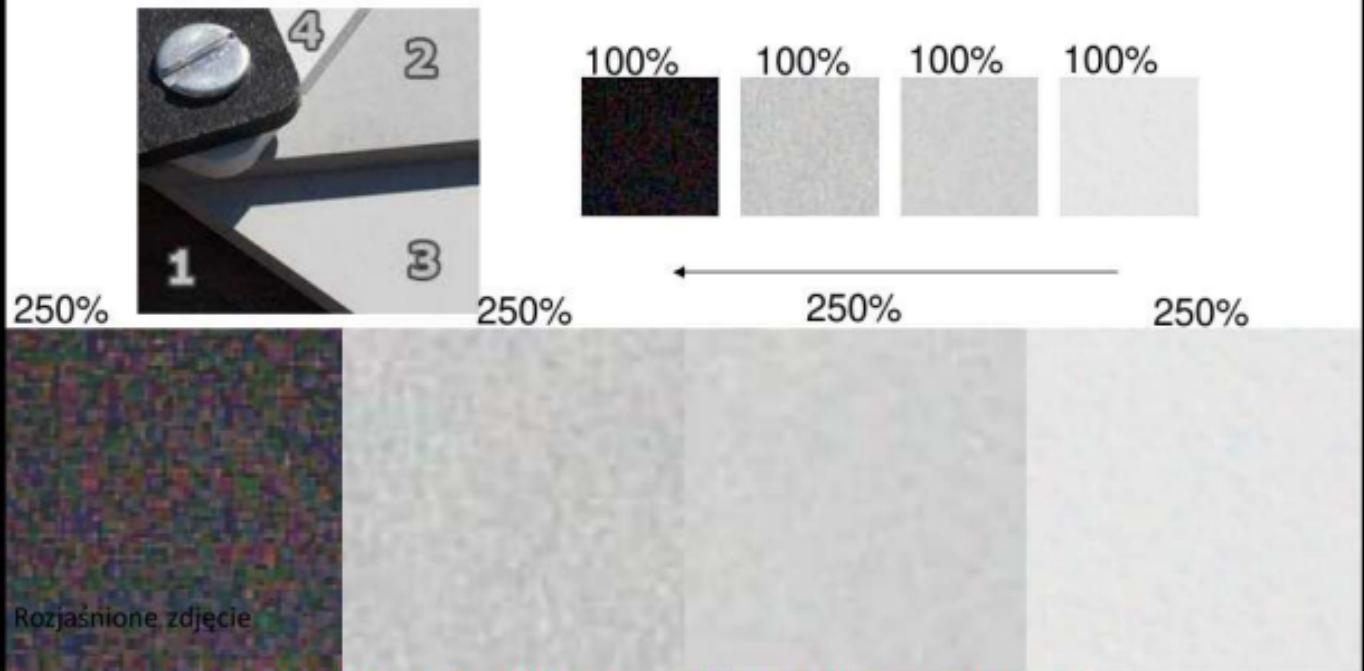


Szum periodyczny  
ang. periodic noise

## **Szum w obrazach cyfrowych zależny od:**

- typu (egzemplarza) aparatu cyfrowego
- od ustawień przy wykonywaniu zdjęcia  
(czułość ISO, czas naświetlenia)
- jasności fotografowanych obiektów i  
obszarów (w cieniach szumu jest więcej niż  
w tonach jasnych)
- temperatury otoczenia - im wyższa tym  
silniej widać  
(ang. Fixed pattern noise)

# Rozłożenie szumu na obrazie



UWAGA! Odwrotnie w klasycznej fotografii negatywowej

# Redukcja szumu

- Na poziomie akwizycji:
  - Wybór maksymalnie długiego czasu naświetlania
  - Wybór niskich czułości ISO
  - Chłodzenie matrycy
  - Wykonywanie zdjęć wielokrotnych (braketing)
  - Wykonywanie zdjęć lekko prześwietlonych (HighKey)
- Na poziomie przetwarzania (obróbki) obrazów:
  - Uśrednianie zdjęć wielokrotnych
  - Filtrowanie
- **Uwaga:** Nie redukujemy szumu przez
  - Rozjaśnianie obrazu w miejscach niedoświetlenia
  - Rozjaśnianie cieni w obrazie

## Uśrednianie czasowe (dotyczy obrazów statycznych)

$N \times N$  – liczba pikseli w obrazie.

Np. dla  $N=4$  liczba pikseli w obrazie wynosi  $N \times N = 16$ .

15	14	10	0
12	11	5	0
11	4	3	2
3	2	0	1

$$P_{j's} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ji}}{n}$$

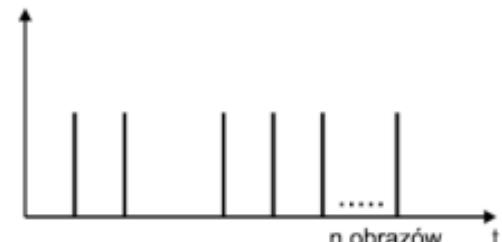
$P_{ji}$  – wartość j-tego piksela obrazu w i-tej chwili czasowej

$P_{j's}$  – wartość średnia j-tego piksela obrazu w n chwilach czasowych

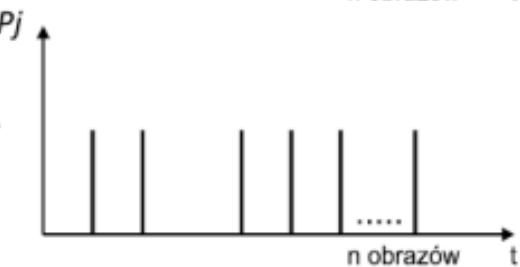
n – liczba pojawiń się obrazu  $i = 1, n$

$N \times N$  – liczba pikseli w obrazie  $j = 1, N \times N$

$P_1$  – wartość pierwszego piksela obrazu

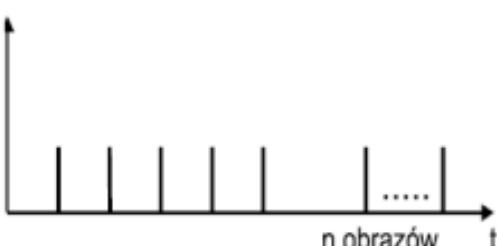


$P_j$  = wartość j-tego piksela obrazu



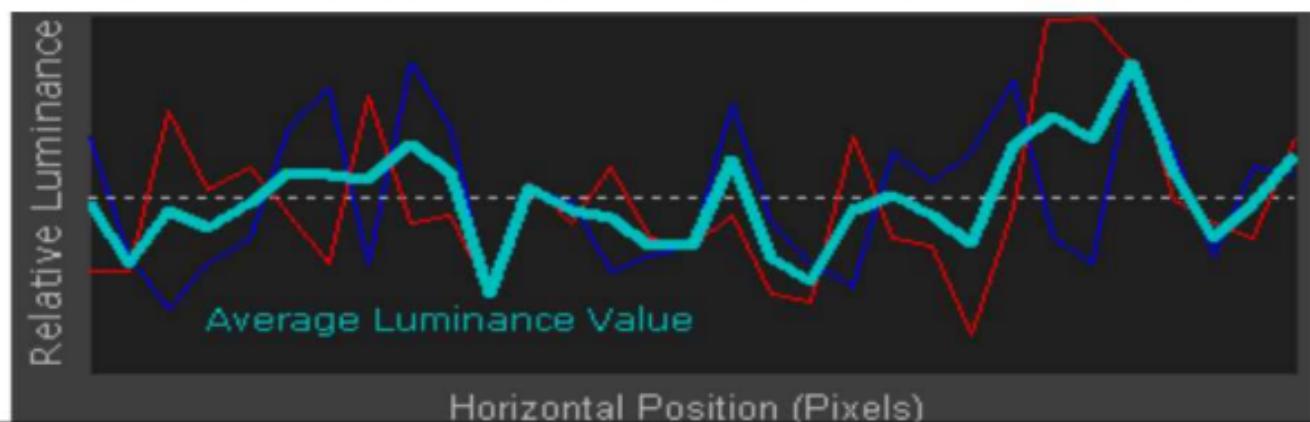
$P_{NxN}$

$P_{NxN}$  – wartość ostatniego piksela



$$[ \quad + \quad + \dots + \quad ] / n = \quad$$
$$q(i, j) = \frac{1}{n} \sum_{l=1}^n p_l(i, j)$$

Stosowane do redukcji szumu (obrazy astronomiczne)



## Uśrednianie przestrzenne (obrazy statyczne oraz zmienne w czasie)

15	13	15
14	0	15
12	12	14

⇒

15	13	15
14	12	15
12	12	14

$$P_{\text{sr}} = \frac{\sum_i^n P_i}{n}$$

$n = 9$  - otoczenie 8-spójne

	13	
14	0	15
	12	

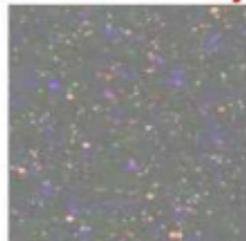
$n$  - liczba pikseli otoczenia  
(wraz z pikselem  
przetwarzanym)

