

## Blatt 11 (8 Punkte + 3 Bonuspunkte)

Abgabe durch Hochladen (nur PDF-Format bzw. Python-Code) auf der eCampus-Seite bis  
**Sonntag, 30.06.2024, 12:00 Uhr**, in Gruppen von 3 Personen.

### Aufgabe 11.1: Sobel-Operator, Konvolution und Korrelation (2)

Gegeben sei das folgende Pixelfeld.

$$\begin{bmatrix} 36 & 62 & 122 & 91 & 22 \\ 50 & 26 & 20 & 17 & 24 \\ 33 & 27 & 32 & \underline{32} & 21 \\ 94 & 23 & 18 & 28 & 24 \end{bmatrix}$$

- a) Approximieren Sie die partielle Ableitung der Intensitätsfunktion in horizontale Richtung an der Stelle des unterstrichenen Pixels durch **Konvolution** mit dem horizontalen Sobel-Filter  $S_x$ .
- b) Approximieren Sie die partielle Ableitung der Intensitätsfunktion in vertikale Richtung an der Stelle des unterstrichenen Pixels durch **Konvolution** mit dem vertikalen Sobel-Filter  $S_y$ .
- c) Leiten Sie aus den beiden vorherigen Ergebnissen den richtungsunabhängigen Gradientenbetrag her.
- d) Approximieren Sie die partielle Ableitung der Intensitätsfunktion in horizontale Richtung an der Stelle des unterstrichenen Pixels durch **Korrelation** mit dem horizontalen Sobel-Filter  $S_x$ .

Bemerkung: In dieser Aufgabe wird die Unterscheidung zw. Konvolution und Korrelation behandelt und führt folglich bei Nichtbeachtung zu Punktabzügen. Bemerkung 2: Es sind die in der Vorlesung vorgestellten Sobel-Filter zu verwenden! Im Internet sind leichte Varianten bzgl. der Orientierungen zu finden, die z.B. aufgrund anderer Bildkoordinatensysteme verwendet werden.

**Aufgabe 11.2: Lineare Grauwertspreizung und Mittelwertfilter** (1 + 0.5 + 0.5 = 2)

Grundsätzlich: Für die Umwandlung von Zahlen mit Nachkommastellen in ganze Zahlen verwenden Sie Rundung!

184	120	72	56
160	140	64	60
128	112	96	64
120	102	88	80

Obige  $4 \times 4$  Matrix stellt einen Ausschnitt der Grauwerte eines Bildes dar.

- Maximieren Sie den Kontrast dieses Ausschnitts für einen möglichen Wertebereich von  $\{0, 1, \dots, 255\}$  durch lineare Spreizung (Vorlesung 19). Geben Sie die neu berechneten Werte wieder in einem  $4 \times 4$  großen Feld an.
- Wenden Sie auf die oberen zwei hervorgehobenen Pixel (mit den Intensitätswerten 140 bzw. 64) ein  $3 \times 3$ -Pixel großes Mittelwertfilter (Vorlesung 19) an.
- Geben Sie eine plausible Lösung an, wie das Mittelwertfilter zur Anwendung auf die Randpixel angepasst werden sollte. Wenden Sie das angepasste Mittelwertfilter auf das untere hervorgehobene Pixel mit dem Intensitätswert 102 am Rand an und begründen Sie die von Ihnen ausgewählte Anpassungsmöglichkeit.

**Aufgabe 11.3: Region Merging**

(2)

Gegeben sei das folgende  $3 \times 2$ -Grauwertbild. Wenden Sie *Region Merging* auf dieses Grauwertbild an. Als Homogenitätskriterium gilt, dass die Differenz zwischen max. und min. Grauwert eines Segments kleiner oder gleich 5 sein muss.

0	250	4
1	252	255

WICHTIG: Ihre Lösung hat *jeden einzelnen Schritt* des *Region Mergings* durch den entsprechenden Regionengraphen (RAG) mit Kantenattributen zu zeigen (inkl. initialem RAG)! In den Pixeln der Segmente müssen die Zahlenwerte ihrer Intensitäten stehen. (vgl. Darstellung in Vorlesung 20, Folie 9).

#### Aufgabe 11.4: Edge Linking

(1 Bonuspunkt)

Gegeben sei ein 6×6-Grauwertbild. Auf diesem wurden mit dem Sobel-Operator für jedes Pixel zwei Werte berechnet. Diese sind in der folg. Abbildung zu sehen: (1) der Gradientenbetrag  $\nabla I(x, y)$  als Zahl dargestellt, (2) die Gradientenorientierung  $\Theta$  als Pfeile dargestellt, die hier der Einfachheit halber nur zwei zueinander orthogonale Werte zeigen.

11 →	12 →	105 →	11 →	12 →	11 →
10 →	10 →	90 →	12 →	11 →	10 →
12 →	12 →	115 →	11 →	11 →	11 →
10 →	11 →	110 →	11 →	10 →	14 →
110 ↓	100 ↓	90 ↓	100 ↓	110 ↓	9 ↓
11 ↓	12 ↓	14 ↓	13 ↓	12 ↓	10 ↓

Wenden Sie den Algorithmus *Edge Linking* mit folgenden Parametern an

- Kantenpixel müssen einen Gradientenbetrag größer oder gleich als 100 zeigen.
- Um in der Umgebung  $U(p_a)$  des aktiven Pixels  $p_a$  den aktuellen Kantenzug in Kantengerichtung (orthogonal zur Gradientengerichtung) fortzusetzen, müssen unbearbeitete Kantenpixel  $p_i$  gefunden werden, die ähnliche Gradientengerichtungen und -beträge zeigen. Diese Ähnlichkeiten werden beschränkt auf eine maximale Abweichung von 20 Einheiten für den Gradientenbetrag und auf eine maximale Abweichung von  $20^\circ$  für Gradientengerichtung relativ zum Vorgängerpixel.
- $U(p_a)$  ist ein in  $p_a$  zentriertes  $5 \times 5$ -Pixelfeld.

