

Bildverarbeitung

Punktoperationen

Histogramm: Zahl der Pixel, die entsprechenden Wert haben

Kontrast: genutzter (Histogramm-)Bereich

Dynamik: Zahl der verschiedenen Werte im Histogramm

Binning: Histogramm wird in Intervalle aufgeteilt

Kumulatives Histogramm: $H(i) = \sum_{j=0}^i h(j) = H(i-1) + h(i)$

Punktoperation: unabhängig vom alten Pixelwert

Homogene Punktoperation: auch unabhängig von Bildkoordinaten

Kontrastanpassung: Anteile s_{low} , s_{high} festlegen, Quantile bilden, dazwischen skalieren

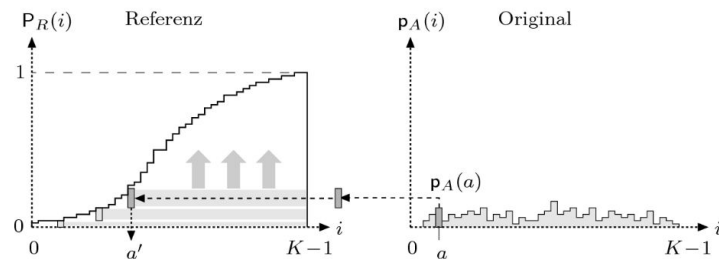
Linearer Histogrammausgleich: gleichverteiltes Histogramm $f_{eq}(a) = \text{floor}(H(a) * \frac{K-1}{A})$

Histogrammanpassung:

Anpassung des Histogramms an

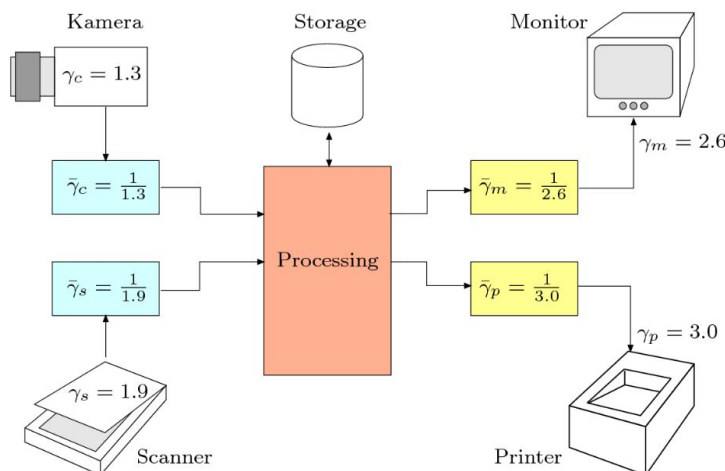
Referenzbild. $a'' = P_R^{-1}(P_A(a))$

in der Realität: "ausfüllen" der Referenzverteilung.



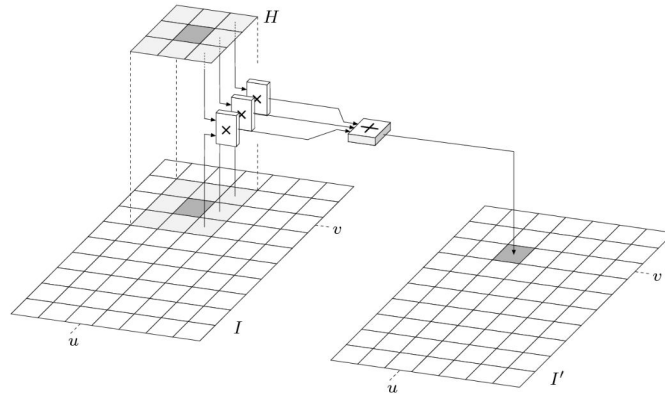
Gammakorrektur: Kompensation der geräteabhängigen Nichtlinearität,

$$b = f_{\gamma}(a) = a^{\gamma}, \gamma > 0. a = f_{\gamma}^{-1}(b) = b^{\frac{1}{\gamma}}$$



Filterung

Linearer Filter: Zielpixel wird aus gewichteter Summe der Quellpixel errechnet.
Oft ganzzahlige Filtermatrix mit Vorfaktor, um Berechnung zu beschleunigen.



Randbedingungen: Erforderlich, da Filtermaske über Rand hinausgeht.

- "abschneiden" der außenliegenden Pixel
- Min/Max-Padding: Erweiterung mit Minimal-/Maximalwert
- Mirroring: Spiegelung des Bildes an den Rändern
- Konstant: Erweiterung mit Werten der Randpixel

Separable Filter: Aufteilung in x- und y-Teil der Filtermatrix.

5x3 Boxfilter H wird zu $H_x = [1, 1, 1]$ und $H_y = [1, 1, 1, 1, 1]^T$

⇒ Spart Rechenoperationen (8 statt 15) pro Pixel

Nichtlineare Filter: Errechnung Zielpixel durch nichtlineare Funktion wie $\min(x)$

- Minimumsfilter: Verstärkt dunkle Regionen, eliminiert helle
- Maximumsfilter: Verstärkt helle Regionen, eliminiert dunkle
- Medianfilter: Sortieren der Werte, Medianwert nehmen ⇒ eliminiert Höhen und Tiefen

Kanten und Konturen

Berechnung: Änderung (Ableitung) der Bildintensität

Gradient: Vektor der partiellen Ableitungen, d.h. bestehend aus Abl. in x- und y-Richtung.

