



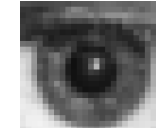
Inżynieria obrazów cyfrowych

Dr inż. Jacek Jarnicki Doc. PWr.
Instytut Informatyki, Automatyki i Robotyki
p. 226 C- 3, tel. 071-320-28-23
jacek.jarnicki@pwr.wroc.pl
www.zsk.ict.pwr.wroc.pl

Tematyka wykładów:

- Obraz cyfrowy - podstawy
- Kompresja JPEG
- Podstawy telewizji analogowej i cyfrowej
- MPEG-2, MPEG-4 i MPEG-7
- Fraktale i kompresja fraktalna
- Falki i kompresja falkowa
- Estetyka tekstu i obrazu

Obraz cyfrowy - podstawy



- **Obraz cyfrowy i jego uzyskiwanie**
Co to jest obraz cyfrowy i jak on powstaje ?
- **Charakterystyki liczbowe obrazów cyfrowych**
Jak wyrazić cechy obrazu przy pomocy liczb ?
- **Podstawy przetwarzania obrazów cyfrowych**
Jak przy pomocy komputera zmienić obraz ?

1. Obraz cyfrowy i jego uzyskiwanie

Obraz cyfrowy jest tablicą w postaci

$$f = f(x, y) \quad x = 0, 1, 2, \dots, N - 1; \quad y = 0, 1, 2, \dots, M - 1$$

gdzie

$f(x, y)$ - element obrazu,

N, M - szerokość i wysokość obrazu.

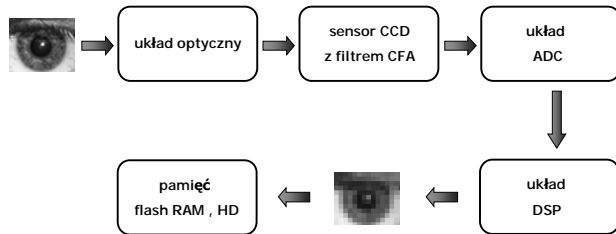
Element $f(x, y)$ może mieć różny sens i określać przykładowo:

- stopień szarości,
- kolor, $f(x, y) = [r(x, y) \ g(x, y) \ b(x, y)] \ r, g, b \in \{0, 1, \dots, S\}$
- wskaźnik na element tablicy barw,

1.1. Metody tworzenia obrazów cyfrowych

- Metody syntetyczne - obraz cyfrowy powstaje w wyniku przetwarzania formalnego opisu sceny 2-D, lub 3-D przy pomocy odpowiednich algorytmów.
 - grafika komputerowa
- Digitalizacja obrazów realnych - obraz cyfrowy tworzy się przez przybliżenie obrazu analogowego skończonym zbiorem liczb, za pomocą odpowiednich urządzeń.
 - fotografia cyfrowa
 - skanowanie obrazów płaskich

1.2. Cyfrowy aparat fotograficzny



podstawowe elementy cyfrowego aparatu fotograficznego

1.2.1. Układ optyczny

- Obiektyw i migawka - rzutowanie obrazu na płaszczyznę sensora i dobór czasu rzutowania.

parametry:

ogniskowa (*focal length*), $f = 20 - 300$ mm,
jasność, przesłona (*aperture*), $F = 2.0 - 8.0$
migawka (*shutter*), 30 s. - 1/16000 s.

dotychczasowe funkcje:

ZOOM - płynnie zmieniana długość ogniskowej,
AF (Auto-focus) - automatyczna regulacja ostrości,

- Wizjer - kontrola rzutowanego obrazu
optyczny (różne rozwiązania)
ciekłokrystaliczny LCD

1.2.2. Sensor CCD i filtr CFA



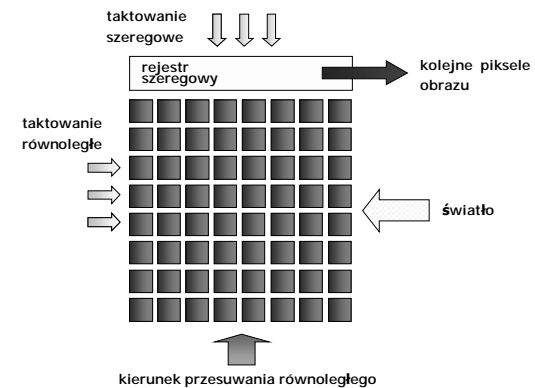
CCD (*Charge Coupled Device*) - tablica niewielkich elementów półprzewodnikowych zamieniających światło na odpowiednie sygnały elektryczne według porządku narzuconego przez ustaloną siatkę pikseli . Proces ten nosi nazwę próbkiwania.

