



Objekterkennung

David Pansch Robert Wieczorek

Seminar **Intelligent Robotics**

05.05.2011

Fachbereich Informatik

Universität Hamburg



Gliederung

1 Parameter

Geometrische und topologische Merkmale
Formparameter

2 Klassifikation

3 Aktuelle Forschungsansätze

Farbe
3D
Taktile



Motivation





Motivation

Mensch

- Kombination aus Sinneseindruck und Erfahrung
- Problemlose Erkennung und Deutung von Situationen und optischen Eindrücken
- Wie? → aktuelle psychologische und medizinische Gehirnforschung

Maschine

- Objektparameter nur in Form von Zahlen
- → Eindeutige Unterscheidung?



Gliederung

1 Parameter

Geometrische und topologische Merkmale
Formparameter

2 Klassifikation

3 Aktuelle Forschungsansätze

Farbe
3D
Taktill



Merkmale

- Ein Objekt werde durch n Parameter beschrieben
- Werte bilden **Merkmalsvektor** oder **Parametervektor**
- Clusterbildung von Objekten, die im n -dimensionalen Merkmalsraum dicht bei einander liegen

Beispiel

Was unterscheidet einen Schraubenzieher von einer Schere?



Was sind gute Merkmale?

Gegenstand sollte erkannt werden, wenn ...

- verschoben
- gedreht
- Distanz verändert

wird.

Aber:

Aufwand und Zeitintensität steigt.



Ideale Parameterbedingungen

- Verschiebeinvarianz
- Rotationsinvarianz
- Größeninvarianz
- Spiegelinvarianz

Wenn Parametervektor verschiedene Objektklassen eindeutig trennt, ist er zur Beschreibung von Objekten geeignet.



Beispiel: Optische Unterschiede

- Zwischen Bleistift und Radiergummi: lang, dünn?
- Zwischen Brötchen und Brezel: Löcher?

Fläche

Die Fläche ist die Anzahl der Pixel eines Objektes.
(translations- und rotationsinvariant, nicht größeninvariant)

Masse

Die Masse ist die Summe der Grauwerte eines Objektes im Grauwertbild.
(translations- und rotationsinvariant, nicht größeninvariant)



Geometrische und topologische Merkmale

Umfang

Der Umfang ist die Anzahl der Randpixel eines Objektes.
(translations- und rotationsinvariant, nicht größeninvariant)

Schwerpunkt

Der Schwerpunkt kann über die Form im Binärbild oder über das Objekt im Grauwertbild berechnet werden.
(größeninvariant, invariant bei Rotation um den Schwerpunkt, nicht translationsinvariant)



Geometrische und topologische Merkmale

Beispiel: Zellkulturen

Zucht von Zellkulturen in Petrischalen in der medizinischen Forschung – Schwerpunkt deutet evtl. auf Beeinflussung des Wachstums durch Medikament hin

Länge

Geeignet bei fadenähnlichen Objekten, beispielsweise DNA-Strängen.

(translations- und rotationsinvariant, nicht größeninvariant)

Anzahl und Breite von Maxima und Minima im Zeilenprofil

(nicht translations-, rotations- oder größeninvariant)



Geometrische und topologische Merkmale

Beispiel: Profil

Unterscheidung verschiedener Werkzeuge, verschiedener Stanzteile, aber auch Gabel, Messer und Löffel.

Minimaler Umkreis, maximaler Inkreis, Mittlerer Kreis

Alle drei Kreise haben den Schwerpunkt als Mittelpunkt. Die Objektparameter sind jeweils die Radien oder die Kreisflächen. (translations- und rotationsinvariant, nicht größeninvariant)

Beispiel: Runde Objekte ..

sind die Einzigen mit demselben maximalen Inkreis und minimalen Umkreis.



Geometrische und topologische Merkmale

Anzahl der Löcher innerhalb eines Objekts

über diesen Parameter lassen sich bestimmte Stanzteile und Werkzeuge unterscheiden.

(translations-, rotations- und größeninvariant)

Diese Merkmale sind sehr anschaulich (Bezug auf Form, Geometrie, ..)

Programm braucht aber lediglich eine Menge von Zahlen.

Abstrakte Parameter ohne solchen Bezug können Vorteile bergen.



