

Übungsblatt 5

Bildverarbeitung

Abgabe der Onlineaufgaben vor 11:30 Uhr, 19. Juli 2017

Abgabe der schriftlichen Ausarbeitung vor der Saalübung am Mittwoch, 19. Juli 2017

Die Antworten auf die Onlinefragen können unter

<http://his.anthropomatik.kit.edu/Teaching/VorlesungKognitiveSysteme/websubmit/>
eingetragen werden.

Allgemeines

Nach der Übung werden die Musterlösungen im Internet zugänglich gemacht. Die Aufgaben werden in der Übung besprochen. Die Reihenfolge der angegebenen Lösungsmöglichkeiten der Online-Aufgaben entspricht nicht zwangsläufig der Reihenfolge der Lösungen im Internet. Weitere Informationen und Kontaktadressen finden Sie auf der Vorlesungsseite.

Aufgabe 5.1 – Morphologische Operatoren

Gegeben sei die folgende binäre Bildmatrix B (0: Hintergrund, 255: Vordergrund):

$$B = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 255 & 255 & 255 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 255 & 0 & 255 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 255 & 255 & 255 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} .. & .. & .. & .. & .. & .. & .. \\ .. & .. & .. & .. & .. & .. & .. \\ .. & .. & X & X & X & .. & .. \\ .. & .. & X & X & X & .. & .. \\ .. & .. & X & X & X & .. & .. \\ .. & .. & .. & .. & .. & .. & .. \\ .. & .. & .. & .. & .. & .. & .. \end{pmatrix}$$

5.1.a

Geben Sie die Werte der mit X markierten Elemente der Ergebnisbildmatrix nach Anwendung einer morphologischen 3×3 Schließen-Operation auf der Bildmatrix B an.

5.1.b

Geben Sie die Werte der mit X markierten Elemente der Ergebnisbildmatrix nach Anwendung einer morphologischen 3×3 Öffnen-Operation auf der Bildmatrix B an.

Onlinefrage Nr. 1:

*Wie groß ist in Teilaufgabe 5.1.a die Summe der mit X markierten Elemente?
(a) 0, (b) 255, (c) 2295*

Aufgabe 5.2 – Geometrische 2D-Primitive

5.2.a

Transformieren Sie die Punkte $P_1(-1 / -1)$, $P_2(-0.5 / 0)$ und $P_3(0 / 1)$ in den Hough-Raum und zeichnen Sie die entsprechenden Funktionen in ein Hough-Diagramm mit θ und r als Achsen. Bestimmen Sie grafisch den Schnittpunkt (r_p, θ_p) der Kurven; die Benutzung eines Programms zum Zeichnen von Graphen ist erlaubt. Zeichnen Sie die Punkte P_1 , P_2 und P_3 sowie die durch (r_p, θ_p) definierte Gerade in ein gemeinsames Schaubild.

Onlinefrage Nr. 2:

Wie groß ist in Teilaufgabe 5.2.a θ , mit $0 \leq \theta < \pi$ (im Bogenmaß)? (a) ≈ 1.5 , (b) ≈ 2.2 , (c) ≈ 2.7

5.2.b

Um in eine gegebene Menge von Punkten die optimale Gerade im Sinne der euklidischen Norm einzupassen, wurde in der Vorlesung die Berechnung der Regressionsgeraden vorgestellt. Beschreiben Sie, in welchen Fällen die Bestimmung der Regressionsgeraden die geeignetere Variante ist und in welchen Fällen die Hough-Transformation vorzuziehen ist.

5.2.c (freiwillig)

Überlegen Sie, wie mit einer ähnlichen Vorgehensweise wie für die Regressionsgerade ein optimaler Kreis in eine Punktmenge eingepasst werden kann.

Aufgabe 5.3 – Korrelation

Gegeben seien die drei Bildmatrizen A , B_1 , und B_2 :

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 120 & 120 & 120 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad B_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 210 & 210 & 210 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad B_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 120 & 120 & 120 \\ 0 & 0 & 180 \end{pmatrix}$$

Zu berechnen ist im Folgenden jeweils die Korrelation zwischen A und B_1 und die Korrelation zwischen A und B_2 , um dem Ergebnis entsprechend B_1 bzw. B_2 als Korrespondenz zu A zuzuordnen.

