

Was bisher geschah

- ▶ Ziele maschineller Bildverarbeitung
 - ▶ automatische Informationsextraktion aus Bildern
 - ▶ Bildaufbereitung zur Unterstützung der visuellen Informationsextraktion
- ▶ Anwendungsbereiche
- ▶ Aufgaben maschineller Bildverarbeitung:
(Erzeugung, Wiedergabe,
Transformation, Analyse, Interpretation digitaler Bilder
- ▶ digitale Bilder:
 - ▶ Funktion $B : \text{pos} \rightarrow \text{col}$
 - ▶ Matrix $B \in \text{col}^{\text{pos}}$

mit den Mengen

pos von Positionen (Adressen), meist
 $\{0, \dots, m\} \times \{0, \dots, n\}$

col von Farben, Intensitäten, Tupeln von Intensitäten

- ▶ Orts- und Kontrastauflösung
- ▶ Farbmodelle

Statistische Bildmerkmale (von Grauwertbildern)

Merkmale der **Menge** aller im Bild(-ausschnitt) vorkommenden Intensitäten (Grauwerte)

- ▶ Extremwerte
- ▶ Mittelwerte
- ▶ Kontrast
- ▶ Helligkeit
- ▶ Histogramme
- ▶ kumulative Histogramme
- ▶ Entropie

Merkmale der **Anordnung** aller im Bild(-ausschnitt) vorkommenden Intensitäten

- ▶ Linien- und Bereichsprofile
- ▶ Co-occurrence-Matrix (Grauwerteübergangs-Matrix)

Was lässt sich daraus über ein Bild schließen?

Extrem- und Mittelwerte

gegeben: $B \in \text{col}^{\text{pos}}$ (und evtl. Auswahl $\text{pos}' \subseteq \text{pos}$)

geringste / größte Intensität $\min, \max : \text{col}^{\text{pos}} \rightarrow \text{col}$

$$\min(B) = \min\{B(p) \mid p \in \text{pos}\} \quad \max(B) = \max\{B(p) \mid p \in \text{pos}\}$$

größter Intensitätsunterschied $\text{maxdiff} : \text{col}^{\text{pos}} \rightarrow \text{col}'$

$$\text{maxdiff}(B) = \max(B) - \min(B)$$

(Kontrastumfang des Bildes)

Mittelwerte

gegeben: $B \in \text{col}^{\text{pos}}$ (und evtl. $\text{pos}' \subseteq \text{pos}$)

durchschnittliche Intensität $\text{avg} : \text{col}^{\text{pos}} \rightarrow \text{col}'$

$$\text{avg}(B) = \frac{\sum_{p \in \text{pos}} B(p)}{|\text{pos}|}$$

Gesamtheitigkeit des Bildes

Median (Zentralwert) $\text{med} : \text{col}^{\text{pos}} \rightarrow \text{col}$:

Wert am mittleren Index der sortierten Folge aller Bildwerte
 $B(p)$

Abweichungen

gegeben: $B \in \text{col}^{\text{pos}}$ (und evtl. Auswahl $\text{pos}' \subseteq \text{pos}$)

mittlere quadratische Abweichung $\sigma^2 : \text{col}^{\text{pos}} \rightarrow \mathbb{R}$

$$\sigma^2(B) = \frac{1}{|\text{pos}|} \sum_{p \in \text{pos}} (B(p) - \text{avg}(B))^2$$

und Standardabweichung σ

Aussagen über den Kontrastumfang des Bildes

Histogramme

gegeben: $B \in \text{col}^{\text{pos}}$ (und evtl. Auswahl $\text{pos}' \subseteq \text{pos}$)

absolute Häufigkeit $H : (\text{col}^{\text{pos}} \times \text{col}) \rightarrow \mathbb{N}$ der Farbe $c \in \text{col}$ im Bild B :

$$H(B, c) = |\{p \in \text{pos} \mid B(p) = c\}|$$

Histogramm $H : \text{col}^{\text{pos}} \times \text{col} \rightarrow \mathbb{N}$ mit

$$\forall B \in \text{col}^{\text{pos}} \forall c \in \text{col} : H(B, c) = |\{p \in \text{pos} \mid B(p) = c\}|$$

(Häufigkeiten der Intensitäten im Bild)

Histogramm ist unabhängig vom Ort der Intensitäten

kumulatives Histogramm $\overline{H} : \text{col}^{\text{pos}} \times \text{col} \rightarrow \mathbb{N}$ mit

$$\forall B \in \text{col}^{\text{pos}} \forall c \in \text{col} : \overline{H}(B, c) = |\{p \in \text{pos} \mid B(p) \leq c\}|$$

Informationen aus dem Histogramm

- ▶ alle im Bild vorkommenden Intensitäten
- ▶ Intensitäts-Extrema
- ▶ häufig, selten vorkommende Intensitäten
- ▶ mittlere Intensität (Durchschnitt, Median)
- ▶ Kontrastumfang
- ▶ Standard-Abweichung

