

Übungen Digitale Bild- und Signalverarbeitung

Blatt 10

Es soll ein einfaches Verfahren zur Kamerakalibrierung entwickelt werden. Das Beispielbild auf der Webseite liefert folgende Korrespondenzen $C = ((b_i, x_i))$ zwischen den Bildpunkten $b_i \in \mathbb{R}^2$ und den Raumpunkten $x_i \in \mathbb{R}^3$ für $i = 1, \dots, 9$:

$$C = (((213, 366), (0, 0, 0)), ((394, 330), (30, 0, 0)), ((559, 299), (60, 0, 0)), \\ ((201, 239), (0, 30, 0)), ((348, 216), (30, 30, 30)), ((514, 72), (60, 30, 30)), \\ ((194, 155), (0, 60, 0)), ((317, 23), (30, 60, 0)), ((431, 122), (60, 60, 0))).$$

Sei das Kameramodell gegeben durch die Matrix $K = P(R \mid -Rt)$, wobei $P \in \mathbb{R}^{3 \times 3}$ eine Projektionsmatrix der Form $P = \begin{pmatrix} \alpha & \gamma & x \\ 0 & \beta & y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ ist, $R \in \mathbb{R}^{3 \times 3}$ eine Rotationsmatrix ist und $t \in \mathbb{R}^3$. Die Kameraabbildung sei gegeben durch

$$\lambda \begin{pmatrix} b \\ 1 \end{pmatrix} = K \begin{pmatrix} x \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Aufgabe 1 (4 Punkte)

Sei $K = (k_{ij})$ mit $k_{ij} \in \mathbb{R}$. Stellen Sie das Problem der Minimierung der Funktion

$$f(\lambda, K) = \sum_{i=1}^9 \left\| \lambda \begin{pmatrix} b_i \\ 1 \end{pmatrix} - K \begin{pmatrix} x_i \\ 1 \end{pmatrix} \right\|^2$$

als ein lineares Ausgleichsproblem ausschließlich in den Koeffizienten k_{ij} von K dar. Bestimmen Sie die Werte k_{ij} , indem Sie das von Ihnen aufgestellte Problem für die Korrespondenzen C lösen.

Hinweis: Zur Vereinfachung dürfen Sie die Nebenbedingung, dass es sich bei K um eine Lochkameraabbildung handelt, vernachlässigen.

Aufgabe 2 (4 Punkte)

Schreiben Sie ein Programm, das aus einer Lochkameramatrix $K \in \mathbb{R}^{3 \times 4}$ die Parameter P , R und t berechnet. Berechnen Sie die Parameter P , R und t für die in Aufgabe 1 bestimmte Matrix K . Wie weit ist der linke untere Kreis im Beispielbild vom Kamerazentrum entfernt?

Hinweis: Bestimmen Sie mit Hilfe der QR-Zerlegung eine obere Diagonalmatrix R und eine orthogonale Matrix Q von der inversen Matrix der linken 3×3 -Submatrix von K .

Aufgabe 3 (4 Punkte)

Bestimmen Sie für eine Lochkameramatrix $K = P(R \mid -Rt)$ den Zusammenhang zwischen einem Bildpunkt und dem zugehörigen Sichtstrahl. Welcher Raumpunkt entspricht der Bildmitte des Testbildes?

Aufgabe 4 (4 Punkte)

Schreiben Sie ein Programm, das aus dem Beispielbild $A = (a_{ij})$ ein 200×200 -Bild $B = (b_{ij})$ erzeugt, sodass b_{ij} die Farbe des zum Raumpunkt $x = (0.3i, 0.3j, 0, 1)^t$ korrespondierenden (homogenen) Bildpunktes Kx besitzt. Vergleichen Sie Ihr Resultat mit dem Beispielbild auf der Webseite.

Hinweise:

- Es können maximal drei Studenten eine Lösung gemeinsam abgeben.
- Bitte schreibt alle Namen und Matrikelnummern (unbedingt) auf alle abgegebenen Blätter.