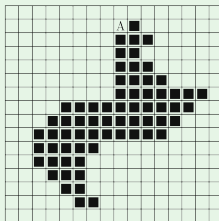
Diese beschreiben den Verlauf des Objektrandes.

Randcodierung nach Freeman

Verschlüsselung in Zahlenfolge (Uhrzeigersinn).

$C_{rand} = 0757770055544445566743332211000122222$

3	2	1
4	X	0
5	6	7





Formparameter

Freeman-Code

- Vollständige Beschreibung, wenn Form keine Löcher oder Zweige mit Pixelbreite 1 enthält
- Spiegelung lässt sich in ursprüngliche Codierung übersetzen

Differentialcode

- Ableitung der (diskreten) Randcode-Funktion.
- Zahl zeigt Richtungsänderung an
- Benachbarte Werte dazu subtrahieren (nach Freeman)



Beispiel: $C_{rand} = 0757770055544445566743332211000122222$

- $\Delta C_{rand} = 5 - 4 = 1$
- $\Delta C_{rand} = 2 - 4 = -2$
- $\Delta C_{rand} = 7 - 0 = -1$
- $\Delta C_{rand} = 0 - 7 = 1$

3	2	1
4	X	0
5	6	7

→ $\Delta C_{diff} = 12(-2)00(-1)03001000\dots$
 $(-1)0(-1)0(-1)31001010100(-1)(-1)00002$

Formparameter

Der Differentialcode ist translations- und (ziemlich) rotationsinvariant.

Betrag und relativer Abstand der Maxima

$$C_{max} = \text{xxxxxxxx3xxxxxxxxxxxx3xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx}$$

Betrag der Maxima ist 3 und der relative Abstand 12/38.
→ translations-, rotations- und größeninvariant



Normierte zentrale Momente

Es gibt **normierte zentrale Momente** μ_{jk} , die über statistischen Interpretationen von Bildern hergeleitet werden.

→ Grundlage für Merkmalsvektor $\vec{\kappa} = (\kappa_1 \dots \kappa_7)^T$

$$\kappa_1 = \mu_{20} + \mu_{02}$$

$$\kappa_2 = \frac{1}{\kappa_1^2} \left[(\mu_{20} - \mu_{02})^2 + 4\mu_{11}^2 \right]$$

$$\kappa_3 = \frac{1}{\kappa_1^{5/2}} \left[(\mu_{30} - 3\mu_{12})^2 + (3\mu_{21} + \mu_{03})^2 \right]$$

$$\kappa_4 = \frac{1}{\kappa_1^{5/2}} \left[(\mu_{30} + \mu_{12})^2 + (\mu_{21} + \mu_{03})^2 \right]$$

$$\kappa_5 = \frac{1}{\kappa_1^5} \left[(\mu_{30} - 3\mu_{12})(\mu_{30} + \mu_{12}) \cdot [(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - 3(\mu_{21} + \mu_{03})^2] + (3\mu_{21} - \mu_{03})(\mu_{21} + \mu_{03}) \cdot [3(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{21} + \mu_{03})^2] \right]$$

$$\kappa_6 = \frac{1}{\kappa_1^{7/2}} \left[(\mu_{20} - \mu_{02}) \cdot [(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{21} + \mu_{03})^2] + 4\mu_{11}(\mu_{30} + \mu_{12})(\mu_{21} + \mu_{03}) \right]$$

$$\kappa_7 = \frac{1}{\kappa_1^5} \left[(3\mu_{21} - \mu_{03})(\mu_{30} + \mu_{12}) \cdot [(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - 3(\mu_{21} + \mu_{03})^2] + (3\mu_{12} - \mu_{30})(\mu_{21} + \mu_{03}) \cdot [3(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{21} + \mu_{03})^2] \right]$$



Formparameter

A

$$\begin{aligned}\kappa_1 &= 2.59069 \cdot 10^6 \\ \kappa_2 &= 0.02263 \\ \kappa_3 &= 0.30967 \\ \kappa_4 &= 0.01108 \\ \kappa_5 &= -0.00063 \\ \kappa_6 &= 0.00163 \\ \kappa_7 &= -0.00016\end{aligned}$$

E

$$\begin{aligned}\kappa_1 &= 2.37675 \cdot 10^6 \\ \kappa_2 &= 0.04408 \\ \kappa_3 &= 0.00331 \\ \kappa_4 &= 0.00804 \\ \kappa_5 &= -0.00004 \\ \kappa_6 &= 0.00167 \\ \kappa_7 &= -0.00001\end{aligned}$$