$n = 5$  - otoczenie 4-spójne

# Zniekształcenia radiometryczne

# Zniekształcenia radiometryczne

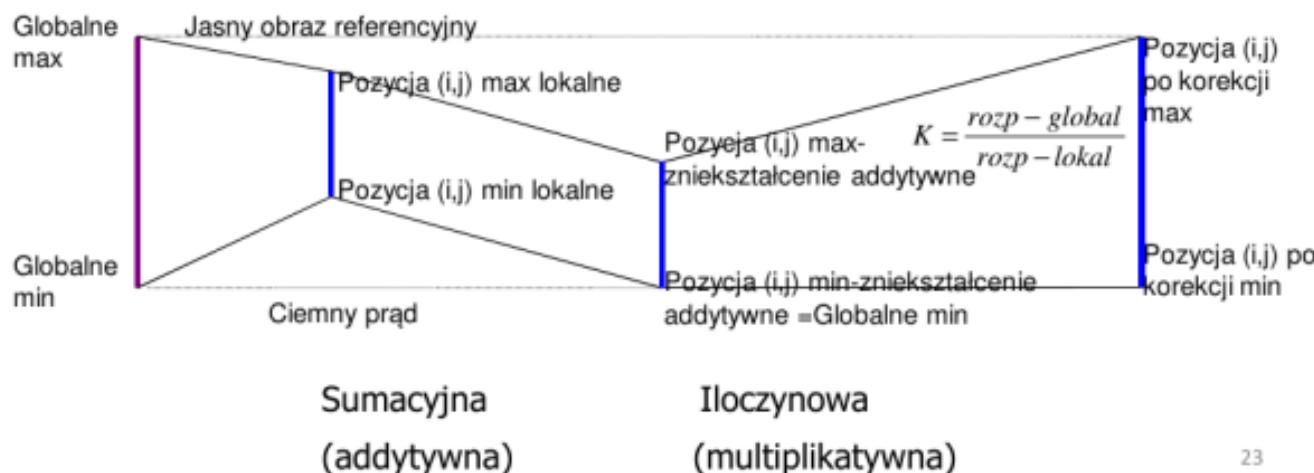
(ang. fixed pattern noise)



- mają charakter **stacjonarny**,
- są **nieprawidłowym** odwzorowaniem jasności światła, padającego na element światłoczuły, na odpowiadającą mu wartość zapisaną w tablicy obrazu (powstaje podczas zamiany kwantu światła na prąd albo podczas kodowania),
- nasilają się przy bardzo **długim czasie ekspozycji**
- nasilają się w miarę **podnoszenia temperatury otoczenia**.

# Korekcja radiometryczna

Korekcja zapewnia jednakowe odwzorowanie jasności bez względu na to w jakim miejscu pola widzenia jasność jest rejestrowana.



# Proces korekcji radiometrycznej

Korekcja sumacyjna jednorodnego jasnego obrazu odniesienia  $[P_{od}(x,y)]$ :

$[KORA(x,y)]$

0	0	2	0
0	1	1	0
1	1	0	0
1	2	0	1

$[P_{od}(x,y)]$

10	11	12	12
12	14	11	11
13	10	12	10
10	11	11	10

$[P(x,y)]$

8	8	2	1
8	9	2	3
4	3	3	1
3	2	1	1

$$P_{KORA}(x, y) = P_{od}(x, y) - KORA(x, y) \text{ dla } x=1, \dots, N, y=1, \dots, N,$$

$KORA(x,y)$  - wartość (poziom jasności) piksela obrazu przy zasłoniętym obiektywie (*ciemny obraz odniesienia*)

$P_{od}(x,y)$  - wartość piksela jednorodnego jasnego obrazu odniesienia

$P_{KORA}(x,y)$  - wartość piksela jednorodnego jasnego obrazu odniesienia po korekcji sumacyjnej

## Korekcja iloczynowa

$$P_{KORM}(x,y) = [P(x,y) - KORA(x,y)] \cdot KORM(x,y)$$

$P(x,y)$  - wartość piksela obrazu wejściowego

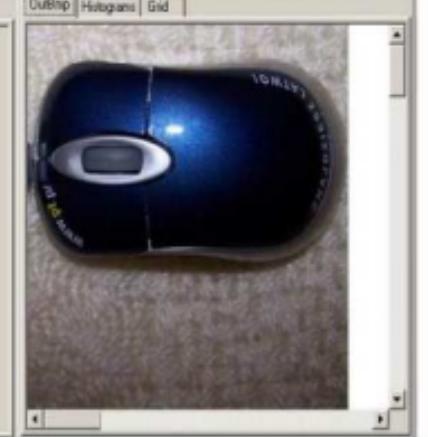
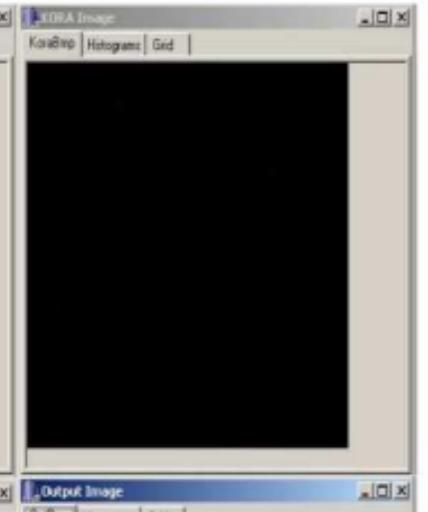
$KORM(x,y)$  – wartość współczynnika korekcji dla piksela o współrzędnych  $(x,y)$  obliczona według wzoru:

$$KORM(x,y) = P_{KORA\ max} / P_{KORA}(x,y)$$

$P_{KORA\max}$  - maksymalna wartość piksela w obrazie  $[P_{KORA}(x,y)]$

$P_{KORM}(x,y)$  - wartość piksela obrazu wynikowego (po korekcji radiometrycznej)

# Przykład

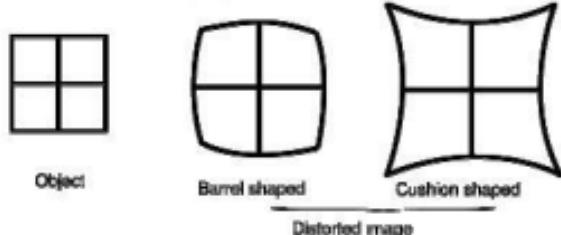


# Zniesztalconia geometryczne

# Zniekształcenia geometryczne

Zniekształcenia geometryczne (*dystorsje*) są spowodowane:

- nieliniowością układów optycznych wchodzących w skład toru optycznego np.: mikroskopu



- nierównoległością płaszczyzn obrazu i matrycy światłoczułej np.: krzywizna Ziemi w zdjęciach satelitarnych, zmienna wysokość powierzchni ziemi w zdjęciach do sporządzania map, skaningowy mikroskop elektronowy,
- obrotem płaszczyzn obrazu i matrycy światłoczułej np.: skróty perspektywy
- zmianami skali

lub połączeniem powyżej wymienionych.



## **Konieczność usuwania zniekształceń geometrycznych:**

- Pomiary odległości i pól powierzchni,
- Dopasowywanie obiektów na obrazach,
- Dopasowywanie obrazów na potrzeby rekonstrukcji obrazu z fragmentów,
- Tworzenie map, planów na podstawie zdjęć,
- Nakładania obrysów mapy na zdjęcia satelitarne, pogodowe.
- Nakładanie map rozkładu potencjału elektrycznego na powierzchnie 3D.

## **Realizacja korekcji zniekształceń geometrycznych**

- Aproksymacja transformacji wielomianem
- Przekształcenia rozciągające
- Przekształcenia afiniczne

## Aproxymacja transformacji wielomianem pierwszego stopnia

$$u = ax + by + c$$

$$v = dx + ey + f$$

$x, y$  - obraz nieznieksztalcony,

$u, v$  - obraz znieksztalcony,

punkty kontrolne (niewspółliniowe)  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3),$

$(u_1, v_1), (u_2, v_2), (u_3, v_3)$ ,

# Aproksymacja transformacji wielomianem pierwszego stopnia

transformacja globalna wyrażona równaniami

$$u = ax + by + c$$

$$v = dx + ey + f$$

punkty kontrolne (niewspółliniowe):

$x, y$  - obraz niezniekształcony;  $u, v$  - obraz zniekształcony,

Korekcja obrotu,  
przesunięć i skrótu  
perspektywy



Formularz

PODAJ WSPÓŁRZĘDNE PUNKTÓW KONTROLNYCH:

Obraz niezniekształcony		Obraz zniekształcony	
$x_1$	$y_1$	$u_1$	$v_1$
1	1	11	10
50	90	101	30
90	50	106	18

OK



### Przykład:

Dane:

$$(x_1, y_1) = (8, 10)$$

$$(x_2, y_2) = (6, 4)$$

$$(x_3, y_3) = (10, 2)$$

$$(u_1, v_1) = (14, 6)$$

$$(u_2, v_2) = (11, 7)$$

$$(u_3, v_3) = (10, 5)$$

Znaleźć:

obraz skorygowany.