$H_x = [-0.5, 0, 0.5]$, $H_y = H_x^T$ Problem: Verstärkt Bildrauschen.

$$H_x^P = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{und} \quad H_y^P = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Prewitt-Operator:

entspricht Box-Filter + Ableitung

$$H_x^S = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{und} \quad H_y^S = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Sobel-Operator:

entspricht Prewitt, mit stärkerer Gewichtung der Mitte.

Kantenrichtung: $\Phi(u, v) = \tan^{-1} \frac{D_y(u, v)}{D_x(u, v)}$

Roberts-Operator: $H_1^R = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$ und $H_2^R = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$

Kirsch-Operator:

$$\begin{aligned} H_0^K &= \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} & H_1^K &= \begin{bmatrix} -2 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{bmatrix} \\ H_2^K &= \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} & H_3^K &= \begin{bmatrix} 0 & -1 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \\ 2 & 1 & 0 \end{bmatrix} \\ H_4^K &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} & H_5^K &= \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -2 \end{bmatrix} \\ H_6^K &= \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} & H_7^K &= \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \\ -2 & -1 & 0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Laplace-Operator: Berechnet 2. Ableitung, um exakte Stelle der Kante (=Nulldurchgang) festzustellen. Sehr rauschempfindlich, deshalb Glättung.

$$H^L = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Canny-Operator: Kombination aus vorherigen Techniken, um gute Ergebnisse zu erreichen.

1. Glättung (Gaußfilter)
2. Differenzierung (meist Prewitt), \Rightarrow Kantenstärke, Kantenrichtung
3. Unterdrückung von Nichtmaxima senkrecht zur Kantenrichtung
4. Schwellwerte θ_1, θ_2 : Verwerfen unter θ_1 , beibehalten über θ_2 , dazwischen: übernehmen falls ein Nachbar akzeptiert wurde.

Unschärfe Maskierung: Verwendet zur Schärfung von Bildern.

1. Glättung des Bildes
2. Maske = Differenz zwischen geglättetem und Originalbild
3. Summe aus Originalbild und gewichteter Maske

Eckpunkt- und Kurvendetektion

Eckpunkt: Gradient in mehr als einer Richtung hoch

Harris-Detektor:

1. horizontal und vertikal Ableiten $\Rightarrow D_x, D_y$
2. Berechnen der Strukturmatrix: $M = \begin{pmatrix} D_x^2 & D_x * D_y \\ D_x * D_y & D_y^2 \end{pmatrix}$
3. Gewichtung mit Gaußfilter $\Rightarrow \begin{pmatrix} A & C \\ C & B \end{pmatrix}$
4. Errechnung Eigenwerte λ_1, λ_2
5. An Eckpunkten gilt $\lambda_1 > 0 \wedge \lambda_2 > 0$.

6. "Eckenstärke" $Q(u, v) = \lambda_1 * \lambda_2 - \alpha(\lambda_1 + \lambda_2)^2 = (AB - C^2) - \alpha(A + B)^2$, mit $\alpha \in [0.04..0.06]$ zur Steuerung der Empfindlichkeit
7. Akzeptieren der Ecke, wenn Eckenstärke über Grenzwert (um Rauschen zu verhindern).

Hough-Transformation:

1. Leeres Akkumulator-Array mit Winkel und Entfernung als Indizes
2. Für jeden Punkt alle Schnittgeraden im Akkumulator-Array hochzählen
3. Finden von Maxima im Akkumulator-Array
 - a. Alles unter Schwellwert verwerfen, dann morphologisches Closing und Schwerpunktbildung
 - b. Alle Nicht-Maxima werden verworfen, dann Schwellwertbildung

Wichtig: Normierung über Anzahl möglicher Geraden, sonst tritt Bias auf

Für Kreise und Ellipsen analog, jedoch mehr Parameter (Kreis 3, Ellipse 5). \Rightarrow Ellipse zu Speicherintensiv!

Morphologische Filterung

Dienen der Veränderung der Form von Bildelementen

Nachbarschaft: 4er: direkt benachbarte Pixel. 8er: direkt benachbarte und diagonale Pixel

Dilatation: Filter wird auf Bild "gestempelt", wenn Pixel im Zentrum im Original gesetzt ist.

Erosion: Filter wird übernommen, wenn die komplette Filtermaske in Original an dieser Stelle passt.

Opening: $I \circ H = (I \ominus H) \oplus H$. Erosion, dann Dilatation. Entfernt kleine Strukturen.

Closing: $I \bullet H = (I \oplus H) \ominus H$. Dilatation, dann Erosion. Füllt Löcher zw. Strukturen.

Grauwert-Dilatation: Addiere Filter auf Region im Originalbild, Wert = Max. der Region.

Grauwert-Erosion: Bilde Differenz, Wert = Min. der Region.

Achtung: Bei Grauwertoperationen ist eine 0 im Filter nicht ein leerer Wert! \Rightarrow null/None/X/...

Regionen

Region labeling: Setzt Label für zusammengehörige Regionen.

Flood Filling: Setze Label des Pixels, dann für benachbarte Pixel (4er- oder 8er Nachbarschaft)

Sequential Labeling:

1. Label der Nachbarschaft oben-links übernehmen, Labelkollisionen speichern
2. Kollisionen auflösen, Regionen verschmelzen

Konturen:

1. Über Regionen iterieren, bei neuem Label TraceContour aufrufen
2. TraceContour: FindNextNode, Pixelrichtung speichern, dann iterieren bis Anfang
3. FindNextNode: In 8er-Nachbarschaft nach Nicht-Backgroundpixel suchen

Chain Codes: 4er-Code: [0..3], 8er-Code: [0..7]

Differenzieller Chain Code: Speichere Differenz statt Code \Rightarrow invariant bei Drehung um 90°

Formmerkmale