Mittwoch, den 26.01.2011 Prof. Dr.-Ing. Andreas Meisel

Klausur "Robot Vision"

Aufgabe 1 (Bildvorverarbeitung, Bildeigenschaften) [5 Punkte]

a) Geben Sie für die 2 hellen Felder das Ergebnis der **5x1**-Median-Filterung an.

0	0	1	0	0	0
0	2	3	2	1	2
3	4	4	2	3	3
3	8	9	4	9	4
9	9	9	1	7	8
9	9	9	4	9	9

Quellbild

	3				
				4	

Zielbild

Medianmaske

0 2 3 3 3 4 4 8 9

1 2 3 3 4 4 7 8 9

b) Geben Sie für die 2 hellen Felder das Ergebnis des angegebenen 3x3 -Operators an.

1	1	2	2
1	2	3	3
1	2	4	4
3	3	4	5

Quellbild

	6		
	0		

Zielbild

0	-2	0
-2	10	-2
0	-2	0

$\cancel{1}$	1_{-2}	$\cancel{2}$
1_{-2}	2_{10}	3_{-2}
$\cancel{1}$	2_{-2}	$\cancel{4}$

$\cancel{1}$	2_{-2}	$\cancel{3}$
1_{-2}	2_{10}	4_{-2}
$\cancel{3}$	3_{-2}	$\cancel{4}$

$$-2 - 2 + 20 - 6 - 4 = 6$$

$$-4 - 2 + 20 - 8 - 6 = 0$$

c) Geben Sie für das helle Feld den Gradienten G und die Kantenrichtung (in °) mit Hilfe des angegebenen 3x3-Sobel-Operators an (ohne Normierung).

5	4	3	2
4	3	2	1
2	1	0	0
0	0	0	0

Quellbild

	14		

Gradient $G \in R$

	236.3°		

Richtung $G \in [0° ... 360°]$

Faltungsmasken:

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

G_x

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

G_y

5_{-1}	$\cancel{4}$	3_{1}
4_{-2}	$\cancel{3}$	2_{2}
2_{-1}	$\cancel{1}$	0_{1}

5_{-1}	4_{-2}	3_{-1}
$\cancel{4}$	$\cancel{3}$	$\cancel{2}$
2_{1}	1_{2}	0_{1}

$$-5 - 8 - 2 + 3 + 4 + 0 = -15 + 7 = -8 = G_x$$

$$-5 - 8 - 3 + 2 + 2 + 0 = -16 + 4 = -12 = G_y$$

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} = \sqrt{8^2 + 12^2} = \underline{\underline{14.4}}$$

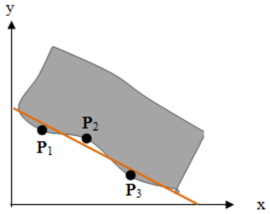
$$\alpha = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right) = \arctan\left(\frac{-12}{-8}\right) = 56.3°$$

3. Quadrant!

$$\Rightarrow \alpha' = \alpha + 180° = \underline{\underline{236.3°}}$$

Aufgabe 2 (Geraden, Bildmesstechnik, Ausgleichsrechnung) [15 Punkte]

Gegeben sind 3 Punkte auf einer fast geraden Werkstückkante:
P_1=(20, 40), **P_2**=(40, 29), **P_3**=(60, 20).



a) Bestimmen Sie die Parameter m und b der Ausgleichsgerade $y = mx + b$. Verwenden Sie zur Berechnung die Determinantenmethode.

b) Angenommen die Geradengleichung lautet $y = -0.5x+50$. Geben Sie die Gleichung in der Form $Ax + By = 1$ an.

c) Geben Sie die Hessesche Normalform der Gerade an (r, θ).

d) Wie groß ist der senkrechte Abstand des Punktes **P_2** von der Gerade?