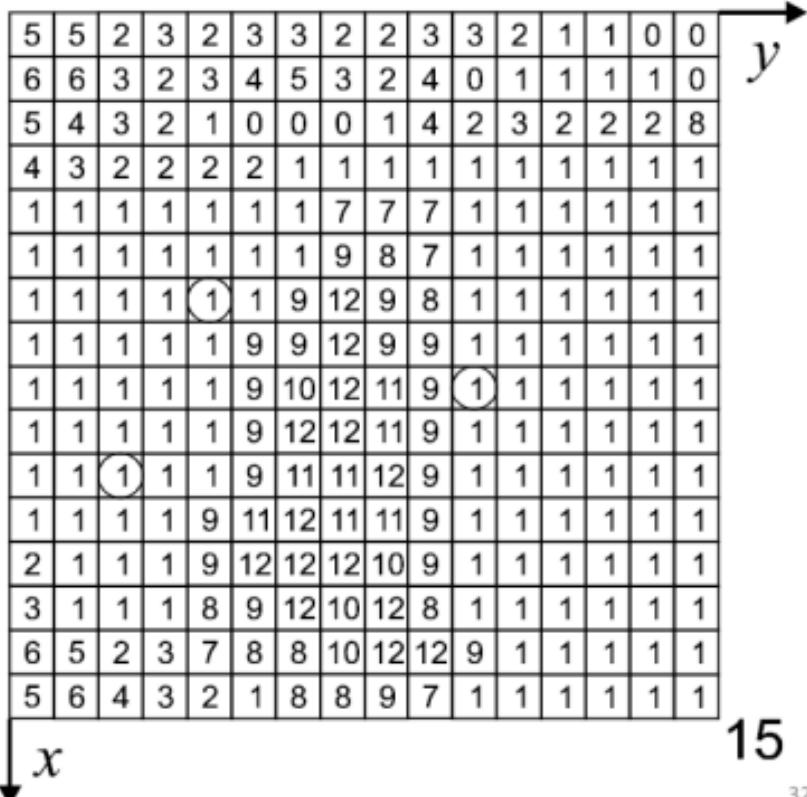
(znalezienie a, b, c, d, e, f,

rozwiązuając

6 równań liniowych

1-go stopnia).

Obraz znieksztalcony



15

# Siatka afiniczna

## Transformacja lokalna

Przekształcenia afiniczne płaszczyzny i przestrzeni w siebie obejmują m.in. **izometrie** (np. przesunięcie równoległe, obrót, symetrię osiową, symetrię płaszczyznową, symetrię z obrotem, symetrię z poślizgiem), **jednokładności** i **powinowactwa osiowe**.

**Niezmiennikami afinycznymi** są: równoległość prostych i skośne położenie prostych



## Zniekształcenia chromatyczne

# Zniekształcenia chromatyczne

- Powstają wtedy, gdy tworzymy obraz wykorzystując więcej niż jeden zakres fali elektromagnetycznej (obrazy wielokanałowe np.: trójkanałowe, multispektralne)
- oraz wtedy, gdy wykorzystujemy różne cechy pomiarowe do tworzenia pojedynczego obrazu (obrazy multimodalne)

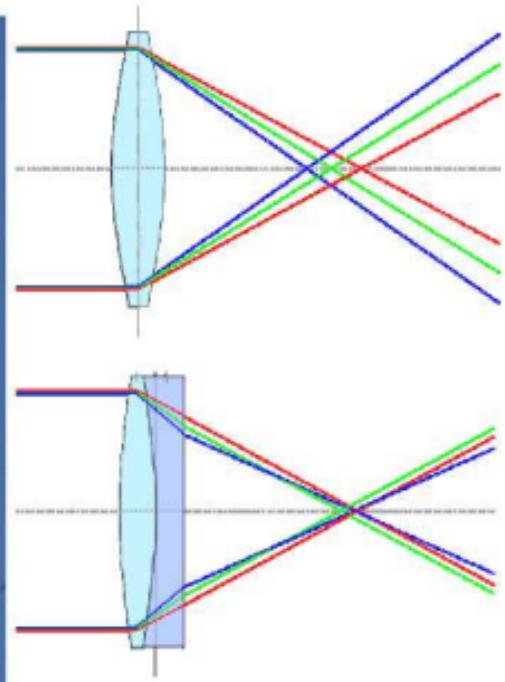
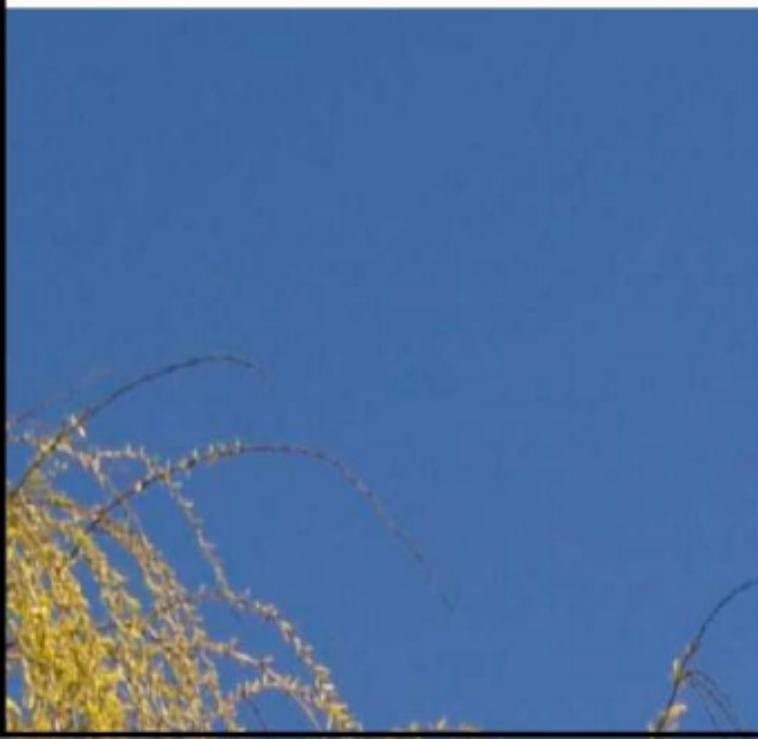
Fale elektromagnetyczne o różnej długości inaczej załamują się na soczewkach

Wczesne (1909) przykłady fotografii kolorowej składanej na szkle obfitują w efekty rozdzielenia barwy na kanały

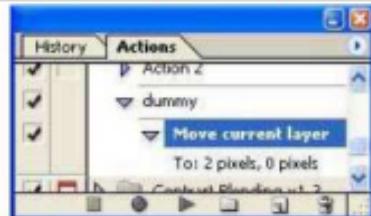
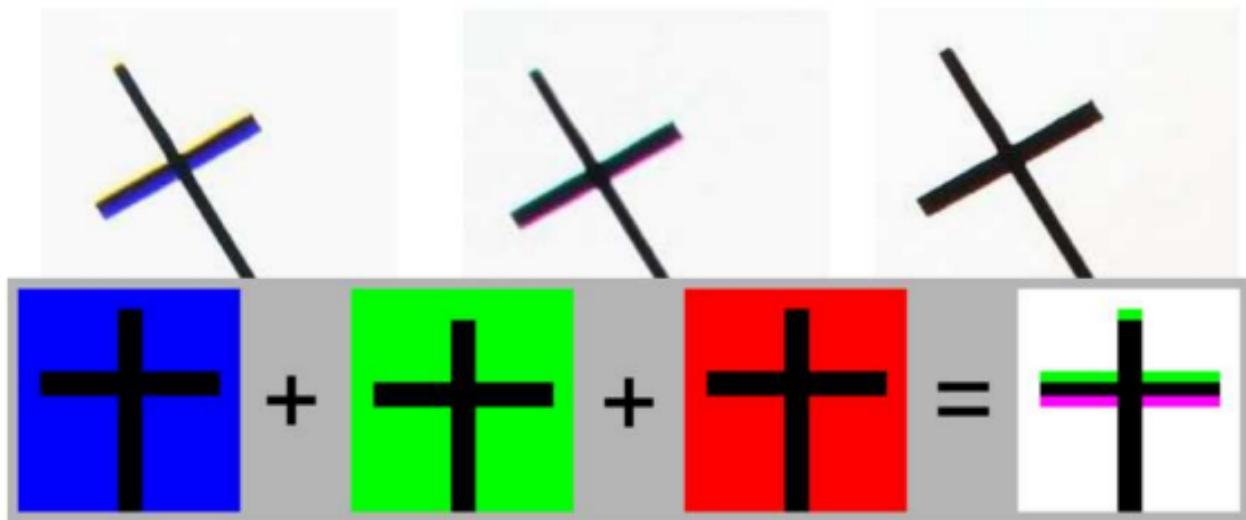


Zdjęcia w kolorze z 1909  
Siergiej Prokudin-Gorski,  
pionier barwnej fotografii

# Korekcja optyczna zniekształceń chromatycznych



# Korekcja programowa zniekształceń chromatycznych



## **Narzędzia do przetwarzania obrazów**

# Operacje na obrazach

Metody w przetwarzaniu obrazów ze względu na sposób liczenia:

- Globalne (operacje na wszystkich pikselach obrazu)
- Lokalne (operacje na ROI; ang. region of interest)
  - Punktowe;
  - Małym otoczeniu

Ze względu na **typy matematycznych (w tym arytmetycznych, logicznych , statystycznych) operacji**, które są wykonywane na wartościach intensywności.

