

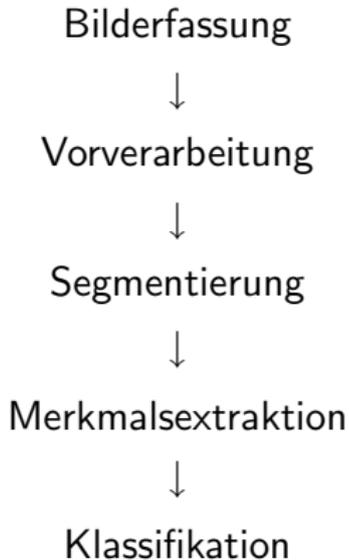
Segmentieren mit aktiven Konturen

Dennis Trede

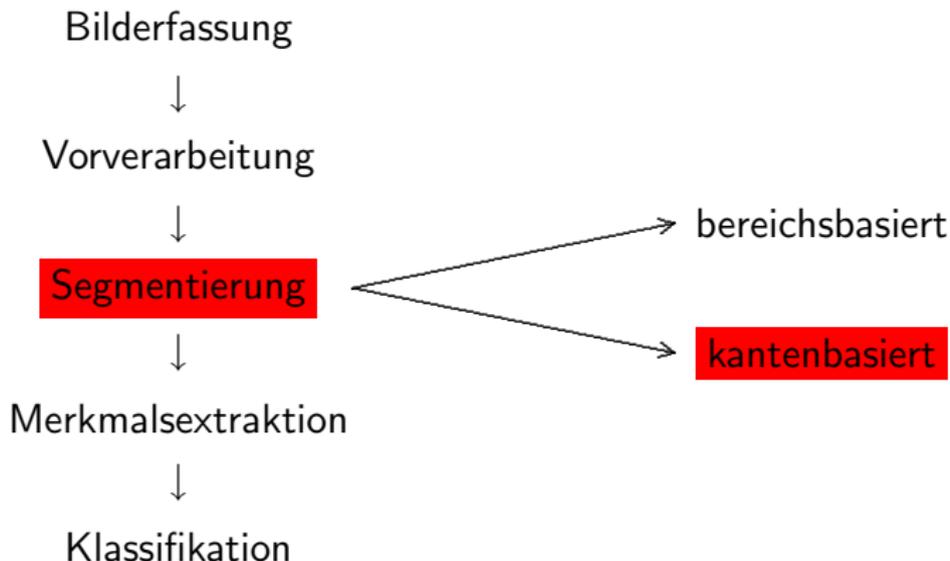
Uttendorf, den 11. Februar 2007

- 1 Einordnung in der Bildverarbeitung
- 2 Snakes (Kass,Witkin,Terzopoulos, 1987)
- 3 Beispiele
- 4 Balloons (Cohen, 1989)
- 5 T-Snakes & geometrische Modelle für aktive Konturen

Fünf Schritte der Bildverarbeitung



Fünf Schritte der Bildverarbeitung



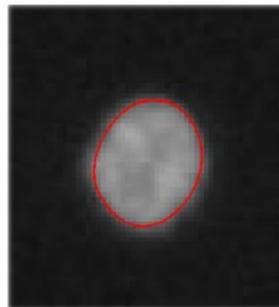
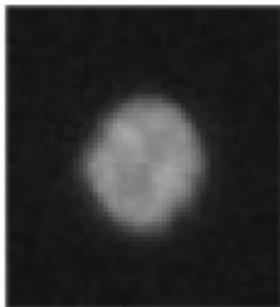
Snakes (Kass, Witkin, Terzopoulos, 1987)

Konturen werden mit **Snakes** (parametrische geschlossene Kurven)

$$v : [0, 1] \rightarrow \mathbb{R}^2,$$

$$s \mapsto v(s) = \begin{pmatrix} x(s) \\ y(s) \end{pmatrix},$$

mit $v(0) = v(1)$ beschrieben werden.



Kass-Witkin-Terzopoulos-Modell (Snakes)

Für Snake

$$v : [0, 1] \rightarrow \mathbb{R}^2$$

definiere die **potentielle Energie**

$$E(v) := E_{int}(v) + E_{img}(v),$$

wobei E_{int} die innere Energie der Snake,
 E_{img} abhängig von Bildeigenschaften ist.