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 & 1 \\ x_2 & 1 \\ x_3 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m \\ b \end{pmatrix} \Rightarrow \underbrace{\begin{pmatrix} 40 \\ 29 \\ 20 \end{pmatrix}}_{\vec{l}} = \underbrace{\begin{pmatrix} 20 & 1 \\ 40 & 1 \\ 60 & 1 \end{pmatrix}}_{\underline{A}} \underbrace{\begin{pmatrix} m \\ b \end{pmatrix}}_{\vec{\xi}}$$

$$\Rightarrow \underline{A}^T \underline{A} \cdot \vec{\xi} = \underline{A}^T \vec{l} \qquad \text{Ausgleichsgleichungssystem}$$

$$\underline{A}^T \cdot \underline{A} = \begin{pmatrix} 20 & 40 & 60 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 20 & 1 \\ 40 & 1 \\ 60 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5600 & 120 \\ 120 & 3 \end{pmatrix}$$

$$\underline{A}^T \vec{l} = \begin{pmatrix} 20 & 40 & 60 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 40 \\ 29 \\ 20 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3160 \\ 89 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 5600 & 120 \\ 120 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3160 \\ 89 \end{pmatrix}$$

$D_H = 2400$ $\qquad \underline{\underline{m}} = \frac{D_1}{D_H} = \underline{\underline{-\frac{1}{2}}}$

$D_1 = -1200$

$D_2 = 119200$ $\qquad \underline{\underline{b}} = \frac{D_2}{D_H} = \underline{\underline{49\frac{2}{3}}}$

b) $y = -\frac{1}{2}x + 50$

$\frac{1}{2}x + y = 50$ $\quad :50$

$\frac{1}{100}x + \frac{1}{50}y = 1 \quad \Rightarrow \underline{\underline{A = \frac{1}{100} \quad B = \frac{1}{50}}}$

c) $r = x\cos\Theta + y\sin\Theta$

$1 = x\underbrace{\frac{\cos\Theta}{r}}_{A} + y\underbrace{\frac{\sin\Theta}{r}}_{B}$

$r = \frac{\cos\Theta}{A} \qquad r = \frac{\sin\Theta}{B}$ Gleichsetzen

$\Rightarrow \frac{\sin\Theta}{\cos\Theta} = \frac{B}{A} = \tan\Theta$

$\Theta = \arctan\left(\frac{B}{A}\right) = \arctan\left(\frac{100}{50}\right) = \underline{\underline{63.43^\circ}}$

$r = \frac{\cos\Theta}{A} = \underline{\underline{44.72}}$

d) $r' = x_2\cos\Theta + y_2\sin\Theta = 40\cos(63.43^\circ) + 29\cdot\sin(63.43^\circ)$

$r' = \underline{\underline{43.83}}$

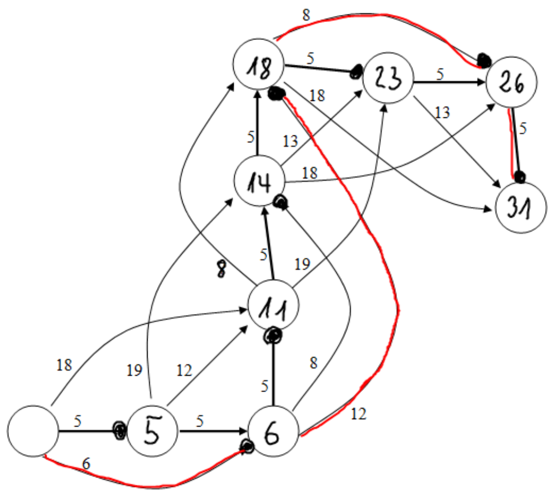
$\underline{\underline{\Delta r = r - r' = 0.89}}$

Aufgabe 3 (Dynamische Programmierung) [5 Punkte]

Eine Liste von Konturpunkten soll mit Hilfe der dyn. Programmierung ausgedünnt werden (Polygonapproximation). Hierzu soll geprüft werden, ob Punkte aus der Liste entfernt werden können, ohne dass der Approximationsfehler allzu groß wird.