1969 - W. Boyle i G. Smith zastosowanie CCD do zapisu danych (Bell Labs)

1974 - zastosowanie CCD o formacie 100x100 pikseli do akwizycji obrazu (Fairchild Electronics).

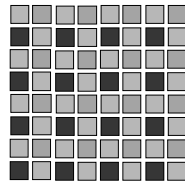
2001 - na powierzchni niewielkiego układu osiągnięto liczbę około 6.5 mln pikseli.

Zasada działania sensora CCD



Filtr CFA (Colour Filter Array)

W czołowej części sensora CCD umieszczona jest matryca filtrów powodujących, że do odpowiednich komórek trafia jedynie światło o określonych długościach fali. Rozkład filtrów jest następujący (schemat : **G-R-G-B**)



GRGB Bayer Pattern

Filtrów „zielonych” jest więcej, podobnie jak więcej jest czopków M („zielonych”) na powierzchni siatkówki oka.

Wybrane parametry sensora CCD - przykład

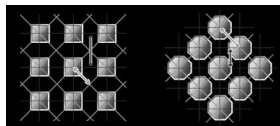
Sensor w aparacie cyfrowym **Canon PowerShot G2**

- producent - nieznan
- całkowita liczba pikseli - 4,1mln
- efektywna liczba pikseli - 3,9 mln
- wymiary - 1/1.8"
- rodzaj filtru CFA - G-R-G-B
- czułość (ISO rating) - 50, 100, 200, 400



Inne rozwiązania sensorów obrazu

- Matryca Super CCD (Fujifilm 1999)



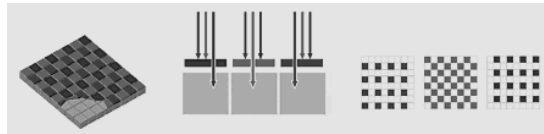
sensory mają kształt ośmiokątów

- Większa czułość i dynamika przetwornika
- Dokładniejsze odwzorowanie barw
- Możliwość miniaturyzacji matrycy – większa gęstość upakowania
- Ośmiokątny kształt pixeli zapewnia identyczne warunki pracy matrycy w pozycji poziomej oraz pionowej

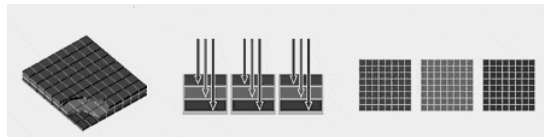
- Sensory CMOS

| CCD | CMOS |
|--|--|
| Większa czułość | Niskie koszty – standardowy proces wytwarzania |
| Niski poziom szumu (prąd ciemny) | Łatwość integracji z innymi układami scalonymi CMOS |
| Łatwość wykonania identycznych elementów (tak samo rejestrujących obraz) | Możliwość szybkiego odczytywania i przetwarzania pojedynczych pixeli |
| | Mniejsze zużycie energii |

- Matryce Foveon X3



Matryca z filtrem Bayer



Matryca Foveon X3

Jacek Jarnicki Politechnika Wroclawska

13

1.2.3. Układ ADC (Analog to Digital Converter)

Układ odczytujący stan sensora CCD generuje sygnały o stanie oświetlenia kolejnych pikseli sensora w postaci analogowej. Aby uformować obraz cyfrowy konieczna jest więc, (po wzmocnieniu) zamiana sygnałów analogowych na cyfrowe. Proces ten nosi nazwę kwantyzacji sygnału.

Stosuje się następujące przetworniki analogowo - cyfrowe:

- 8 - bitowe, (256 poziomów jasności piksela)
- 10 - bitowe, (1024 poziomy)
- 12 - bitowe, (4096 poziomów)

Liczba bitów przetwornika zależy od dynamiki sensora oraz jakości i ceny aparatu.

Jacek Jarnicki Politechnika Wroclawska

14

1.2.4. Układ DSP (Digital Signal Processing)

Układ procesora zmiennoprzecinkowego o znacznej mocy obliczeniowej, którego zadaniem jest:

- zamiana liczb uzyskiwanych z przetwornika analogowo cyfrowego, odpowiadających poszczególnym pikselom sensora, na obraz o zadanej rozdzielczości,
- interpolacja barw,
- wstępna korekcja jakości uzyskiwanego obrazu,
- przetworzenie obrazu do odpowiedniego formatu RAW,
- JPEG (kompresja stratna),
- przygotowanie obrazu do zapisu,

