

Fragen und Antworten: Image Processing

Copyright © by V. Miszalok, last update: 28-01-2007

Solche Fragen und Antworten sind niemals 100% fehlerfrei.

Wenn Sie einen Fehler finden, und sei es auch nur ein Tippfehler, bitte formlose Mail an prof@miszalok.de

Image Processing

F: Meßwerte, die jedes Abtastgerät liefern muss ?

A: 1) eine laufende Spaltennummer x und eine laufende Zeilennr. y ;

2) eine Messung oder Schätzung des Quotienten $q(x, y) = I/I_0$, wobei

I = Energie des von x, y ausfallenden Lichts und

I_0 = Energie des auf x, y einfallenden Lichts.

3) Verwandlung von $q(x, y)$ in einen Grauwert $gw(x, y)$, mit $0 \leq gw(x, y) \leq 255$.

F: Was ist 1) Reflektionsabtastung ? 2) Transmissionsabtastung ? Beispiele ? 3) Vergleich ?

A: 1) Undurchsichtige, nicht absolut schwarze Gegenstände reflektieren Licht von jeder Stelle x, y nach dem Reflexionsgesetz Einfallswinkel = Ausfallswinkel. Beispiele: Urlaubsphoto, Radar, Ultraschall.

2) Durchsichtige Gegenstände werden durchstrahlt von sichtbarem Licht, undurchsichtige von Röntgen- oder Gammastrahlung. Beispiele: Dia, Overheadfolie, Kinofilm, Gepäckkontrolle am Flugplatz, Röntgen, Computertomographie, Zell-Mikroskopie.

3)

Vergleich	Reflektion	Transmission
Streulicht	↑	↓
Quotient $q(x, y) = I/I_0$	↓	↑
Energiebilanz	↓	↑
Bildqualität in der Regel	↓	↑

F: Vergleich	Photoabtastung	Scannerabtastung
Lichtquelle		
Optik		
Bewegte Teile		
Sensor(en)		
x, y werden geliefert von		
Belichtungszeit		
Zeitauflösung		
Ortsauflösung		
Streulicht		
Bildqualität		
A: Vergleich	Photoabtastung	Scannerabtastung
Lichtquelle	ungerichtet	Punktlicht = Flying Spot
Optik	konvexe Linse	keine
Bewegte Teile	nur Blende	Lichtquelle bzw. Rotationsspiegel
Sensor(en)	Sensor-Array	einzelne Photozelle
x, y werden geliefert von	Sensor-Array	Position/Richtung des Lichtstrahls
Belichtungszeit	kurz	lang
Zeitauflösung	↑	↓
Ortsauflösung	↓	↑
Streulicht	↑	↓
Bildqualität	↓	↑

F: Welche Abtastprinzipien ?	Reflektion	Transmission	Photo	Scanner
Radar				
Röntgen				
Urlaubsphoto				
Diaprojektor, Kino				
LCD-Beamer				
DLP-Beamer				
Computertomographie				
Ultraschall				
A: Welche Abtastprinzipien	Reflektion	Transmission	Photo	Scanner
Radar	X			X
Röntgen		X	X	
Urlaubsphoto	X		X	
Diaprojektor, Kino		X	X	
LCD-Beamer		X	X	
DLP-Beamer	X		X	
Computertomographie		X		X
Ultraschall	X			X

F: Was ist der Lauflängencode ?

A kurz: = Run Length Code = RLC. Verlustloses Kompressionsverfahren ideal für Binärbilder, wobei die Anzahlen aufeinander folgender Nullen und Einsen übertragen werden.

A lang: Bei Binärbildern codiert die erste, dritte, fünfte etc. Zahl jeder Zeile die Nullen, die zweite, vierte, sechste etc. Zahl codiert die Einsen. Eine leere Zeile wird codiert durch ein einziges Integer = Anzahl der Pixel pro Zeile. Bei Grauwertbildern wird nach jeder Zahl noch der zugehörige Grauwert übertragen.