Funkcje operacji na obrazach będą omawiane przy każdej operacji oddzielnie.

# Operacje na obrazach

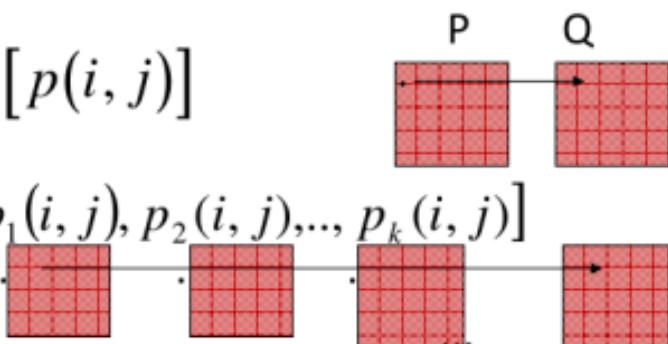
- Operacje punktowe (jednopunktowe):

Jednoargumentowe

$$[q(i, j)] = f[p(i, j)]$$

Wieloargumentowe

$$[q(i, j)] = f[p_1(i, j), p_2(i, j), \dots, p_k(i, j)]$$

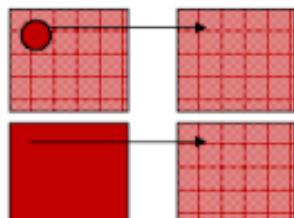


- Operacje sąsiedztwa (kontekstowe)

$$[q(i, j)] = f[p(i, j), p(i-1, j-1), p(i+1, j+1), \dots]$$

- Operacje globalne transformaty

$$[q(i, j)] = f[P]$$



# Operacje punktowe (lokalne, jednopunktowe)

Podział:

Jednoargumentowe

Wieloargumentowe

# Operacje punktowe

## Proste:

- operacje jednoargumentowe – transformacje jasności
- operacje arytmetyczne: jedno-, dwu- i wieloargumentowe
- manipulowanie histogramem

## Zaawansowane:

- metody progowania
- wyrównywanie histogramu
- klasyfikacja punktów obrazu

## Operacje jednopunktowe jednoargumentowe

Są to operacje, w których na wartość zadanego piksela obrazu wynikowego o współrzędnych  $(i, j)$  ma wpływ wartość **tylko jednego piksela** obrazu pierwotnego o współrzędnych  $(i, j)$ :

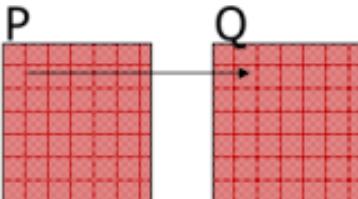
$$[q(i, j)] = f[p(i, j)] \quad f - \text{operator (liniowy lub nielinowy)}$$

$[p(i, j)]$  - obraz pierwotny

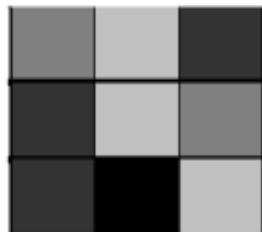
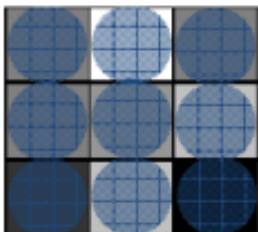
$[q(i, j)]$  - obraz wynikowy

$p(i, j), q(i, j)$  - wartości piksela o współrzędnych  $(i, j)$   
obrazu pierwotnego i wynikowego

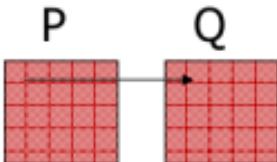
# Operacje punktowe jednoargumentowe



Wartość piksla obrazu wyjściowego zależy od wartości piksla o takich samych współrzędnych na obrazie wejściowym (nie uwzględniamy sąsiedztwa)



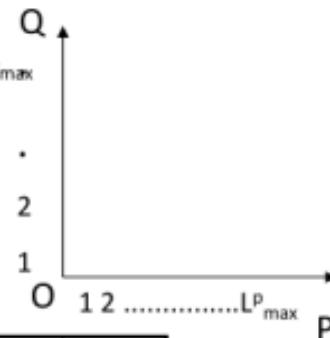
Wykonywanie po wierszach, „piksel po pikselu”



# Operacje punktowe

Definiowane przez:

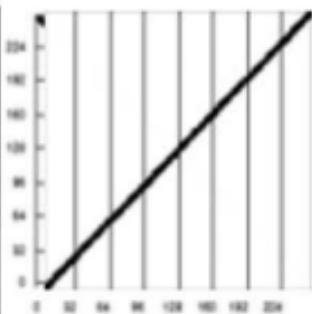
- Definicję funkcji; z jawnie postawionymi warunkami logicznymi np.: dla UOP (**Uniwersalnego Operatora Punktowego**);
- Wykres funkcji we współrzędnych OXY; na osi OX są **wszystkie potencjalne** wartości poziomów szarości obrazu pierwotnego P, a na OY obrazu po przekształceniu Q;
- Tablica przekodowań (LUT – *Look Up Table*).



0	1	2	....	$L_P^{\max}$	P
					Q

# Tożsamość

Identyczność;



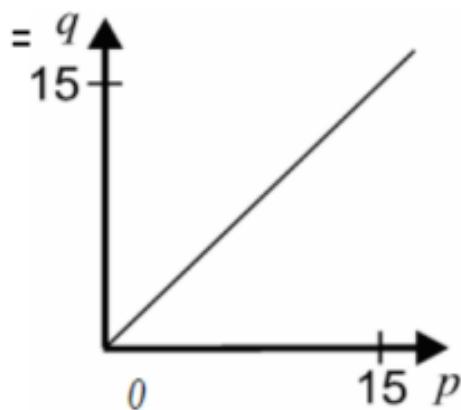
Kopiowanie obrazu

# Rodzaje operacji jednopunktowych jednoargumentowych

Operacja identyczności

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

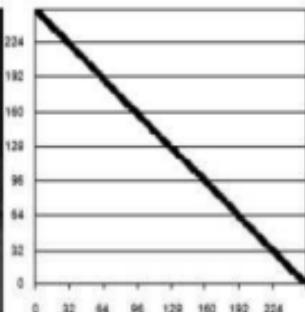
Dla  $L_{\min} = 0$ ,  $L_{\max} = 15$  (czyli  $M = 16$ ): [q]



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

# Negacja

## Negatyw obrazu



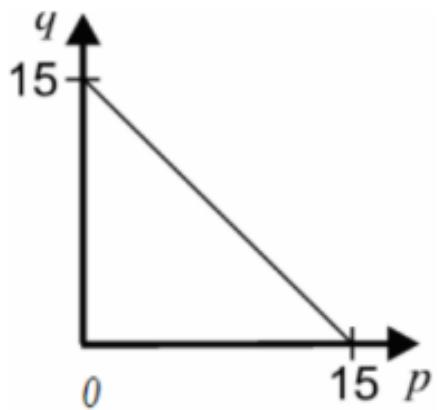
Do prezentacji informacji zawartej w ciemnych tonach (cieniach) jeśli jasne tony są nieistotne