5.3.a

Verwenden Sie die *Sum of Absolute Differences* (SAD).

5.3.b

Verwenden Sie die *Sum of Squared Differences* (SSD).

5.3.c

Verwenden Sie die *Zero Mean Normalized Cross-Correlation* (ZNCC).

Onlinefrage Nr. 3:

Was ist das Ergebnis der Korrelation in Teilaufgabe 5.3.c für die ZNCC zwischen A und der mit Hilfe der ZNCC bestimmten Korrespondenz? (a) 0, (b) ≈ 0.61 , (c) 1

Aufgabe 5.4 – 3D-Transformationen

5.4.a

Berechnen Sie die Rotationsmatrix $R_{X'Z'Y'}(\alpha, \beta, \gamma)$ für mitgedrehte Achsen (Euler-Winkel). Berechnen Sie nun die inverse Rotationsmatrix $R_{X'Z'Y'}(\alpha, \beta, \gamma)^{-1}$.

5.4.b

Berechnen Sie die Rotationsmatrix $R_{YZX}(\gamma, \beta, \alpha)$ für feste Achsen.

Aufgabe 5.5 – Kameramodell

Gegeben seien zwei Kameras K_1 und K_2 mit den extrinsischen Parametern R_1, \mathbf{t}_1 und R_2, \mathbf{t}_2 , die jeweils die Koordinatentransformation vom Weltkoordinatensystem in das jeweilige Kamerakoordinatensystem definieren.

5.5.a

Berechnen Sie den im Weltkoordinatensystem definierten Vektor $\overrightarrow{C_1C_2}$, wobei C_1 das Projektionszentrum der Kamera K_1 und C_2 das Projektionszentrum der Kamera K_2 ist.

Onlinefrage Nr. 4:

Wie lautet das Ergebnis aus Teilaufgabe 5.5.a? (a) $R_1^T \mathbf{t}_1 - R_2^T \mathbf{t}_2$, (b) $R_2^T \mathbf{t}_2 - R_1^T \mathbf{t}_1$, (c) $R_1^T R_2^T (\mathbf{t}_1 - \mathbf{t}_2)$

5.5.b

Das Weltkoordinatensystem soll nun das Kamerakoordinatensystem der Kamera K_1 sein. Berechnen Sie die entsprechend neuen extrinsischen Parameter R'_1 , \mathbf{t}'_1 und R'_2 , \mathbf{t}'_2 . Wie lautet der Vektor $\overrightarrow{C_1C_2}'$ im neuen Weltkoordinatensystem?

5.5.c

Stellen Sie die homogene Transformationsmatrix T für eine Rotation R und eine Translation \mathbf{t} auf. Stellen Sie auch die inverse Transformationsmatrix T^{-1} auf.

Aufgabe 5.6 – Epipolargeometrie

Gegeben seien der Aufbau und die Definitionen aus Aufgabe 4.2 des letzten Übungsblattes, wobei der Index 1 für die linke Kamera steht und der Index 2 für die rechte. Allerdings sollen für diese Aufgabe die Brennweite mit $f = 5$ mm und der Umrechnungsfaktor von $100 \frac{\text{Pixel}}{\text{mm}}$ angenommen werden. Der Bildhauptpunkt liegt für beide Kameras im Bildpunkt $C(320 / 240)$.

5.6.a

Bestimmen Sie die Kalibriermatrizen K_1 und K_2 und die Projektionsmatrizen P_1 und P_2 .

5.6.b

Berechnen Sie die Essentialmatrix E , die Fundamentalmatrix F und die Epipole \mathbf{e}_1 , \mathbf{e}_2 .

5.6.c

Berechnen Sie die Epipolarlinie \mathbf{l}_2 (im Bild der rechten Kamera) zum Bildpunkt $P_1(300 / 300)$ der linken Kamera.

Onlinefrage Nr. 5:

Wie lautet das Ergebnis aus Teilaufgabe 5.6.c? (a) $(1 \ 0 \ 1)^T$, (b) $(\frac{1}{5} \ 0 \ 0)^T$, (c) $(0 \ \frac{1}{5} \ -60)^T$