Meistens endet eine Zeile mit einem Sonderzeichen = Zeilentrenner zur Fehlererkennung.

Starke Kompression bei Schriftgut (Fax). Schwache Kompression bei Grauwert- und Farbbildern. Aufblähung statt Kompression bei kleinen Bildern und bei Schachbrettmustern.

F: Gegeben sei ein 4-zeiliges Binärbild B

```

0011001000
B = 0101010000
    1010101001
    0111110000

```

Gesucht ist der zeilenweise RunLengthCode ohne Trennzeichen. Berechnen Sie die Kompression.

A:

22213

1111114

0111111121

154

Kompression = $(25 \cdot 16 \text{Bit} \cdot 100\%) / 40 \text{Bit} \approx 1000\%$, wobei

25 = 5+7+10+3 = Länge des RLC

16 = Anzahl Bits des Datentyps `UInt16`

40 = binäres Originalbild hat 4 Zeilen a 10 Spalten

F: Bei der Kompression von Rastermatrizen kann das Phänomen auftreten,

dass man hinterher mehr Speicherplatz braucht als vorher. In welchen Fällen tritt so etwas auf ?

A: 1) bei kleinen Bildern (z.B. ICONs),

2) bei Bildern mit schnellen Farbwechseln ohne homogene Flächen (z.B. Schachbrettmuster),

3) bei Bildern, die bereits komprimiert sind → alle Mehrfachkomprimierungen sind schlecht.

F: Wenn die Anzahl der Pixel pro Zeile bekannt ist (z.B. beim Fax), dann benötigt der RLC keine Zeilentrennzeichen. Begründen Sie diese Tatsache.

Warum benutzt man trotzdem Zeilentrennzeichen im RLC ?

A kurz: Der Empfänger addiert die ankommenden Zahlen und weiß damit, wann eine Zeile voll ist, aber er kann fehlende Zahlen oder falsche Längen nicht erkennen.

Fehlererkennung durch Trenner: Wenn Position des Trennzeichens ungleich errechnetes Zeilenende, dann muss ein Fehler vorliegen, Zeilenwiederholung anfordern.

A lang: Der Empfänger addiert die ankommenden Zahlen und weiß damit, wann eine Zeile voll ist.

Er kann aber nicht kontrollieren, ob der Sender der gleichen Meinung ist, d.h. er kann Übertragungsfehler (fehlende Zahlen oder falsche Längen) nicht erkennen. Beispiel für einen schwerwiegenden Fehler:

Wenn eine einzelne Zahl verloren geht, dann verwechselt der Empfänger für den ganzen Rest des Blattes Vordergrund (=schwarz) und Hintergrund (=weiß). Der Einbau der Trennzeichen erlaubt folgende Fehlerbehandlung: Stimmen die Position des Trennzeichens und das vom Empfänger errechnete Zeilenende nicht überein, dann wird eine Zeilenwiederholung angefordert.

Die redundanten Trennzeichen erhöhen also die Sicherheit der Übertragung.

F: Vergleich:	CCD	CMOS
Abkürzung von:		
Pixelfläche:		
Zugriff:		
Teilbilder:		
Hauptanwendung:		
Lichtempfindlichkeit:		
Energiebedarf:		
A: Vergleich:	CCD	CMOS
Abkürzung von:	Charge-coupled Device	Complementary Metal Oxid Semiconductor
Pixelfläche:	Photodiode flächendeckend	Photodiode plus RAM plus Leitungsbahnen
Zugriff:	Ladungs-Shift per Eimerkette	jedes Pixel adressierbar
Teilbilder:	unmöglich	Subsampling und Windowing möglich
Hauptanwendung:	Photo = Still Image	Video
Lichtempfindlichkeit:	hoch	niedrig
Energiebedarf:	hoch	niedrig

F: Aufbau und Prinzipien von a) Fax und b) Farb-Flachbettscanner ?