Jacek Jarnicki Politechnika Wroclawska

15

1.2.5. Pamięć lub twardy dysk

- Pamięci
 - **Compact Flash**: (1994, SanDisk), bazuje na technologii flash memory, karty o wymiarach 43 x 36 mm, grubość 3,3 lub 5 mm, pojemność do 512 MB.
 - **SmartMedia** lub SSFDC (Solid-State Floppy Disk Card): (1996 Toshiba), karty o wymiarach 45 x 37 mm, grubość 0,78 mm, pojemność do 128 MB.
- Twarde dyski
- CD-R

Jacek Jarnicki Politechnika Wroclawska

16

HP PhotoSmart 635

Cena netto: 495 PLN

- CCD [min.]: 2,1
- pamięć: 16 MB
- format zdjęcia: max. 1636 x 1236
- zoom cyfrowy: 4x
- zoom optyczny: 3x
- czułość: Auto: ISO 100, 200, 400
- przysłona: f2.9 (wide), f4.95 (tele)
- samowyzwalacz: tak 10s
- złącza: USB 2.0
- wymiary: 100.8 x 66.3 x 41.7
- waga [kg]: 185g
- nośniki pamięci: SD: Secure Digital
- MMC: MultiMedia Card
- nagrywanie filmów: 320x240, 24fps, z dźwiękiem
- migawka: 1/1000 sec at f2.9, 1/2000 sec at f5.6
- wyświetlacz: LCD 1.6"



Jacek Jarnicki Politechnika Wroclawska

17

Canon EOS 1 Ds body

Cena netto: 29.704 PLN

- CCD [min.]: 11,1
- format zdjęcia: 4064 x 2704, 2032 x 1352
- czułość: ISO 100-1250
- balans bieli: Automatyczny balans bieli
- ustawienia własne - ręczne
- ustawienia temperatury barwowej
- ustawienie według wybranego wzorca bieli
- tryb sekwencji: Aparat może wykonać 3 zdjęcia na s. do 10 klatek w serii
- samowyzwalacz: 10s
- wymiary: 156.0 x 157.6 x 79.9mm
- waga [kg]: 1265g
- nośniki pamięci: CF/2: CompactFlash I/II
- migawka: 1/8000 sek. do 30 sek.
- wyświetlacz: 2.0" TFT
- formaty plików: JPEG i RAW



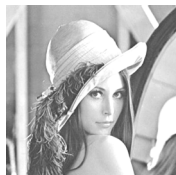
Jacek Jarnicki Politechnika Wroclawska

18

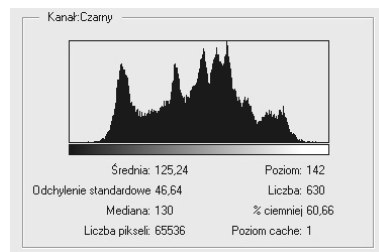
2. Charakterystyki liczbowe obrazów cyfrowych

- histogram
- dyskretna transformata Fouriera

2.1. Histogram obrazu monochromatycznego



obraz 256 x 256 x 256

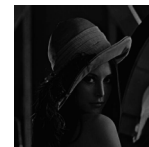
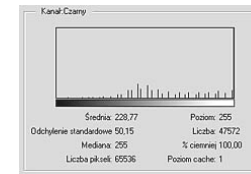


Jacek Jarnicki Politechnika Wroclawska

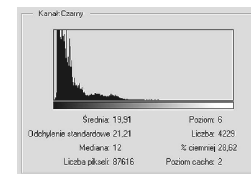
19



Obraz prześwietlony, znaczna liczba pikseli na poziomie 255.



Obraz niedoświetlony, dużo pikseli na poziomach 6 i 7.



Jacek Jarnicki Politechnika Wroclawska

20

2.2. Dyskretna transformata Fouriera

$$f(x, y) \leftrightarrow F(u, v)$$

$$x, y = 0, 1, \dots, N - 1; \quad u, v = 0, 1, \dots, N - 1$$

$f(x, y)$ - obraz,

$F(u, v)$ - dyskretna transformata Fouriera obrazu $f(x, y)$.

$$F(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-i2\pi(xu+yv)/N}$$

$$u, v = 0, 1, \dots, N - 1$$

Jacek Jarnicki Politechnika Wroclawska

21

transformata odwrotna

$$f(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) e^{i2\pi(xu+yv)/N}$$

$$x, y = 0, 1, \dots, N - 1$$

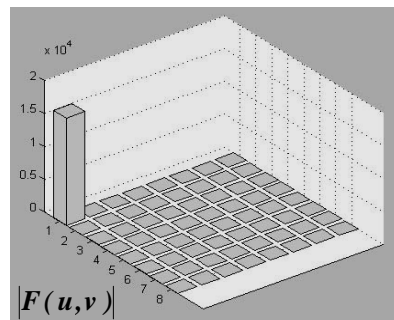
- $F(u, v)$ jest zwykle funkcją zespoloną.
- N^2 liczb całkowitych opisujących obraz, zostaje przekształconych w N^2 liczb zespolonych, czyli $2N^2$ liczb rzeczywistych.

