

Übung 3D Maschinelles Sehen

Musterlösung

Prof. Dr.-Ing. Volker Willert



Übungsblatt 4

In dieser Übung behandeln wir das *Korrespondenzproblem*, die *Merkmalsuche* und *Deskriptoren*, sowie *Skalenräume* (Bildpyramiden) und den *Optischen Fluss*. Die Fragen sind kleinteilig und können als Beispiele für potentielle Klausuraufgaben gesehen werden.

Aufgabe 4.1: Korrespondenzproblem

4.1a)

Nennen Sie zwei Anwendungen der Bildverarbeitung, wo das Korrespondenzproblem auftreten kann.

Antwort: Stereosehen, Optische Fluss Berechnung

4.1b)

Bei welchem Muster kann eindeutig eine Korrespondenz gefunden werden?

- ☐ Kante
- ☐ homogene Fläche
- ☐ sich wiederholende Textur
- ☒ Ecke
- ☐ transparente Oberfläche
- ☐ Muster mit starken Entfernungsunterschieden der einzelnen Pixel
- ☒ Punkt

4.1c)

Bei welchen Kategorien macht es Sinn zwischen diskreten und differentiellen Algorithmen der Korrespondenzsuche zu wählen?

- ☐ Objekt bewegt sich vs. Kamera bewegt sich
- ☒ kleiner Basisabstand vs. großer Basisabstand bei Betrachtung einer statischen Szene
- ☐ einzelne Pixel im Bild (spärlich) vs. alle Pixel im Bild (dicht)
- ☒ kleine Verschiebungen vs. große Verschiebungen

4.1d)

Wie wird das Korrespondenzproblem noch genannt?

Antwort: Aperturproblem

Aufgabe 4.2: Merkmalssuche

4.2a)

Was misst die Autokorrelationsfunktion?

Antwort: Die Selbstähnlichkeit eines Signals.

4.2b)

Auf welchen Wertebereich ist die normierte Autokovarianzfunktion begrenzt?

Antwort: Die Werte liegen zwischen $[-1; 1]$.

4.2c)

Welche Maße sind invariant gegenüber Helligkeitsunterschieden?

- ☐ Autokorrelation
- ☒ Kreuzkovarianz
- ☐ Kreuzkorrelation
- ☒ normierte Autokovarianz
- ☒ Autokovarianz
- ☒ normierte Kreuzkovarianz
- ☒ SSD Matching

4.2d)

Welche Maße sind invariant gegenüber Kontrastunterschieden?

- ☐ Autokorrelation
- ☐ Kreuzkovarianz
- ☐ Kreuzkorrelation
- ☒ normierte Autokovarianz
- ☐ Autokovarianz
- ☒ normierte Kreuzkovarianz
- ☐ SSD Matching

4.2e)

Welches statistische Maß wird benötigt, um Kontrastunterschiede auszugleichen? Wie muss dieses Maß mit dem Muster verrechnet werden, damit das Muster kontrastnormiert ist?

Antwort: Die Varianz bzw. die Standardabweichung. Es muss durch die Standardabweichung geteilt werden.

Aufgabe 4.3: Interest Points & Deskriptoren

4.3a)

Mit welchen Detektoren bzw. Deskriptoren kann man Koordinaten genau vermessen?

- ☐ SIFT Deskriptor
- × Shi-Tomasi Eckpunktdetektor
- ☐ HoG Deskriptor
- ☐ Schwellwert auf Determinante der Hessematrix
- × Harris Eckpunktdetektor

4.3b)

Erklären Sie, wie der SIFT Deskriptor aus HoGs einen Merkmalsvektor erzeugt. Sie können auch eine Skizze anfertigen.

Antwort: Der SIFT-Detektor unterteilt einen 16×16 Pixel großen Bildausschnitt in 16 nicht überlappende Zellen der Größe 4×4 . Für jede Zelle wird ein HoG Deskriptor über 8 unterschiedliche Gradientenorientierungen erzeugt. Die Häufigkeiten aller dieser 16 HoGs werden in einen Merkmalsvektor der Größe $16 \times 8 = 128$ geschrieben.

4.3c)

Nennen Sie zwei Variationen zwischen Ansichten, mit denen die Merkmalssuche auf Basis des SIFT Deskriptors gut zurecht kommt.