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

## 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

# Stosowanie negatywów

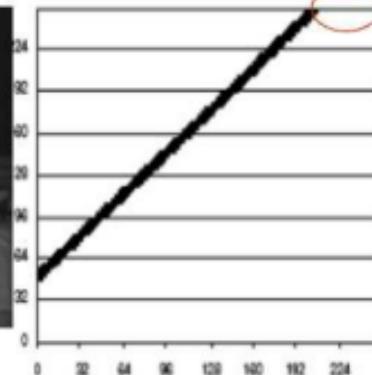
Zdjęcia Rtg



# Dodawanie liczby do obrazu

## Rozjaśnianie obrazu

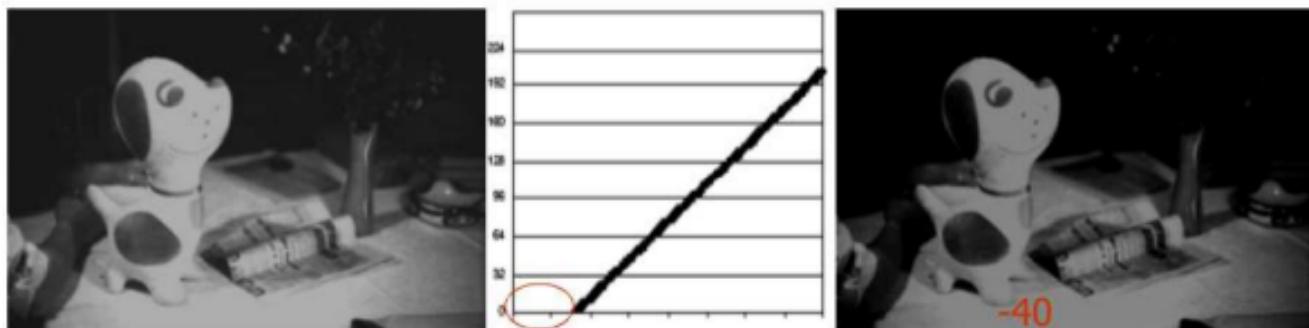
Wykroczenie poza zakres dopuszczalnych wartości



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

# Odejmowanie liczby od obrazu

## Przyciemnianie obrazu



Wykroczenie poza zakres dopuszczalnych wartości

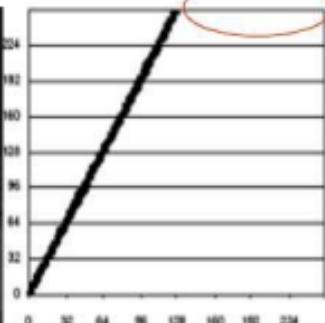


Do prezentacji informacji zawartej w jasnych tonach, jeśli ciemne tony są nieistotne

# Mnożenie obrazu przez liczbę

## Rozjaśnienie obrazu

Wykroczenie poza zakres dopuszczalnych wartości

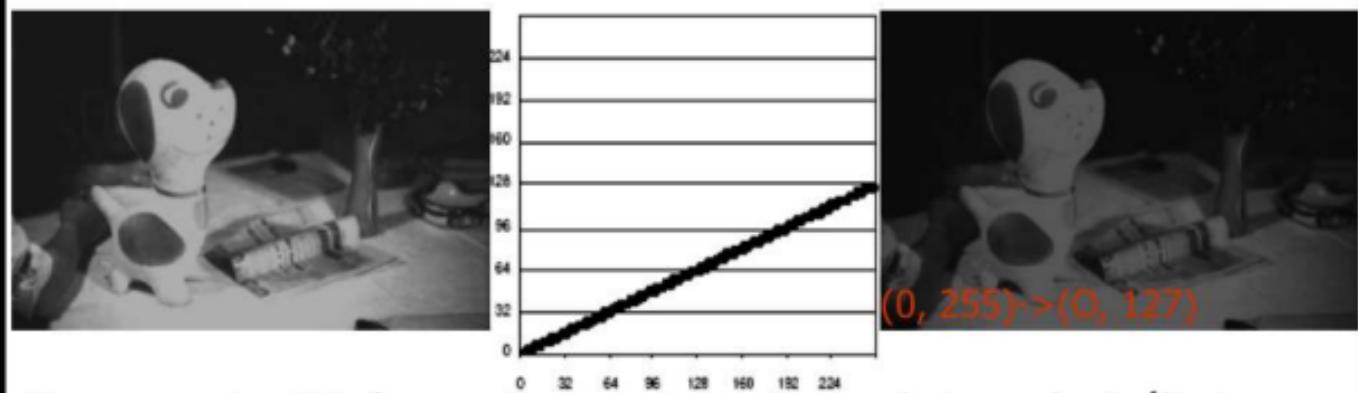


$$(0, 127) \rightarrow (0, 255)$$

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

# Dzielenie obrazu przez liczbę

Przyjemnienie 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 zauważaniu zakresu poziomów szarości

# Manipulowanie histogramem

Zapewnianie odpowiedniego zakresu poziomów szarości przez:

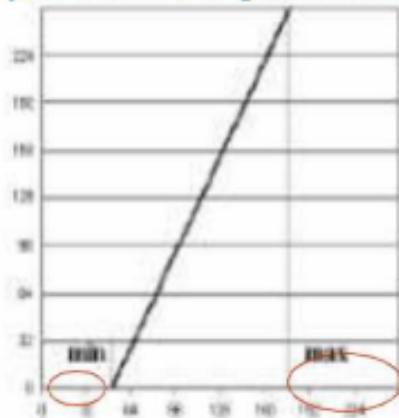
- Rozciąganie (na pełny zakres poziomów jasności – normalizacja)
- Zawężanie
- Modulowanie

Zapewnia dostosowanie do formy prezentacji, do przekazu informacji lub emocji, do planowanych kolejnych operacji na obrazie,

# Liniowe rozciąganie histogramu

Optymalne wykorzystanie zakresu poziomów jasności:

- Zagospodarowanie całego zakresu dostępnych poziomów szarości
- Wykorzystanie skrajnych zakresów do prezentacji zakresów średnich (mało liczne, nieistotne)

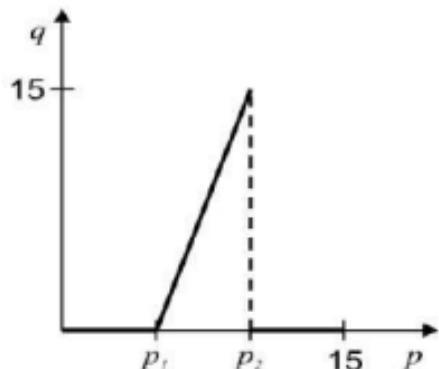


$$q(i, j) = \begin{cases} L_{\min} & \text{dla } p(i, j) < \min \\ \frac{(p(i, j) - \min) * L_{\max}}{\max - \min} & \text{dla } \min \leq p(i, j) \leq \max \\ L_{\max} & \text{dla } p(i, j) > \max \end{cases}$$

# Operacja rozciągania

Ogólnie:

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



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

$$q = \begin{cases} (p - p_1) \frac{15}{(p_2 - p_1)} & \text{dla } p_1 < p \leq p_2 \\ 0 & \text{dla } p \leq p_1, p > p_2 \end{cases}$$

Wyznaczyć obraz [q] i jego histogram dla  $p_1=4$ ,  $p_2=8$

# Contrast Enhancement

X

U -



O, 255)



Eyedropper Sampling

- Set input values  
 Set output values

Channel

Gray Channel

 Auto-adjust

Options...

Histogram Display Clipping

5 %  Automatically

17

Input Value Clipping

17

0

Output Range Compression

255

Gamma Adjustment

1,00

Individual	Level	Post:
255	255	0
255	255	0
255	255	0
255	255	0

Preview

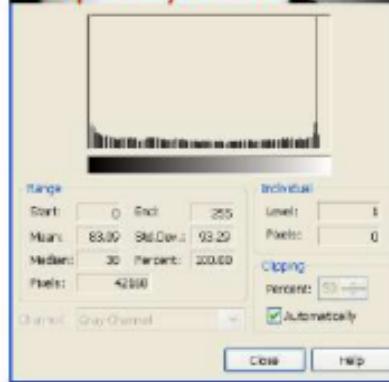
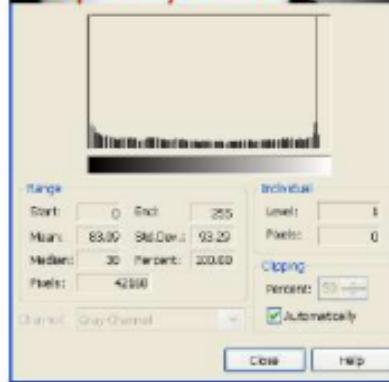
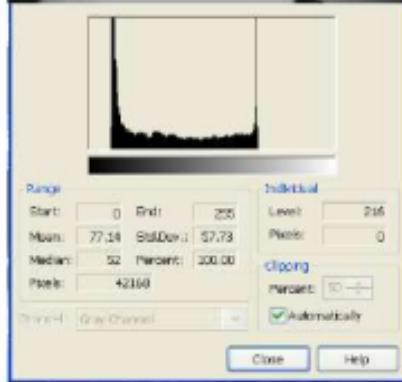
Reset

