

Morphologische Operatoren

Morphologische Operatoren

- Morphologische Filter
- Beeinflussen die Struktur von Bildern gezielt
- Anwendung hauptsächlich auf Binärbilder
- Idee: Strukturen in Bildern schrumpfen oder wachsen lassen

Nachbarschaften

- 4er-Nachbarschaft
- 8er-Nachbarschaft
- Verschiedene Strukturelemente

Formale Definition morphologischer Filter

- Binärbilder werden als Mengen beschrieben (Morphologie = Gestaltkunde ist Teilgebiet der mathematischen Mengenlehre)
- Elemente: zweidimensionale Koordinaten-Tupel

Grundlegende Operationen auf Binärbildern

- Beschreibung in Mengennotation
- Invertierung eines Binärbildes:
- Vereinigung zweier Punktfolgen:
- Notation kann synonym verwendet werden (I und QI)

Dilatation

- Wachsen
- Summe aller möglicher Koordinatenpaare der Punktfolgen QI und QH

Erosion

- Schrumpfen („quasi-inverse“ Operation zum Wachsen)
- Das Strukturelement H muss sich vollständig in das Bild I einbetten lassen

Typische Strukturelemente

- 4er-Nachbarschaft
- 8er-Nachbarschaft
- Kleine Scheibe

Eigenschaften von Dilatation und Erosion

- Dilatation und Erosion sind dual: Dilatation des Vordergrunds entspricht einer Erosion des Hintergrunds
 - Dilatation ist kommutativ
 - Erosion ist nicht kommutativ (analog zur arithmetischen Subtraktion)
 - Dilatation ist assoziativ, d.h. die Reihenfolge aufeinanderfolgender Dilatationen ist nicht relevant
 - Dilatation mit großem Strukturelement kann durch eine Folge von Dilatationen mit kleinen Strukturelementen realisiert werden
 - Kombination von Erosion und Dilatation erfolgt analog zur Addition und Subtraktion
- Zusammengesetzte Operationen

Opening: Kleine Strukturen und dünne Linien verschwinden.
Erst Erosion, dann Dilation

Closing: Löcher und kleine Zwischenräume werden gefüllt.
Erst Dilation, dann Erosion

Eigenschaften von Opening und Closing

- Opening und Closing sind idempotent: jede weitere Anwendung derselben Operation verändert das Bild nicht mehr
- Opening und Closing sind zueinander dual: Opening des Vordergrunds ist äquivalent zum Closing des Hintergrunds

Morphologische Operatoren für Grauwert oder Farbbilder

- Strukturelemente sind 2D-Funktionen mit reellen Werten
- Zwischen dem Wert 0 und einem unbesetzten Feld (x) wird unterschieden
Grauwert-Dilation
- Maximum der addierten Werte des Filters H mit der entsprechenden Bildregion I
Grauwert-Erosion
- Minimum der Differenzen des Filters H und der entsprechenden Bildregion I

Einsatz morphologischer Operatoren

- Entfernen kleiner Strukturen (Opening)
- Füllen von Löchern und kleinen Zwischenräumen (Closing)
- Detektion bestimmter Formelemente
- Detektion eines Umrisses
- Erzeugen eines Distanzbildes
- Morphing zwischen zwei binären Objekten
- Skelettierung eines Objekts

Hit-or-Miss

- Es werden bestimmte Objekte / Muster im Bild gesucht, deren Form bekannt ist.
- 1. Schritt (Hit)
(wo könnte sich das Objekt befinden)
- 2. Schritt (Miss)
(wo könnte sich der passende Hintergrund befinden)
- Ergebnis ist die Vereinigungsmenge einer Erosion des Bildes und der Erosion des Invertierten Bildes mit dem invertierten Operator
- Strukturelemente

Anwendung – Outline

- Durchführen einer Erosion: Randpixel werden zunächst entfernt
- Dann invertieren des Bildes I' und Erzeugen der Schnittmenge aus diesem und dem Originalbild

Anwendung – Distanztransformation

- Erweiterung der Randbestimmung mittels morphologischer Operatoren
- Bestimmung der Distanz jedes Pixels von einem gegebenen Objektrand
- Jedes Pixel erhält den Wert seines Abstands (in Pixeln) zum Rand
- Wiederholte Anwendung der Bestimmung des Randes
- Der Rand der Iterationsstufe k wird bestimmt:
Der Abstand aller Pixel aus R_k zum Rand ist k
- Morphing zwischen zwei binären Bildern

- Vorzeichenbehaftete Distanztransformation
 - Objektinneres wie beschrieben
 - Objektäußeres mit invertiertem Bild .. Werte sind negativ
- Zwischenstufen durch Kombination der beiden Distanzbilder
- Ergebnisbilder mit Schwellwert 0

Skelettierung

- Das Skelett eines Objekts besteht aus den Zentren von maximal eingeschriebenen Kreisen
- Detektion der Mittellinien
- Zusammensetzung eines Objekts aus Teilformen

Bedingungen für Skelettpunkte:

- Ein digitaler Kreis um ein Skelettpixel muss vollständig innerhalb des Objekts liegen
- Für ein berührtes Randpixel darf es keinen anderen Kreis mit größerem Radius geben, der die Bedingung 1 erfüllt
- Zusammenhängende Regionen sollen ein zusammenhängendes Skelett erhalten
- Das Skelett soll aus einer Linie der Breite eines Pixels bestehen

Skelettierung / Thinning

- Für digitale Bilder mit diskreten Bildpunkten ist die Skelettierung nicht ideal durchführbar
- Es existieren verschiedene Ansätze für die Skelettierung
- Einer nutzt das Konzept der Hit-and-Miss-Transformation in Kombination mit der Distanztransformation
- Die Struktur wird verdünnt (Thinning)
- Detektion der Ränder und Ecken mit dem Hit-or-Miss-Operator
- Nach und nach werden Eckpunkte und randständige Pixel vom Objekt entfernt
- Strukturen, die nur noch eine Linie bilden bleiben stehen
- Im letzten Schritt wird dem Skelett die Distanz zugeordnet, die sich durch die Distanztransformation ergibt.
- Dieser Wert entspricht dem Radius des Kreises, zu dem der Skelettpunkt den Mittelpunkt bildet.
- Das Objekt kann aus der Vereinigungsmenge aller Kreise rekonstruiert werden.