A: a) Papier fährt unter einer unbewegten CCD-Zeile mit 4096 Sensoren.

b) Drei CCD-Zeilen mit je 4096 Sensoren und RGB-Filtern fahren über unbewegtes Papier.

Beide sind eine Mischform aus Photoprinzip (wegen der vielen Sensoren) und

Scannerprinzip (wegen Papier- bzw. Sensorbewegung).

F: Was versteht man unter Pixel- und Farb-Interpolation ? Zweck ?

Was versteht man unter Raw-Format ?

A: Einfügen erfundener Pixel und/oder erfundener Farben, die von echten Nachbarn abgeschrieben werden.

Zweck: Vortäuschen von hoher Ortsauflösung.

Raw Format = (Hersteller-abhängiges) Bildformat ohne Pixel- und Farb-Interpolation (für professionelles Image Proc.)

F: Aufbau und Zweck eines Bayer-Filters = Mosaik-Filters ?

A: Abdeckung eines Sensorarrays mit Miniaturfarbfiltern so, dass von jeweils 4 Pixeln zwei nur grünes Licht sehen, einer nur rotes und einer nur blaues Licht sieht.

Zweck: Farb-Interpolation bei Ein-Chip-Farbkameras.

F: Gegeben sei ein 4-zeiliges Grauwertbild G

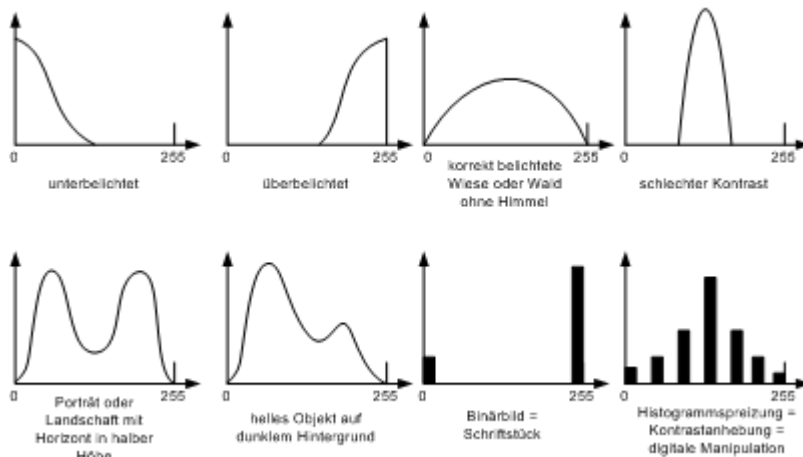
0011001
 G = 0765750
 1556671
 0111110

Gesucht ist das Histogramm der Länge 10.

A: H = [8, 10, 0, 0, 0, 4, 3, 3, 0, 0]

F: Typische und häufig vorkommende Histogramme mit Kurzbeschreibung.

A:



F: Gegeben sei ein Rasterbild in der Form eines 2D-Arrays Byte $b[ySize, xSize]$. Schreiben Sie einen Code zur Erzeugung des Histogramms.

```
A: int[] H = new int[256]; for ( int i=0; i<256; i++ ) H[i] = 0;
for ( int y = 0; y < ySize; y++ )
    for ( int x = 0; x < xSize; x++ ) H[b[y,x]]++;
```

F: Gegeben sei ein Rasterbild in der Form eines 2D-Arrays Byte $b[ySize, xSize]$. Schreiben Sie einen Code zur Binarisierung mit Hilfe einer Schwelle s .

```
A: for ( int y = 0; y < ySize; y++ )
    for ( int x = 0; x < xSize; x++ )
        if ( b[y,x] < s ) b[y,x] = 0;
        else b[y,x] = 255;
```

F: Gegeben sei ein Rasterbild durch einen Pointer Byte* p auf das 1. Pixel und die Pixelanzahl $xSize*ySize$. Schreiben Sie einen Code zur Erzeugung des Histogramms.

```
A: int[] H = new int[256]; for ( int i=0; i<256; i++ ) H[i] = 0;
for ( int i = 0; i < xSize*ySize; i++ ) H[* (p+i)]++;
```