Jacek Jarnicki Politechnika Wroclawska

22

Przykład 1: (obraz całkowicie płaski)

obraz 8 x 8



Widmo amplitudowe Transformaty Fouriera

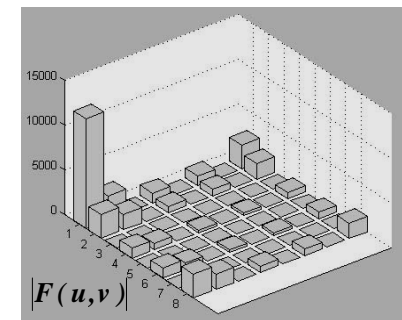
Jacek Jarnicki Politechnika Wroclawska

23

Przykład 2: (dwuwymiarowy impuls prostokątny)



obraz 8 x 8



Widmo amplitudowe Transformaty Fouriera

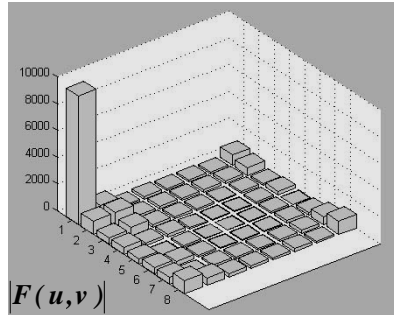
Jacek Jarnicki Politechnika Wroclawska

24

Przykład 3: (fragment obrazu fotograficznego)



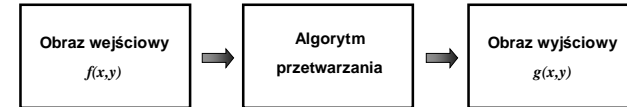
obraz 8 x 8



$$|F(u, v)|$$

Widmo amplitudowe Transformaty Fouriera

3. Podstawy przetwarzania obrazów cyfrowych

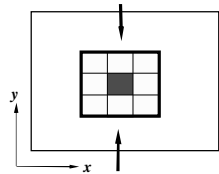


Cel przetwarzania obrazu:

- poprawa jakości
- celowa deformacja
- wyodrębnienie elementów charakterystycznych

3.1. Algorytm 1 - filtr liniowy (gaussowski)

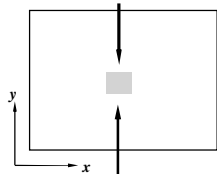
piksel obrazu wejściowego $f(x,y)$



przykładowa maska
filtru $m(x,y)$

| | | |
|---|---|---|
| 2 | 4 | 2 |
| 4 | 8 | 4 |
| 2 | 4 | 2 |

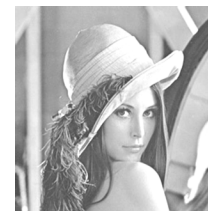
piksel obrazu wyjściowego $g(x,y)$



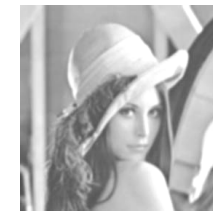
$$g(x, y) = \frac{1}{\sum_x \sum_y m(x, y)} \sum_x \sum_y m(x, y) \times f(x, y)$$

Piksel obrazu wyjściowego obliczany jest jako średnia ważona (liczbami maski), piksela obrazu wejściowego i jego otoczenia.

Przykład działania filtru liniowego



obraz wejściowy $f(x,y)$



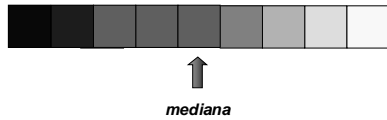
obraz wyjściowy $g(x,y)$

Filtracja spowodowała rozmycie obrazu.

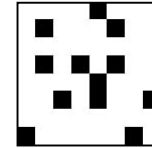
3.2. Algorytm 2 - filtr nieliniowy (medianowy)

Jasność piksela $g(x,y)$ obrazu wyjściowego oblicza się według następującego algorytmu:

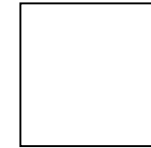
1. Pیکsel obrazu wejściowego $f(x,y)$ i otaczające go 8 pikseli, porządkuje się według niemalejącej jasności.
2. Jako jasność piksela $g(x,y)$ przyjmuje się jasność piątego elementu (mediany) ciągu określonego w punkcie 1.



Przykład działania filtru medianowego



obraz wejściowy $f(x,y)$



obraz wyjściowy $g(x,y)$

Filtracja spowodowała usunięcie wszystkich czarnych pikseli.