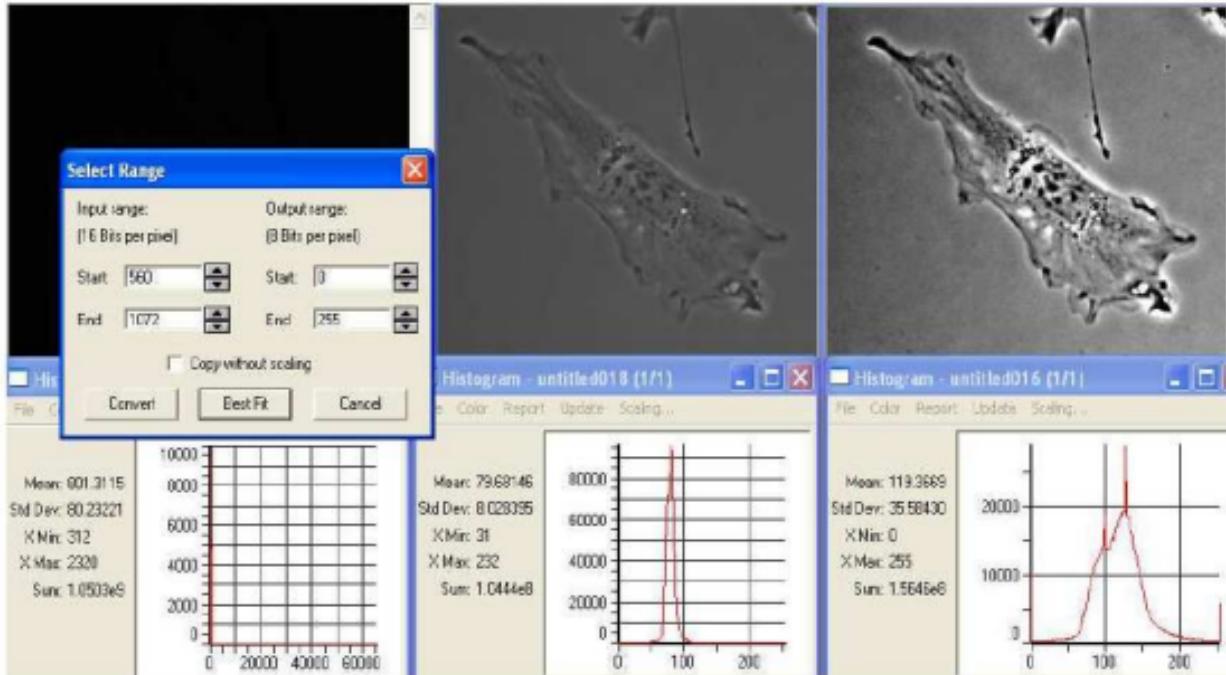
OK

Cancel

Help

# Liniowe rozciąganie histogramu





# Nieliniowe rozciąganie histogramów

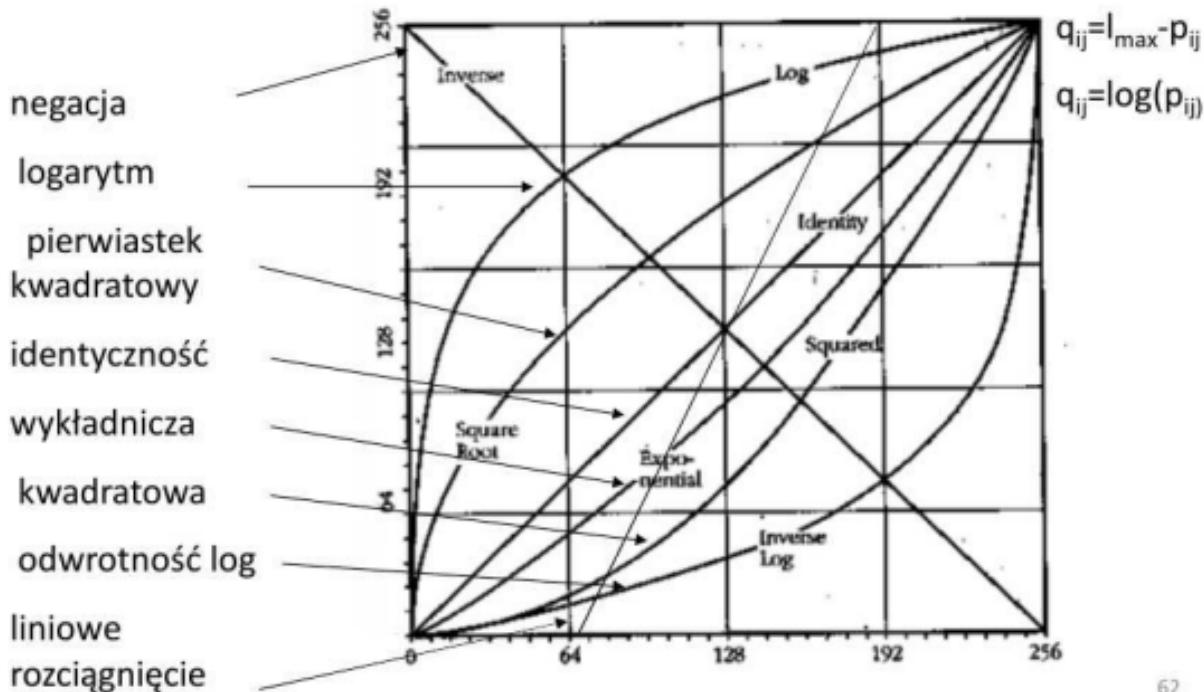
Służy do uwypuklenia pewnych zakresów poziomów szarości kosztem innych, według typowych funkcji matematycznych:

gamma, wykładniczej, pierwiastkowej,  
kwadratowej, logarytmicznej czy odwrotności  
funkcji logarytmicznej

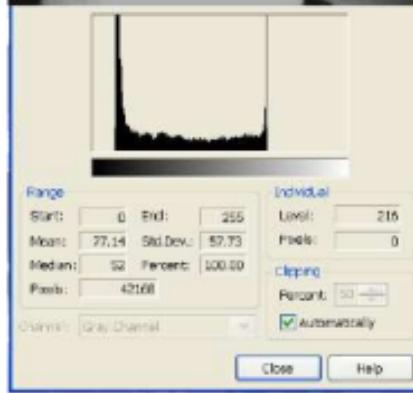
lub

według dowolnie zdefiniowanej funkcji UOP  
(za pomocą: krzywej tonalnej lub tablicy LUT)

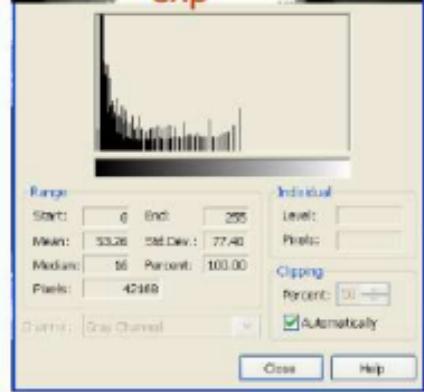
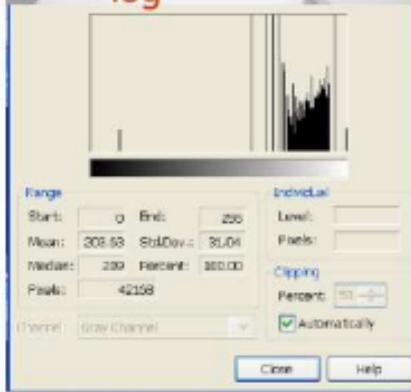
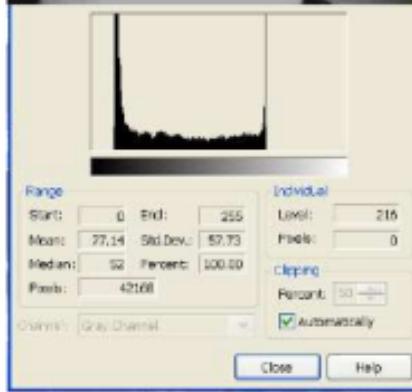
# Transformacje jasności według znamy $\acute{c}$ ch matematycznych funkcji