F: Gegeben sei ein Rasterbild durch einen Pointer Byte* p auf das 1. Pixel und die Pixelanzahl $xSize*ySize$. Schreiben Sie einen Code zur Binarisierung mit Hilfe einer Schwelle s .

```
A: for ( int i = 0; i < xSize*ySize; i++ )
    if ( *(p+i) < s ) *(p+i) = 0;
    else *(p+i) = 255;
```

F: Die häufigsten technischen Bildfehler ?

A: Rauschen, schlechter Kontrast, Shading, Bildunschärfe durch Bewegung von Kamera oder Objekt oder beidem, Bildunschärfe durch falschen Fokus, Bildunschärfe durch verschmutzten Strahlengang, Farbfehler, optische Abbildungsfehler = Aberration

F: Definition von Kontrast ? Ursache, Reparatur von schlechtem Kontrast ?

A: Kontrast = $(\max\text{Grauwert} - \min\text{Grauwert}) * 100\%$ dividiert durch 255. Schlechter Kontrast = Es fehlen die Grauwerte am oberen (unterbelichtet) oder am unteren (überbelichtet) oder an beiden Enden des Histogramms. Reparatur = Kontrastanhebung = Grauwertspreizung

F: Definition von 2D-Image-Shading IS ? Ursache von IS ? Welches Problem entsteht durch IS ? Was ist 3D-Graphics-Shading GS ?

A: IS = additive Überlagerung eines idealen Bildes $I(x, y)$ mit einer langsam ansteigenden oder abfallenden Rampenfunktion $S(x, y)$.

Ursache: ungleichmäßige Beleuchtung. Problem: IS behindert eine Trennung von Vorder- und Hintergrund durch einen `threshold`.

GS = Abdunkeln einer 3D-Fläche bei schrägem Licht nach der Methode `Flat` oder `Gouraud` oder `Phong`. Verwechslungsgefahr: GS hat mit IS nichts zu tun !

F: Definition von Rauschen ? Ursache, Bekämpfung von Rauschen ?

A: Rauschen = additive Überlagerung eines idealen Bildes $I(x, y)$ mit einer Zufallsfunktion $N(x, y) : B(x, y) = I(x, y) + N(x, y)$. Ursachen: Brown'sche Molekularbewegung, spontane (vom Licht unabhängige) Ladungstrennungen im Sensorarray, zufällige Störungen bei Umwandlung, Verstärkung, Transport, Magnetaufzeichnung von Analogsignalen. Bekämpfung: Kühlen von Sensorarray, Signalumwandlungsgeräten, Videoband. Reparatur: Tiefpassfilter

F: Definition von Verwaschung ? Ursachen, Reparatur von Verwaschung ?

A: Hinauf- oder Herunterziehen des Grauwerts eines Pixels durch seine Nachbarn = Bildunschärfe = Blurring. Ursachen: a) falsche Fokussierung, b) zu lange Belichtung eines bewegten Ziels, c) Verwackeln, d) Streulicht im Strahlengang durch verschmutzte, verkratzte Optik. Reparatur ist möglich, wenn ein geeigneter Faltungskern (= Hochpassfilter) vorhanden ist.

F: Was ist Grauwertspreizung ? Wann wendet man sie an ? Beispiel ?

A: Die Umwandlung eines Histogramms so, dass der minimale Grauwert auf 0 und der maximale auf 255 verlagert und die restlichen Grauwerte dazwischen gleichmäßig verteilt werden. Es entstehen typische Lücken im Histogramm, die man jedoch nicht als Mangel empfindet. Anwendung auf Bilder mit schlechtem Kontrast und/oder Farbfehlern. Beispiele: Ultraschall, Nachtsichtgeräte, Dokumenten- und Banknotenfälschung

F: Verwandeln Sie ein Farbbild bmp in ein Grauwertbild (C# oder Pseudocode).