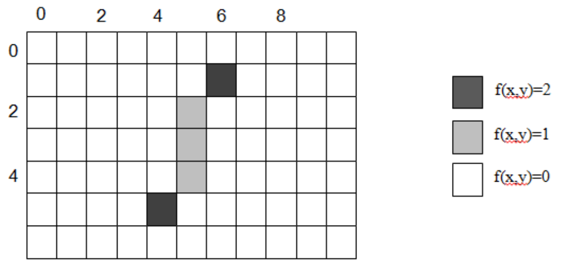
Finden Sie mit der dyn. Programmierung den Weg mit der minimalen Grauwertsumme.

Anm: Anmerkungen zur Notation und Ersatzgraph siehe folgende Seite.



Aufgabe 4 (Momente) [5 Punkte]

a) Berechnen Sie den Schwerpunkt des Bildobjektes mit der Momentenmethode.



$$m_{00} = \sum_x \sum_y f(x,y) \cdot \cancel{x^0} \cancel{y^0} = 2+1+1+1+2 = \underline{\underline{7}}$$

$$m_{01} = \sum_x \sum_y f(x,y) \cdot \cancel{x^0} y^1 = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 3 + 1 \cdot 4 + 2 \cdot 5$$
$$= 2 + 2 + 3 + 4 + 10 = \underline{\underline{21}}$$

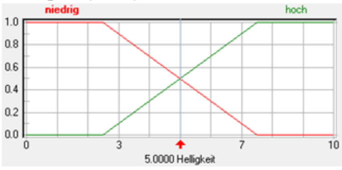
$$m_{10} = \sum_x \sum_y f(x,y)\ x^1 \cancel{y} = 2 \cdot 6 + 1 \cdot 5 + 1 \cdot 5 + 1 \cdot 5 + 2 \cdot 4$$
$$= 12 + 5 + 5 + 5 + 8 = \underline{\underline{35}}$$

$$\underline{\underline{\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}} = 5}} \qquad \underline{\underline{\bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}} = 3}}$$

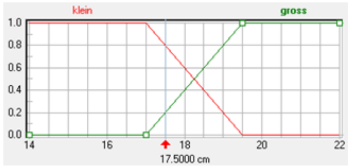
b) $$\underline{\underline{\mu_{20}}} = \sum_x \sum_y f(x,y) \cdot (x - \bar{x})^2$$
$$= 2 \cdot 1^2 + 2 \cdot 1^2 = \underline{\underline{4}}$$

Aufgabe 5 (Fuzzy-Klassifikator) [12 Punkte]

Helligkeit (0…10)



Länge (14….22 cm)



Für die Klasse „*Lachs*“ gelten die folgenden Regeln:

```
(R1) WENN Helligkeit  = niedrig UND Länge = klein DANN ZG_Lachs = hoch
(R2) WENN Helligkeit  = niedrig UND Länge = gross DANN ZG_Lachs = hoch
(R3) WENN Helligkeit  = hoch    UND Länge = klein DANN ZG_Lachs = mittel
(R4) WENN Helligkeit  = hoch    UND Länge = gross DANN ZG_Lachs = klein
```

a) $\mu_{H_{niedrig}} = 0.5$ $\quad \mu_{H_{hoch}} = 0.5$

$\mu_{L_{klein}} = 0.8$ $\quad \mu_{L_{groß}} = 0.2$

b) alle Regeln

c) $R_1 : \; \varepsilon_{nk} = \min(0.5, 0.8) = 0.5$

$R_2 : \; \varepsilon_{ng} = \min(0.5, 0.2) = 0.2$

$R_3 : \; \varepsilon_{hk} = \min(0.5, 0.8) = 0.5$

$R_4 : \; \varepsilon_{hg} = \min(0.5, 0.2) = 0.2$

d) $\left.\begin{array}{l} \varepsilon_{nk} = 0.5 \Longrightarrow \text{Lachs} = \text{hoch} \\ \varepsilon_{ng} = 0.2 \Longrightarrow \text{Lachs} = \text{hoch} \end{array}\right\} \alpha_h = \max(0.5, 0.2) = \underline{\underline{0.5}}$