# Nieliniowe rozciąganie histogramów

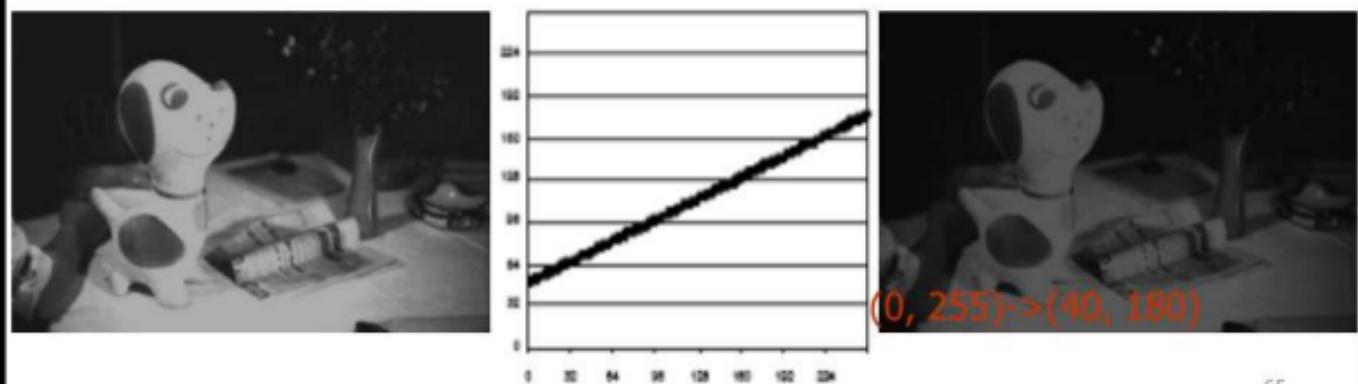


# Nieliniowe rozciąganie histogramów

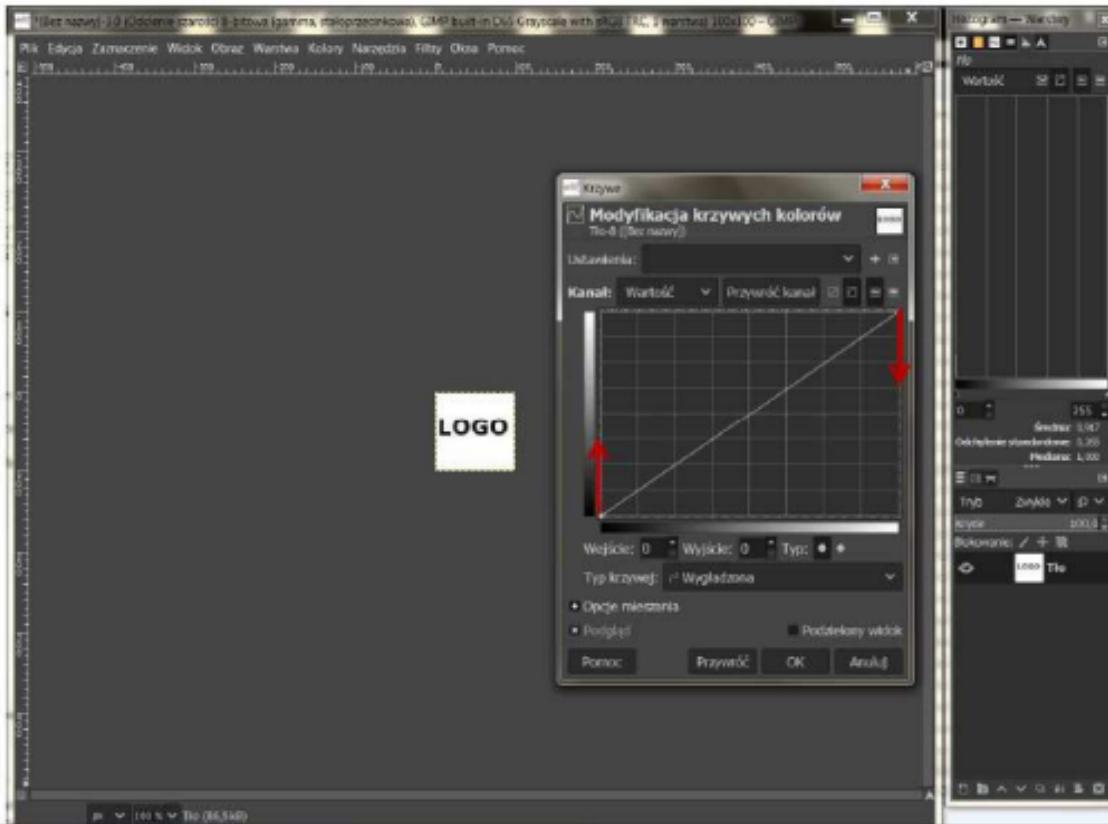


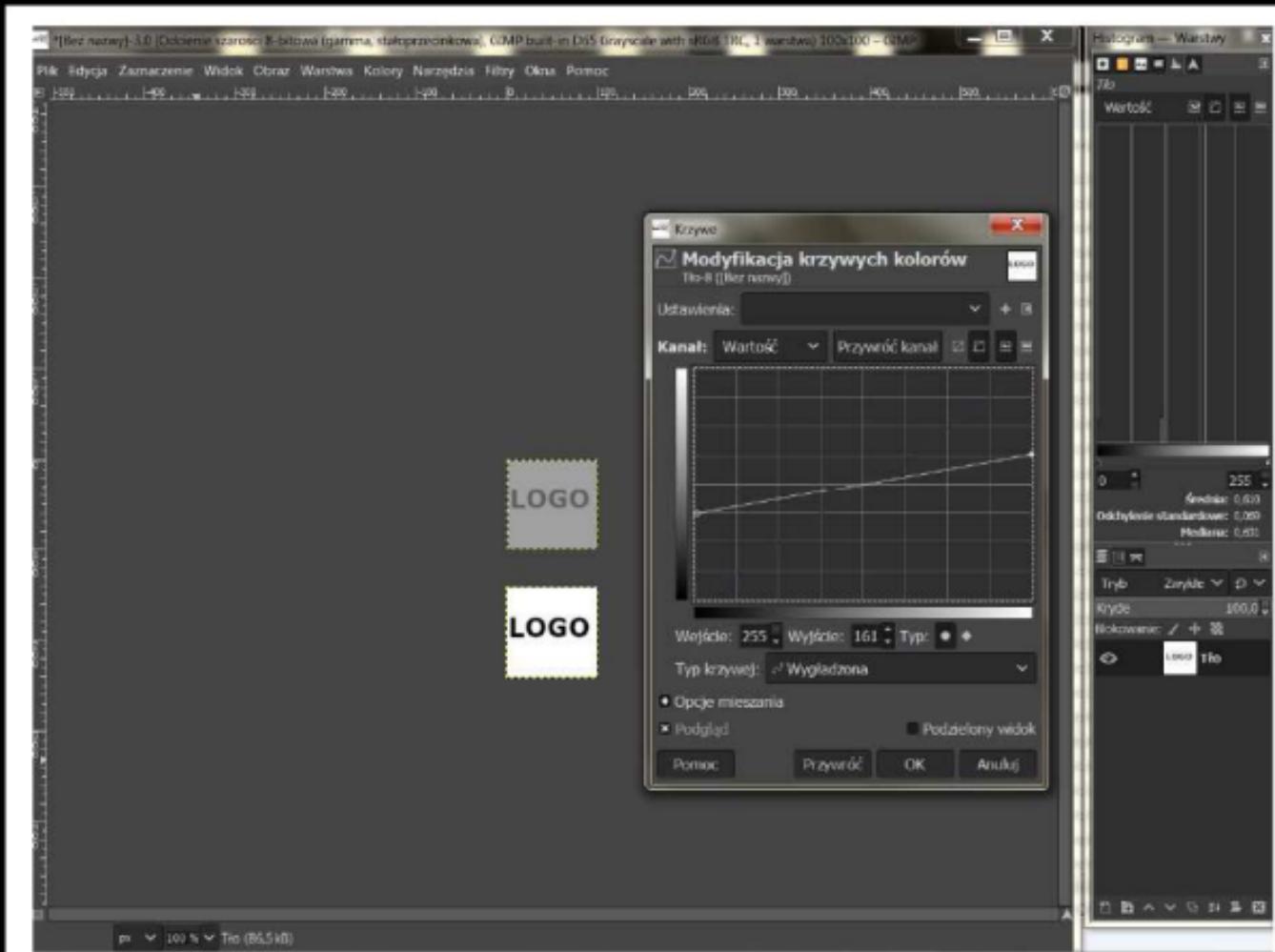
# Zwężenie zakresu poziomów szarości

Przez zmniejszenie ilości poziomów faktycznie występujących w obrazie w stosunku do potencjalnie występujących

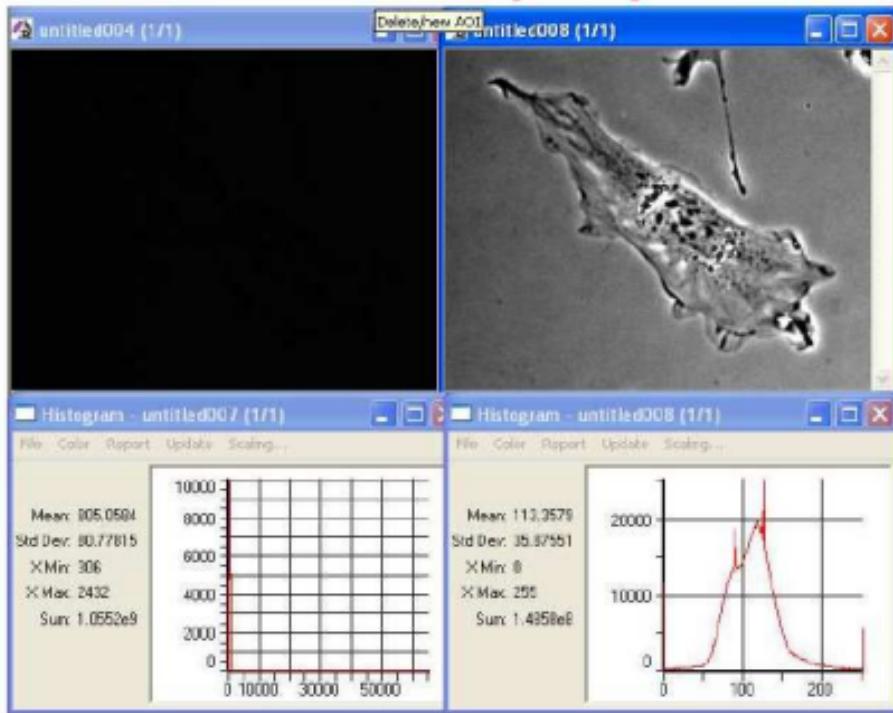


# Manipulacja przez zwężanie zakresu histogramu





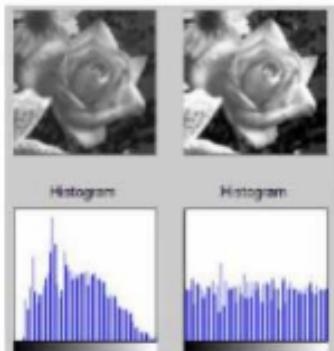
# Zwężenie zakresu poziomów szarości - przykład