Kass-Witkin-Terzopoulos-Modell (Snakes)

Für Snake

$$v : [0, 1] \rightarrow \mathbb{R}^2$$

definiere die **potentielle Energie**

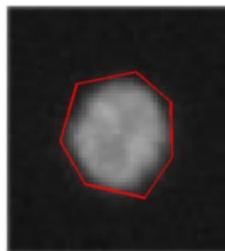
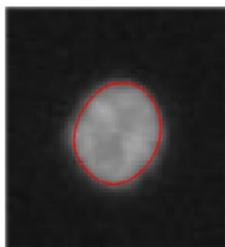
$$E(v) := E_{int}(v) + E_{img}(v),$$

wobei E_{int} die innere Energie der Snake,
 E_{img} abhängig von Bildeigenschaften ist.

→ Wähle E_{int} und E_{img} so,
dass ges. Kontur die Snake mit minimaler Energie ist.

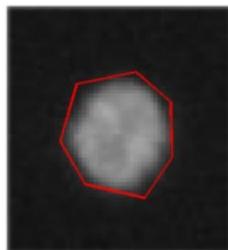
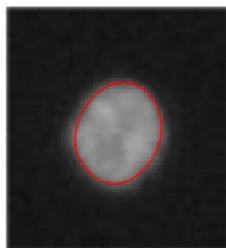
Innere Energie E_{int}

Idee: Natürliche Objekte besitzen glatte Konturen



Innere Energie E_{int}

Idee: Natürliche Objekte besitzen glatte Konturen

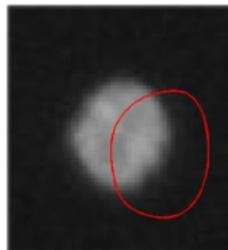
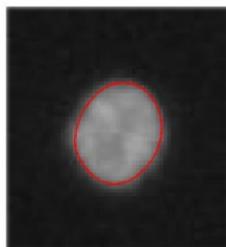


$$E_{int}(v) := \alpha \int_0^1 |v'(s)|^2 ds + \beta \int_0^1 |v''(s)|^2 ds$$

→ hängt von Regularität der Snake ab.

Bildenergie E_{img}

Ziel: E_{img} soll klein sein auf Kanten



Bildenergie E_{img}

Ziel: E_{img} soll klein sein auf Kanten



$$E_{img}(v) := \int_0^1 -|\nabla I(v)|^2 ds$$

Bildenergie E_{img}

Ziel: E_{img} soll klein sein auf Kanten



$$E_{img}(v) := \int_0^1 \underbrace{|\nabla I(v)|^2}_{=: F_{img}(v)} ds$$

Minimierungsproblem

$$\min_v E(v) := \min_v \int_0^1 \alpha |v'(s)|^2 + \beta |v''(s)|^2 + F_{img}(v) \, ds.$$

Minimierungsproblem

$$\min_v E(v) := \min_v \int_0^1 \alpha |v'(s)|^2 + \beta |v''(s)|^2 + F_{img}(v) \, ds.$$

Abstiegsgleichung: Finde $v(t,s)$ als Lösung von

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} v &= -\frac{\partial}{\partial v} E(v) \\ v(0, s) &= v_0(s), \\ v(t, 0) &= v(t, 1). \end{aligned}$$

mit Anfangskontur v_0 .

Abstiegsgleichung

$$\begin{aligned} -\frac{\partial}{\partial t} v(t, s) &= -\alpha \frac{\partial^2}{\partial s^2} v(t, s) + \beta \frac{\partial^4}{\partial s^4} v(t, s) + \nabla F_{img}(v), \\ v(0, s) &= v_0(s), \\ v(t, 0) &= v(t, 1). \end{aligned}$$

Abstiegsgleichung

$$\begin{aligned} -\frac{\partial}{\partial t} v(t, s) &= -\alpha \frac{\partial^2}{\partial s^2} v(t, s) + \beta \frac{\partial^4}{\partial s^4} v(t, s) + \nabla F_{img}(v), \\ v(0, s) &= v_0(s), \\ v(t, 0) &= v(t, 1). \end{aligned}$$

Ortsdiskretisierung und Euler-Verfahren liefert

$$(\text{Id} + \tau A)v^t = v^{t-1} - \tau \nabla F_{img}(v^{t-1}),$$

mit Zeit-Schrittweite τ , Matrix A und Vektoren v^{t-1} , v^t .