- Markieren Sie im linken folgenden Pixelfeld die erkannten Kantenpixel.
- Markieren Sie im mittleren Pixelfeld die erkannten Kantenzüge und Verzweigungen. Verschiedene Kantenzüge machen Sie durch eindeutige Nummerierung oder Färbung der Kantenzüge deutlich
- Markieren Sie im rechten Pixelfeld die erkannten Kantenzüge und Verzweigungen mit Überbrückungen von Lücken.




### Aufgabe 11.5: Ungarische Methode

(1 + 1 = 2)

Gegeben seien zwei initiale Bewertungsmatrizen für eine Zuordnungsaufgabe von jeweils drei Punkten zwischen zwei Umrissen.

	q1	q2	q3		q1	q2	q3
p1	2	3	1	p1	1	2	1
p2	3	4	2	p2	3	4	2
p3	3	1	4	p3	4	3	1

- Ermitteln Sie für die linke initiale Bewertungsmatrix die optimalen Zuordnungen über die ungar. Methode. Benennen Sie jeden Schritt der Methode mit Angabe der jeweils resultierenden Matrix bzw. der Lösung.
- Ermitteln Sie für die rechte initiale Bewertungsmatrix die optimalen Zuordnungen über die ungar. Methode. Benennen Sie jeden Schritt der Methode mit Angabe der jeweils resultierenden Matrix bzw. der Lösung.

### Aufgabe 11.6: Deformable Matching

(1 Bonuspunkt)

Gegeben sind zwei Bilder mit jeweils einem Linienobjekt, das aus drei Punkten (1,2,3 bzw. A,B,C) besteht. Der Kontext von jedem Linienpunkt  $p_i$  ist ein stark vereinfachtes Histogramm  $h_i$  der relativen Koordinaten  $(p_k - p_i)$ , das aus vier Histogramm-Bins ermittelt wird mit je einem Bin für die drei oberen, drei unteren, das linke und das rechte Nachbapixel der 8-Nachbarschaft (s. Abb.)

Bild 1

		1		
		2		
	3			

Bild 2

			A	
		B		
	C			

Histogramm-Binning

1	1	1
2		3
4	4	4

- Berechnen Sie die Kosten  $c_{ij}$  für jede potentielle Punktzuordnung  $i \in \{1, 2, 3\}, j \in \{A, B, C\}$  als  $\chi^2$ -Distanz.
- Notieren Sie die entsprechende Koeffizientenmatrix  $C$ . Die ungar. Methode muss nicht mehr angewendet werden.

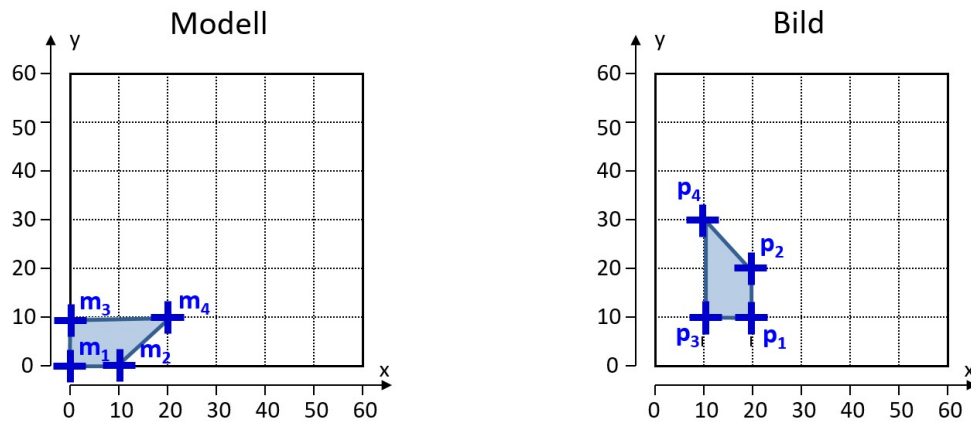
### Aufgabe 11.7: Ausrichtungsmethode

(1 Bonuspunkt)

Für die Bestimmung der Pose wurde die Ausrichtungsmethode in Form des Algorithmus ALIGN vorgestellt. Hier soll der Algorithmus ALIGN zur Bestimmung und Validierung einer einfachen zweidimensionalen Transformation durch Translation und Rotation anstelle einer Projektion von 3D-Punkten in 2D-Bildpunkte angewandt werden.

In der Abbildung ist links ein 2D-Objektmodell in Form eines Vierecks mit eben vier Eckpunkten in seinem Modellkoordinatensystem dargestellt. Rechts ist das Ergebnis einer Transformation durch Rotation und Translation desselben in ein Bildkoordinatensystem dargestellt.

Wenden Sie ALIGN an, um die Parameter der Rotation und Translation zu bestimmen und zu validieren. Hierzu wird nur eine Iteration betrachtet (b.w.).



- (a) Starten Sie die exhaustive Suche von ALIGN mit dem Modellpunkttriple  $m_1, m_2, m_3$  und dem Bildpunkttriple  $p_1, p_2, p_3$ . Die Transformation erfolge erst durch Rotation um den Ursprung des Modellkoordinatensystems ( $m_1$ ) gegen den Uhrzeigersinn und anschließende Translation. Geben Sie die resultierende Rotation und Translation an: Die Rotation soll hier einfach durch einen Rotationswinkel  $\alpha$  gegen den Uhrzeigersinn und die Translation als 2D-Vektor angegeben werden.
- (b) Zeigen Sie die Validierung der ermittelten Transformation.