# Wyrównywanie histogramu

## Wyrównywanie histogramu:

takie przekształcenia jasności, aby wszystkie jasności była równomiernie reprezentowane w obrazie (narzędzie matematyczne to dystrybuanta czyli całka z histogramu)



## Wyrównanie typu equalizacja (ang. Equalisation):

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

# Redukcja liczby poziomów szarości- przykłady



Różne liczby przedziałów kwantowania



# Redukcja liczby poziomów szarości - posteryzacja

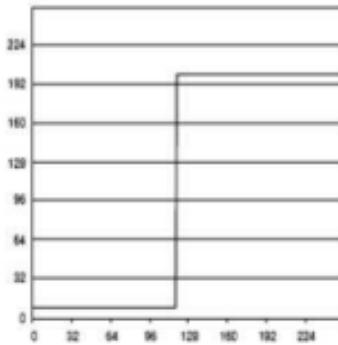
Powtórna kwantyzacja na mniejszą zadaną liczbę poziomów szarości (2, 3, 4, 5, ..., 255) – postryzacja (od ang. Posterize)

Cel:

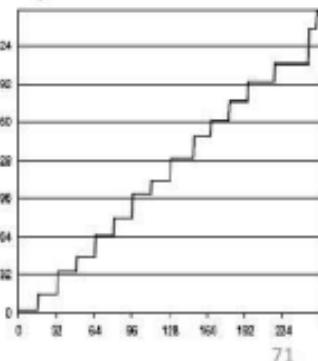
1. artystyczny – obraz posteryzowany o ostrych granicach i niewielkiej ilości tonów ,
2. prosta segmentacja,
3. kompresja

Inż. W. Romer „Izohelja”  
w Kamera Polska

Dwa przedziały – binaryzacja

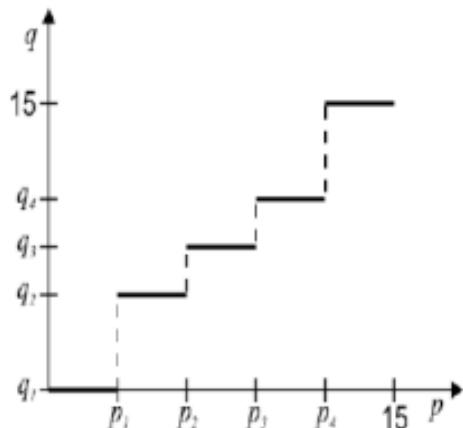


Szesnaście przedziałów



## Operacja nierównomiernej redukcji poziomów szarości

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



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

Wyznaczyć obraz  $[q]$  i jego histogram dla:

$p1 = 2, p2 = 4, p3 = 6, p4 = 8; q2 = 3, q3 = 6, q4 = 9;$

Posteryzacja:  $p2-p1=p3-p2=\dots; q2-q1=q3-q2=\dots;$

# 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 biel) i poniżej której przyporządkowujemy niższy próg szarości (najczęściej czerń).

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

# Różne typy progowania

- Progowanie z pojedynczym progiem segmentacji

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

- Progowanie przedziałami

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

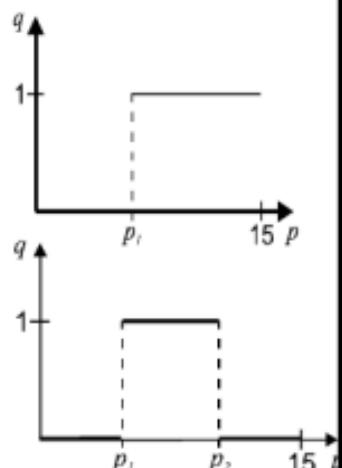
- Progowanie z warunkiem spójności

lub warunkiem nałożonym na wielkość obiektu

- Progowanie adaptacyjne

- Progowanie rekurencyjne

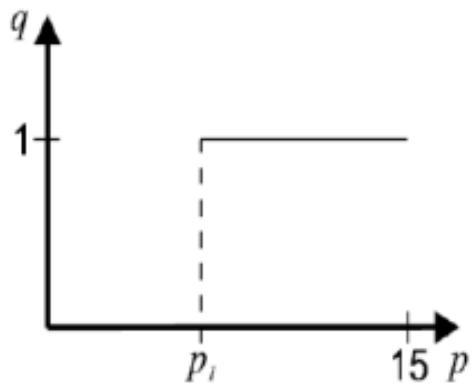
- Progowanie hierarchiczne (piramidowe, skalowalne)



## Operacja progowania (binaryzacji)

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

$$p_1 = 5$$



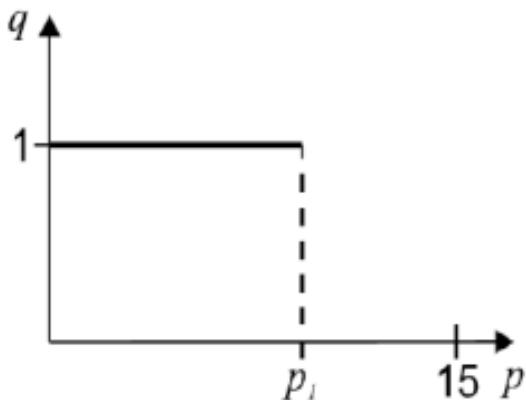
15	15	0	0	2
13	13	15	0	0
0	0	7	14	14
0	1	2	3	4
15	14	13	12	11

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

## Operacja odwrotnego progowania (binaryzacji)

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

$$p_1 = 5$$

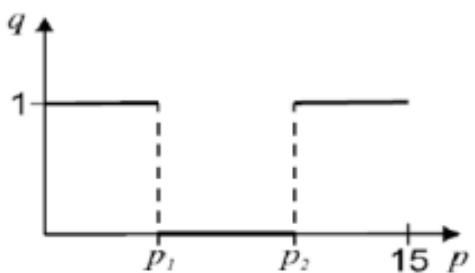


15	15	0	0	2
13	13	15	0	0
0	0	7	14	14
0	1	2	3	4
15	14	13	12	11

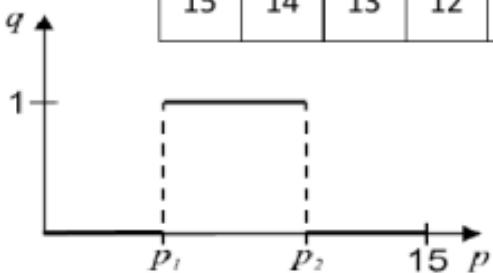
0	0	1	1	1
0	0	0	1	1
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1
0	0	0	0	0

## 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

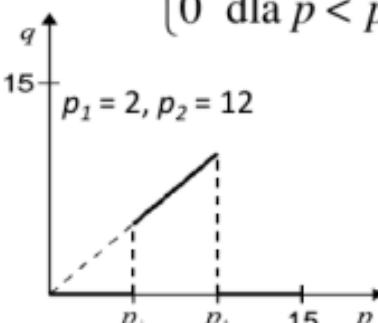
# Operacje progowania z zachowaniem poziomów szarości

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

Z zachowaniem odwrotności  
(negacji)

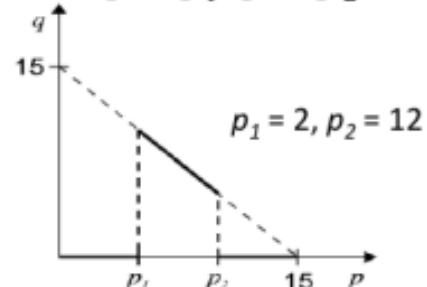
Z zachowaniem identyczności

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



0	0	0	0	2
0	0	0	0	0
0	0	7	0	0
0	0	2	3	4
0	0	0	12	11

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



0	0	0	0	13
0	0	0	0	0
0	0	8	0	0
0	0	13	12	11
0	0	0	3	4

# Przykład progowania

Progowanie dobrze segmentuje tylko wtedy, gdy:

- istnieje rozdzielność poziomów szarości lub kolorów obiektu i tła

- gdy „dolina” progu jest głęboka (najlepiej zerowa)