A kurz:

für alle pixel in bmp

```
{ pixel.R = pixel.G = pixel.B = (pixel.R + pixel.G + pixel.B) / 3; }
```

A lang:

```
for ( int y = 0; y < bmp.Height; y++ )
  for ( int x = 0; x < bmp.Width; x++ )
  { Color farbe = bmp.GetPixel( x, y );
    int grau = ( farbe.R + farbe.G + farbe.B ) / 3;
    bmp.SetPixel( x, y, Color.FromArgb( grau, grau, grau ) );
  }
```

F: Wozu benötigt man Tiefpassfilter ? Methoden um den Verwaschungseffekt zu verstärken ?

A: Zur Rauschunterdrückung und zur Erzeugung künstlicher Leerbilder für die Shadingkorrektur.

Verwaschung steigt durch:

1. Weglassen der Mittengewichtung = alle Nachbarn gleich gewichten.
2. Vergrößern der Filtermatrix $M \times N$.
3. Kaskadieren = mehrmals hintereinander ausführen.

F: Was ist ein Mittelwertfilter ? Warum ist der 3x3 Mittelwertfilter so populär ?

A: Tiefpassfilter, bei dem alle Elemente des Kernels den Wert 1 haben. 3x3 MWFilter ist sehr schnell, weil man sich die 9 Multiplikationen mit den Einsen sparen kann. Man addiert nur die je 9 Grauwerte unter der Filtermatrix und dividiert durch 9. Ergebnis: Rauschunterdrückung aber Unschärfe.

F: Was ist ein gewichteter Tiefpassfilter ? Vorteil ? Beispielkernel ?

Entwerfen Sie einen Tiefpassfilter, der keine Wirkung mehr hat.

A: Der Wert oder die Werte in der Mitte des Kernels haben ein Gewicht größer 1. Resultat: Filterwirkung schwächer als beim MWFilter. Vorteil: Tiefpasswirkung genau dosierbar.

```
Beispielkernel: 1 1 1;   ohne Wirkung: 1 999 1
                1 7 1;   1 1 1
                1 1 1;   1 1 1
```

F: Was ist ein Gaußfilter ?

A: Tiefpassfilter mit fein nach Abstand abgestuftem Stimmrecht in Form einer Gaußschen 3D-Glockenkurve
 $\text{kernel}[yy,xx] = e^{-d^2/a}$.

F: Was ist ein Hochpassfilter und Bandpassfilter ?

A: Ein Hochpassfilter enthält positive und negative Gewichte im Kernel. Er zieht homogene Flächen (meist auf 0) herunter, egal, ob sie hell oder dunkel sind und verstärkt die Grauwertdifferenzen = Anhebung der Kanten. Bandpassfilter sind Kombinationen aus Tiefpass (positive Werte in der Mitte des Kernels) und Hochpass (negative Werte am Rand des Kernels in Form eines mexikanischen Huts). Sie verstärken Bildelemente, die dem Kernel ähnlich sind, und unterdrücken alle anderen Strukturen.

F: Rechenvorschrift des Laplace-Filters (=einfachster Hochpassfilter).

Erfinden Sie ein Beispiel für diesen Kantenfilter .

A: Für jedes Pixel p zwei Differenzen bilden: $d1 = \text{Abs}(p-p_{\text{Rechts}})$ und $d2 = \text{Abs}(p-p_{\text{Unten}}) \rightarrow p_{\text{Neu}} = \text{Max}(d1, d2)$.

```

Beispiel:  alt =  3 3 9 9      0 6 0 0
           3 3 9 9      neu = 6 6 0 0
           9 9 9 9      0 0 0 0

```

F: Was ist ein Gradientenfilter ? Beispiel: Sobel-Filter ?