Antwort: Helligkeitsunterschiede, größere out-of-plane Rotationen, unterschiedliche Skalierungen

4.3d)

Wie müssen Merkmale im Merkmalsraum verteilt sein, dass Sie diskriminativ sind? Zeigen Sie das an einem Beispiel im 2D Merkmalsraum für Merkmale drei unterschiedlicher Klassen.

Antwort: Die Merkmalsvektoren der gleichen Klasse sollten im Merkmalsraum nahe beieinander liegen und die Merkmalsvektoren unterschiedlicher Klassen sollten einen möglichst großen Abstand im Merkmalsraum aufweisen.

Aufgabe 4.4: Skalenräume

4.4a)

Welche Bildpyramiden werden in der Bildverarbeitung verwendet?

- ☐ Cheops-Pyramide
- ☒ Laplace-Pyramide
- ☐ Tensor-Pyramide
- ☒ Gauß-Pyramide
- ☐ Pixel-Pyramide

4.4b)

Erklären Sie, wie rekursiv eine Gauß-pyramide berechnet wird und welches Theorem dabei nicht verletzt werden darf? Wie hoch ist der Speicherbedarf der Pyramide im Vergleich zum Originalbild?

Antwort: Beginnend bei der höchsten Bildauflösung (Originalbild) wird das Bild mit einem 3×3 Binomialfilter tiefpassgefiltert, danach wird das Bild downgesampled, wobei nur jeder zweite Pixel in jeder Dimension abgetastet wird. Dadurch wird das Abtast Theorem nicht verletzt. Dieser Vorgang wird rekursiv wiederholt, solange bis die gewünschte Skala erreicht worden ist bzw. nur noch ein Pixel übrig bleibt. Der Speicherbedarf liegt dabei nur $1/3$ höher als der für das Originalbild.

4.4c)

Welche Filtereigenschaft hat die Laplace-Pyramide? Wie kann man eine Laplace-Pyramide aus einer Gauß-Pyramide erzeugen?

Antwort: Die Laplace-Pyramide entspricht einer Bandpass-Filterbank. Durch Differenzenbildung zwischen benachbarten Skalen der Gaußpyramide wird die Laplace-Pyramide erzeugt. Dazu muss die jeweils gröbere Auflösung durch Upsampling auf die feinere angeglichen werden (im einfachsten Fall durch Vervierfachung jedes Pixel).

Aufgabe 4.5: Optischer Fluss

4.5a)

Wie heißt die bekannteste klassische Optische Fluss Methode?

Antwort: Lucas-Kanade Methode

4.5b)

Was ist der Unterschied zwischen dem Bewegungsfeld (Verschiebungsvektorfeld) und dem Optischen Fluss?

Antwort: Das Bewegungsfeld entspricht den Differenzvektoren, die sich durch die Projektion eines jeden 3D Punktes auf eine bewegte Bildebene zu unterschiedlichen Zeitpunkten ergeben. Der Optische Fluss entspricht der Verschiebung aller Grauwerte im Bild unter der Annahme, dass sich die Grauwerte während der Verschiebung nicht verändern. Analog zu der Kontinuitätsgleichung bei einer Flüssigkeit, wobei der Massenstrom bei stationärer oder inkompressibler Strömung durch einen Volumenkörper konstant bleibt. Ein bestimmter Grauwert entspricht demnach einer bestimmten Masse.

4.5c)

Welche zwei Annahmen werden beim SSD-Matching getroffen, um einen Verschiebungsvektor zu berechnen?

Antwort: Helligkeitskonstanz-Annahme, benachbarte Flussvektoren sind identisch.

4.5d)

Welches Korrelationsmaß verwendet die Lucas-Kanade Methode als Gütemaß?

- ☐ SAD-Matching
- ☐ lokale Kreuzkorrelationsfunktion
- ☒ SSD-Matching
- ☐ lokale Kreuzkovarianzfunktion
- ☐ SPD-Matching

4.5e)

Welcher 1D Unterraum ergibt sich für einen 2D Verschiebungsvektor aus der Zwangsbedingung der Helligkeitskonstanz? An welcher Stelle im Unterraum liegt der Normalenflussvektor? Zeichnen Sie zur Erklärung eine Skizze.

Antwort: Es ergibt sich eine Gerade. Der Normalenfluss zeigt entlang des Grauwertgradienten. Sie auch Foliensatz 5, Folie 79.