Beispiele

Eigenschaften

+ die innere Energie E_{int} überbrückt Lücken in den Kanten

Eigenschaften

- + die innere Energie E_{int} überbrückt Lücken in den Kanten
- + Robustheit gegenüber Rauschen

Eigenschaften

- + die innere Energie E_{int} überbrückt Lücken in den Kanten
- + Robustheit gegenüber Rauschen
- + auch andere sinnvolle Bildterme E_{img} denkbar,
z.B. $F_{img}(v) = -I(v)$ für helle Linien

Eigenschaften

- + die innere Energie E_{int} überbrückt Lücken in den Kanten
- + Robustheit gegenüber Rauschen
- + auch andere sinnvolle Bildterme E_{img} denkbar,
z.B. $F_{img}(v) = -I(v)$ für helle Linien
- Funktional E ist nicht konvex
 - ⇒ Minimierungsverfahren findet nur ein lokales Minimum
 - ⇒ Anfangskontur v_0 muss nahe der Zielkontur sein

Eigenschaften

- + die innere Energie E_{int} überbrückt Lücken in den Kanten
- + Robustheit gegenüber Rauschen
- + auch andere sinnvolle Bildterme E_{img} denkbar,
z.B. $F_{img}(v) = -I(v)$ für helle Linien
- Funktional E ist nicht konvex
 - \implies Minimierungsverfahren findet nur ein lokales Minimum
 - \implies Anfangskontur v_0 muss nahe der Zielkontur sein
- Einflussbereich von E_{img} sehr beschränkt

Eigenschaften

- + die innere Energie E_{int} überbrückt Lücken in den Kanten
- + Robustheit gegenüber Rauschen
- + auch andere sinnvolle Bildterme E_{img} denkbar,
z.B. $F_{img}(v) = -I(v)$ für helle Linien
- Funktional E ist nicht konvex
 - \implies Minimierungsverfahren findet nur ein lokales Minimum
 - \implies Anfangskontur v_0 muss nahe der Zielkontur sein
- Einflussbereich von E_{img} sehr beschränkt
- Keine Änderung der Topologie möglich

Balloons (Cohen, 1989)

Problem: entfernte Snakes werden von Bildkraft nicht angezogen

Balloons (Cohen, 1989)

Problem: entfernte Snakes werden von Bildkraft nicht angezogen

$$(\text{Id} + \tau A) v^t = v^{t-1} - \tau \nabla F_{img}(v^{t-1}),$$

Balloons (Cohen, 1989)

Problem: entfernte Snakes werden von Bildkraft nicht angezogen

Einführen einer neuen Aufblähungskraft (inflation force)

$$(\text{Id} + \tau A)v^t = v^{t-1} + \tau \left(k n^{t-1} - \nabla F_{img}(v^{t-1}) \right),$$

mit Konstante k und Normale n^{t-1} .

Balloons (Cohen, 1989)

Problem: entfernte Snakes werden von Bildkraft nicht angezogen

Einführen einer neuen Aufblähungskraft (inflation force)

$$(\text{Id} + \tau A)v^t = v^{t-1} + \tau \left(k n^{t-1} - \nabla F_{\text{img}}(v^{t-1}) \right),$$

mit Konstante k und Normale n^{t-1} .

Schwierigkeit: Wahl des Parameters k so, dass Kraft

- groß genug zum Überwinden schwacher Kanten und
- klein genug zum Halten an wesentlichen Kanten.

Topologische Änderungen

- T-Snakes (McInerney, Terzopoulos, 1995)
 - Anpassung des klassischen Modells

Topologische Änderungen

- T-Snakes (McInerney, Terzopoulos, 1995)
 - Anpassung des klassischen Modells
- geometrische Modelle für aktive Konturen
(Casselles, Catte, Coll, Dibos, 1993)
(Malladi, Sethian, Vemuri, 1995)
 - motiviert durch mean curvature motion
(d.h. PDE und kein Minimierungsproblem)