D

$$\begin{aligned}\kappa_1 &= 3.80397 \cdot 10^6 \\ \kappa_2 &= 0.01960 \\ \kappa_3 &= 0.01496 \\ \kappa_4 &= 0.00007 \\ \kappa_5 &= 6.55126 \cdot 10^{-8} \\ \kappa_6 &= 9.22497 \cdot 10^{-6} \\ \kappa_7 &= -2.21391 \cdot 10^{-9}\end{aligned}$$

O

$$\begin{aligned}\kappa_1 &= 3.62246 \cdot 10^6 \\ \kappa_2 &= 0.03207 \\ \kappa_3 &= 7.29527 \cdot 10^{-6} \\ \kappa_4 &= 4.20792 \cdot 10^{-6} \\ \kappa_5 &= 0.0 \\ \kappa_6 &= 4.92419 \cdot 10^{-7} \\ \kappa_7 &= 0.0\end{aligned}$$



Formparameter



$$\begin{aligned}\kappa_1 &= 2.41174 \cdot 10^6 \\ \kappa_2 &= 0.00396 \\ \kappa_3 &= 0.01511 \\ \kappa_4 &= 0.01025 \\ \kappa_5 &= -0.00008 \\ \kappa_6 &= -0.00019 \\ \kappa_7 &= -0.00010\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\kappa_1 &= 2.40871 \cdot 10^6 \\ \kappa_2 &= 0.00386 \\ \kappa_3 &= 0.01484 \\ \kappa_4 &= 0.01014 \\ \kappa_5 &= -0.00008 \\ \kappa_6 &= -0.00020 \\ \kappa_7 &= -0.00009\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\kappa_1 &= 2.41164 \cdot 10^6 \\ \kappa_2 &= 0.00394 \\ \kappa_3 &= 0.01511 \\ \kappa_4 &= 0.01025 \\ \kappa_5 &= -0.00008 \\ \kappa_6 &= -0.00019 \\ \kappa_7 &= -0.00010\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\kappa_1 &= 2.41174 \cdot 10^6 \\ \kappa_2 &= 0.00396 \\ \kappa_3 &= 0.01511 \\ \kappa_4 &= 0.01025 \\ \kappa_5 &= -0.00008 \\ \kappa_6 &= -0.00019 \\ \kappa_7 &= 0.00010\end{aligned}$$



Formparameter

Normierte zentrale Momente

- Anschaulich nicht nachvollziehbar
- Nicht abschätzbar (wie z.B. Fläche)
- Aber: größen-, translations-, rotations- und bis auf κ_7 spiegelinvariant (dort Vorzeichenänderung)

Aber:

Problem bleibt Perspektive!



Gliederung

- 1 Parameter
 - Geometrische und topologische Merkmale
 - Formparameter

- 2 **Klassifikation**

- 3 **Aktuelle Forschungsansätze**

- Farbe

- 3D

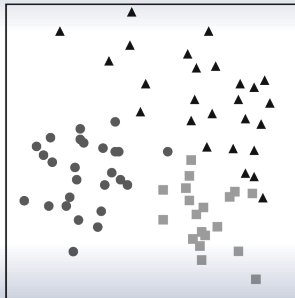
- Taktil



Klassifikation von Objekten

Zu ähnlichen Objekten gehörende Merkmalsvektoren sollten sich im Merkmalsraum zu mehr oder weniger konzentrierten Wolken gruppieren.

→ **Cluster**



Klassifikator hat die Aufgabe, die Zugehörigkeit zu antrainierten Gruppen zu bestimmen (oder auch Rückweisung!).



Klassifikatoren

Parallelepiped

Umgibt jedes Cluster mit einem n -dimensionalen Hyperquader (bei n -dimensionalem Merkmalsraum) und prüft, ob Objekt enthalten.

→ schnell, aber ungenau. Cluster sollten weit auseinander liegen.