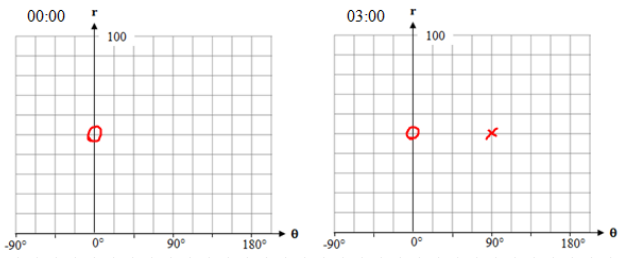
$\varepsilon_{hk} = 0.5 \Longrightarrow \text{Lachs} = \text{mittel} \quad \alpha_m = \underline{\underline{0.5}}$

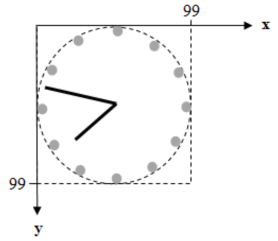
$\varepsilon_{hg} = 0.2 \Longrightarrow \text{Lachs} = \text{klein} \quad \alpha_k = \underline{\underline{0.2}}$

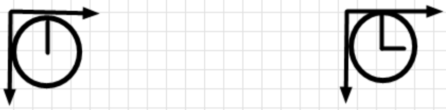
e) $$\underline{\underline{\text{Lachs}}} = \frac{0.5 \cdot 1 + 0.5 \cdot 0.5 + 0.2 \cdot 0}{0.5 + 0.5 + 0.2} = \underline{\underline{0.625}}$$

Aufgabe 6 (Houghtransformation) [10 Punkte]

a) Markieren Sie die Positionen der durch die Zeiger hervorgerufenen Maxima im Parameterraum (Minutenmarke "o", Stundenmarke "x") für die folgenden Uhrzeiten:





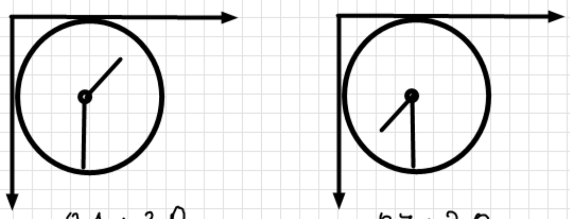


b) Welcher Bereich des Houghraumes reicht für die Darstellung der Hough-Uhr aus?

$r \in [\;0\;,\;71\;]$ $\quad\Theta \in [\;-45^\circ\;,\;+135^\circ\;]$

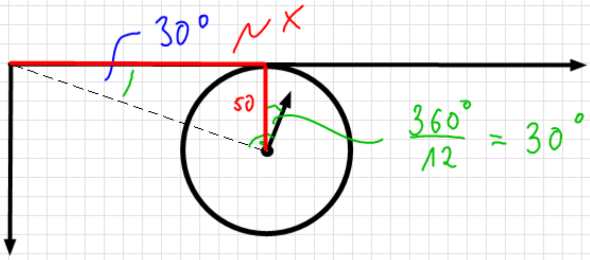
$$r_{max} = 50 \cdot \sqrt{2} \approx \underline{\underline{71}}$$

c) Bei welchen Uhrzeiten hat die Stundenmarke das maximale r erreicht?



01:30 07:30

d) Auf welche x-Position müsste man die Uhr (das Zentrum des Zifferblatts) horizontal verschieben, damit die Stundenmarke genau um 01:00 ihr maximales r erreicht.



$$\frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$$

$$\tan 30^\circ = \frac{50}{x}$$

$$x = \frac{50}{\tan 30^\circ} = \underline{86.6}$$

$$\Delta x = x - 50 = \underline{\underline{36.6}}$$