A: Ein Gradientenfilter hat zwei orthogonale Filterkerne $k1$ und $k2$ mit je 9 Werten. 2 Kerne führen zu 2 Ergebnissen $s1$ und $s2$ pro Pixel. Man kann $(s1, s2)$ als Vektor in Richtung des stärksten Gefälles auffassen = Gradient. Ins Ausgabebild schreibt man $\text{sqrt}(s1*s1 + s2*s2) = \text{Betrag des Gradienten}$.

```

Sobel:  k1 =  +1 +2 +1      +1 0 -1
          0 0 0      k2 = +2 0 -2 //populärster Gradientenfilter
          -1 -2 -1      +1 0 -1

```

F: Faltungformel in Informatikerschreibweise ? Kurzbeschreibung ?

```

gegeben: alt = Byte[Height,Width], neu = Byte[Height,Width]; //zwei Bilder
         kernel = Byte[N,M], float divisor = sum of kernel; //Faltungskern
const int Mh = M/2, Nh = N/2; float sum; //lokale Variablen
for ( int y=Nh; y < alt.Height-Nh; y++ )
  for ( int x=Mh; x < alt.Width-Mh; x++ )
  { sum = 0.0f;
    for ( int yy=-Nh; yy <= Nh; yy++ )
      for ( int xx=-Mh; xx <= Mh; xx++ )
        sum += .....;
    neu[y,x] = .....;
  }

```

A:

```

    sum += kernel[yy+Nh,xx+Mh] * old[y+yy,x+xx];
    neu[y,x] = Convert.ToByte( sum / divisor );

```

Kurzbeschreibung: Lokal gleitende Multiplikation und Flächenintegral einer Bildmatrix $\text{alt}[y,x]$ mit einer (im Vergleich zur Bildmatrix kleinen) Filtermatrix $\text{kernel}[yy,xx]$.

F: Nichtlineare Tiefpassfilter ? Vorteil ? Zwei Beispiele mit Kurzerklärung ?

A: Gehorchen nicht der Faltungformel \rightarrow dadurch Rauschunterdrückung ohne Verwaschung.

Medianfilter: Grauwerte des Filterfensters in einem linearen Array ordnen.

$\text{neu}[y,x] = \text{Wert in der Mitte des Arrays}$.

Sigmafilter: Selektive Mittelung ähnlicher Grauwerte, ignorieren der Abweichler:

```

if ( Math.Abs(alt[y,x]-alt[y+yy,x+xx]) <= sigma ) addiere_ihn_zur_Summe;
else vergiss_ihn;

```

F: Was bedeuten die Abkürzungen BMP, GIF, JPEG, MPEG, PNG, TIFF ?

A: Bitmap, Graphics Interchange Format, Joint Photographic Expert Group, Motion Pictures Expert Group, Portable Network Graphics, Tagged Image File Format

F: Speicherbedarf in Byte (nur Formel) einer unkomprimierten Datei, die ein Bild von 1024x768x24 Bit enthält ?

A: Speicherplatz in Byte = $\text{SizeOf}(\text{Header}) + 1024 * 768 * 3$

F: Mindestinhalt des Headers einer Bilddatei ?

A kurz: Formatkennung, Headerlänge, Spalten- und Zeilenzahl, bpp, Palette, Metadaten

A lang: 1) ganz vorne: Kennung des Formats (z.B. zwei Buchstaben "BM" beim Windows-BMP-Format)

2) Headerlänge in Bytes = Offset vom Dateianfang bis zum ersten Pixel

3) Spaltenzahl = `Width`

4) Zeilenzahl = `Height`

5) Anzahl der Bit pro Pixel `bpp` (z.B. 1, 4, 8, 16, 24, 32 `bpp`)

6) Bei 4 und 8 `bpp`-Bildern: Palette (z.B. 3x16 Bytes bei 4 `bpp` und 3x256 Bytes bei 8 `bpp`)

7) Metadaten wie z.B. Aufnahmedatum, Copyright, Photograph, Bildtitel etc.