Klassifikatoren

Nearest-Neighbour

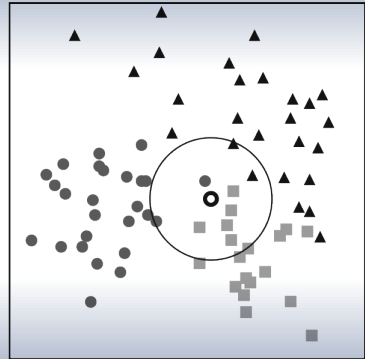
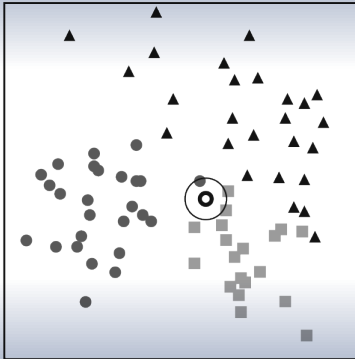
Prüft, in welchem Cluster der nächst-dichteste Vektor ist (euklidische Distanz).

k-Nearest-Neighbour

Nicht nur einer, sondern die k-dichtesten Vektoren werden betrachtet.



(k-)Nearest-Neighbour-Klassifikation





Klassifikatoren

Minimum-Distanz

Berechnung von Mittelpunkt bzw. Schwerpunkt jedes Clusters. Minimale Distanz zum Objekt bestimmt Zugehörigkeit.

Maximum-Likelihood

Mächtig, aber kompliziert. Objekt bekommt das Cluster, für das es die höchste a-posteriori-Wahrscheinlichkeit besitzt.

Bayes

Beinhaltet zusätzlich zur a-posteriori-Wahrscheinlichkeit auch Kosten für Falschklassifizierung. Zuordnung geschieht nach kleinstem bedingten Risiko.

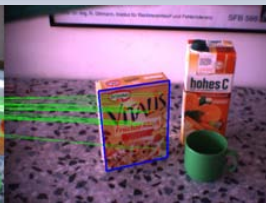
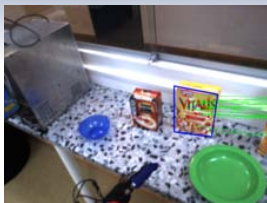


Gliederung

- 1 Parameter
 - Geometrische und topologische Merkmale
 - Formparameter
- 2 Klassifikation
- 3 **Aktuelle Forschungsansätze**
 - Farbe
 - 3D
 - Taktil



Merkmalspunkte



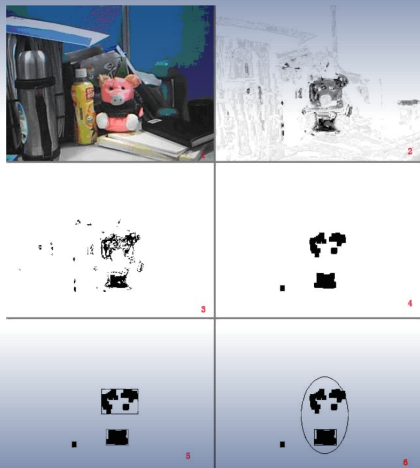
- Ermittlung von Merkmalspunkten anhand von Kontrasten
- Matching robust bezüglich Ebenenrotation und Skalierung



Farbe

Klassifikation per Farbhistogramm

- Anwendung von Filtern → Blobs (grob)
- Objekterkennung durch Kombination und Abgleich der Blob-Histogramme (präzise)





Farbe

Klassifikation per Farbhistogramm



→ Das Verfahren ist verhältnismäßig schnell.



3D

Erfassung



- Laufzeit- und Stereokamera erfassen Farb-, Textur- und Tiefeninformationen
- durch Kombination wird Robustheit gegenüber schwankenden Lichtverhältnissen erreicht

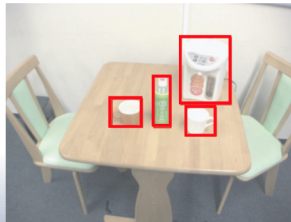




3D

Oberflächenerkennung

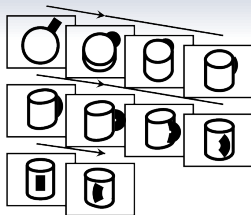
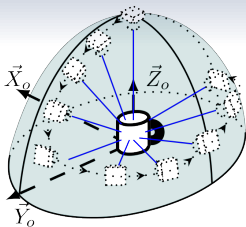
- 3D-Daten → Erkennung z.B. von Tischoberflächen
- Heraussegmentieren darauf befindlicher Objekte