Aussagen über Belichtung, Ausleuchtung, Dynamik

Histogramm-Formen

häufige Formen der Funktion H :

ausgeglichen etwa Gleichverteilung aller Intensitäten
wirkt oft recht hell

bimodal zwei deutlich voneinander getrennte lokale
Maxima
günstig für Segmentierung
(Objekt-Hintergrund-Trennung)

Intensitätsprofile

Profil:

Darstellung der Intensität als „Höhe“ über der Profillinie bzw. Profilfläche (Teilmenge $\text{pos}' \subseteq \text{pos}$)

Linienprofil: Intensitätsverlauf entlang einer Linie
(Zeile, Spalte, Gerade, Kurve)
scharfe Intensitätsunterschiede im Bild
entsprechen steilen Kanten im Linienprofil

Integriertes Linienprofil: Summe der Intensitätsverläufe entlang
mehrerer benachbarter Linien (Zeilen, Spalten)
zum schnellen Vergleich von Bildern
Lokalisierung von Abweichungen durch
Kombination von Zeilen- und Spaltenprofilen

Profil über Bildbereich: 3D-Darstellung der Intensitäten als
über einem zweidimensionalen Bildbereich

Co-occurrence-Matrix

gegeben: $B \in \text{col}^{\text{pos}}$ (und evtl. Auswahl $\text{pos}' \subseteq \text{pos}$)

Co-occurrence-Matrix $C \in \mathbb{N}^{\text{col} \times \text{col}}$ (horizontale Nachbarschaft) mit

$$\forall c, d \in \text{col} : C(c, d) = |\{p = (x, y) \in \text{pos} : B(p) = c \wedge B(x, y + 1) = d\}|$$

Anzahl der Vorkommen von Intensitäts-Paaren zwischen
Nachbar-Pixeln
(verschiedene Nachbarschafts-Beziehungen)

Beispiel:

$$B = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 3 \\ 0 & 1 & 1 & 2 & 3 & 3 \\ 1 & 2 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 2 & 2 & 3 & 3 & 3 & 3 \end{pmatrix} \quad C(B) = \begin{pmatrix} 4 & 4 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 7 \end{pmatrix}$$

Co-occurrence-Matrix – Informationen

- ▶ große gleichfarbige Flächen in B
hohe Werte auf der Hauptdiagonale in $C(B)$
- ▶ scharfe Kontraste in B
hohe Werte links unten und rechts oben $C(B)$
- ▶ Länge von Grenzen zwischen Bereichen gleicher Intensitäten
- ▶ Texturmerkmal (zur texturbasierten Segmentierung)

Entropie

gegeben: $B \in \text{col}^{\text{pos}}$ (und evtl. Auswahl $\text{pos}' \subseteq \text{pos}$)

Entropie $S : \text{col}^{\text{pos}} \rightarrow \mathbb{R}$

$$S(B) = - \sum_{c \in \text{col}} (h(B, c) \log_2(h(B, c)))$$

mit relativer Häufigkeit $h : (\text{col}^{\text{pos}} \times \text{col}) \rightarrow [0, 1]$:

$$h(B, c) = \frac{|\{p \in \text{pos} \mid B(p) = c\}|}{|\text{pos}|}$$

Aussage über Informationsgehalt des Bildes
(oder der Co-occurrence-Matrix oder anderer Bildmerkmale)

Beispiele:

- ▶ einfarbiges (256×256) -Bild B mit Grauwert 10 hat Entropie $S(B) = \dots$
- ▶ $(2^8 \times 2^8)$ -Schwarz-Weiß-Bild mit gleicher Anzahl schwarzer und weißer Pixel hat Entropie $S(B) = \dots$
- ▶ $(2^8 \times 2^8)$ -Bild mit jeweils gleicher Anzahl an Pixeln in 8 Intensitätswerten hat Entropie $S(B) = \dots$

untere Schranke für Bit-Anzahl zur Codierung des Bildes
(bietet Information zur verlustfreien Komprimierbarkeit)

Zentralmomente

Berechnung des Mittelwertes $\text{avg} : \text{col}^{\text{pos}} \rightarrow \mathbb{R}$ aus relativen Häufigkeiten:

$$\text{avg}(B) = \sum_{c \in \text{col}} (c \cdot h(B, c))$$

Zentralmomente $m_n : \text{col}^{\text{pos}} \rightarrow \mathbb{R}$

$$m_n(B) = \sum_{c \in \text{col}} ((c - \text{avg}(B))^n h(B, c))$$

Spezialfälle:

$m_1(B)$ = avg(B) Mittelwert

$m_2(B)$ Varianz ($m_2(B) = 0$ für einfarbige Bilder B)

$m_3(B)$ Schiefe, Grad der Asymmetrie

$m_4(B)$ Wölbung (Exzess)

hilfreich zur Texturanalyse