3D

Rekonstruktion unbekannter Objekte



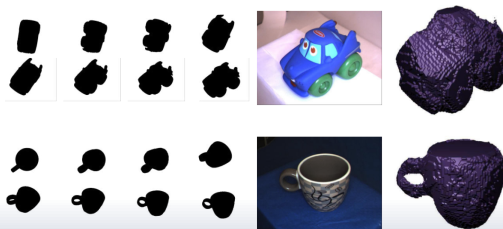
- Roboterarm mit in der Hand integrierter Kamera
- Bewegung um das Objekt in konstantem Abstand
- Aufnahme von 10 Schattenbildern



3D

Rekonstruktion unbekannter Objekte

- Aufteilen der Schattenbilder in Voxel
- Konsistenzprüfung der Projektionen der Voxel zur visuellen Hülle



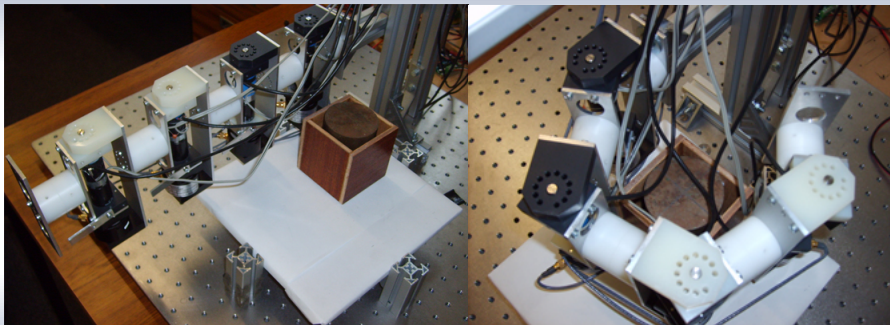
Aber:

Nur interne Repräsentation, keine Klassifikation



Taktile

Taktiler Manipulator

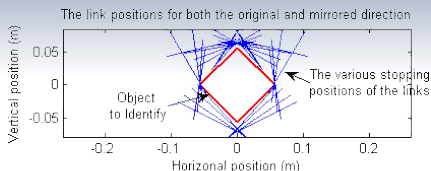


Ein Arm mit druckempfindlichen Segmenten umklammert wiederholt ein Objekt.

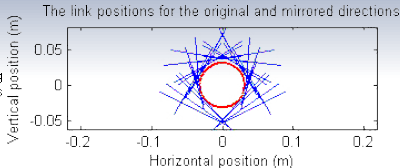
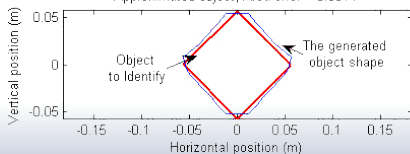


Taktil

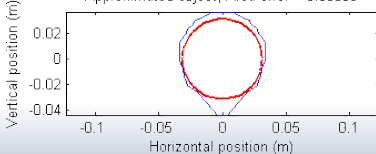
Taktiler Manipulator



Approximated object, Area error = 0.0014



Approximated object, Area error = 0.00088









→ Approximation der Objektform anhand der Segmentpositionen



EOP - End of Presentation

Vielen Dank für eure Aufmerksamkeit!

Quellen

-  ERHARDT, ANGELIKA (2008): „Einführung in die Digitale Bildverarbeitung“, *Vieweg+Teubner*, S. 205-222
-  AZAD, PEDRAM ET AL. (2009): „Combining Harris Interest Points and the SIFT Descriptor for Fast Scale-Invariant Object Recognition“, *IROS 2009*
-  CHEN, XIAOPENG ET AL. (2009): „Rapid and Precise Object Detection based on Color Histograms and Adaptive Bandwidth Mean Shift“, *IROS 2009*
-  ATTAMIMI, MUHAMMAD ET AL. (2010): „Real-Time 3D Visual Sensor for Robust Object Recognition“, *IROS 210*
-  WALCK, GUILLAUME; DROUIN, MICHEL (2010): „Automatic Observation for 3D Reconstruction of Unknown Objects using Visual Servoing“, *IROS 2010*
-  DEVEREUX, DAVID ET AL. (2009): „Determining an Object's Shape with a Blind Tactile Manipulator“, *IROS 2009*