1. Schriftlicher Test aus EVC, 186.822
Digitale Bildverarbeitung (BV, 30 Punkte)
Angabe Test1, SS 2012

Walter G. Kropatsch, Max Göbel

Die Testunterlagen des Teils Bildverarbeitung (BV) bestehen aus zwei Teilen: diesem **Angaben**teil und dem doppelseitigen **Abgabe**formular. Den Angabenteil können Sie mitnehmen, das Abgabeformular geben Sie bitte am Ende ausgefüllt ab. Da die Abgabeformulare gescannt werden, benutzen Sie bitte schwarze oder blaue Kugelschreiber und schreiben das Ergebnis deutlich lesbar in die vorgesehenen Kästchen. Bitte tragen Sie Ihre Matrikelnummer, Ihre Familien- und Vornamen und Ihre Studienkennzahl in die dafür vorgesehenen Kästchen des **Abgabe**formulars ein:

Visual Computing/ Digitale Bildverarbeitung LV 186.822			Datum: 27.4.2012
Mat.Nr.	Name	Vorname	Studium

Für den Teil BV sind schriftliche Unterlagen zugelassen. Aus organisatorischen Gründen werden daher die Angaben zum Teil BV am Anfang verteilt. Bis zum Verteilen der Teile CG und CV nach etwa 36 Minuten können Sie Ihre schriftlichen Unterlagen verwenden, danach sind keine Unterlagen ausser den Testangaben zugelassen.

Falls Sie unter die **Übergangsregelung** fallen und die Prüfung der Vorlesung Grundlagen der Digitalen Bildverarbeitung (GDBV) 183.126 angerechnet bekommen, so tragen Sie im Abgabeformular nur die anzurechnende Note in das dafür vorgesehene Kästchen ein (der Rest bleibt frei!) und geben das Formular ab.

Dieser Testteil BV besteht aus drei Beispielen, auf die Sie jeweils 10 Punkte erreichen können. Klare Begründungen können zeigen, dass der richtige Lösungsweg eingeschlagen wurde, auch wenn Rechenfehler aufgetreten sind.

Die Testzeit beträgt **120 min** für BV+CG+CV insgesamt.

Maximal können pro Test folgende Punktesummen erreicht werden: CG 40, BV 30, CV 30, in Summe 100 Punkte auf jeden der 2 Tests. Alle Teilergebnisse werden nach Korrektur bekanntgegeben, die Gesamtnote ergibt sich aus folgendem Notenschlüssel:

Note:	1	2	3	4	5
Punkte:	180-200	155-179	130-154	100-129	0-99

BV Teil I: Interpretation von Bildoperationen (10)

Im ersten Teil sollen Sie Ergebnisbilder über vorgegebene Operationen mit den gegebenen Eingabebildern in Beziehung setzen. Auf den Seiten 4-5 finden Sie 24 Bilder, die als Eingabe als auch als Ergebnis einer Bildoperation auftreten können. Beachten Sie, dass nicht ALLE Bilder verwendet werden, es kann Bilder geben, die nicht als Eingabe- oder Ergebnisbilder aufscheinen, dasselbe Bild kann auch mehrfach Verwendung finden.

Im Abgabeteil finden Sie eine Liste mit 5 Bildoperationen, die auf eines oder mehrere (z.B. $Y+Z$) der Bilder A-X angewandt wurden und eines der Bilder A-X als Ergebnis haben. Ihre Aufgabe ist die Rekonstruktion dieser 5 Bildoperationen. Tragen Sie bitte die Bildnamen (`A-X`) in die Kästchen ☐ der jeweiligen Operation ein. Jede korrekte Antwort wird mit einem Punkt belohnt. Für entsprechend gute und korrekte Begründungen kann es Zusatzpunkte geben, die Verluste in anderen Abschnitten ausgleichen können!

Allgemeines

Die angegebenen Bilder haben eine Größe von 350x350 Pixeln. Grauwertbilder haben einen Wertebereich von 0 bis 255 (falls nicht anders angegeben). Logische Operationen werden im Rahmen der Prüfung nur auf Binärbilder (Schwarz-Weiss-Bilder) angewendet. `true` wird durch den Wert 1 (=weiss) repräsentiert, `false` durch den Wert 0 (=schwarz).

Matlab Referenz

Notationen

Matrix $A = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$ `A=[a b; c d]`; *Spaltenvektor* $x = \begin{pmatrix} y \\ z \end{pmatrix}$ `x=[y;z]`

Zeilenvektor $e = \begin{pmatrix} f & g \end{pmatrix}$ `e=[f g]`

Command Reference

`J = imhist(I)`
displays histogram of image data I.

`J = histeq(I,n)`
transforms the intensity image I, returning in J an intensity image with 64 discrete gray levels. A roughly equal number of pixels is mapped to each of the n levels in J, so that the histogram of J is approximately flat.

`BW = im2bw(I,level)`
converts the intensity image I to black and white. The output binary image BW has values of 0 for all pixels in the input image with luminance g less than *level* and 1 for all other pixels:

$$bw = 0 \Leftrightarrow \frac{g - g_{min}}{g_{max} - g_{min}} < level$$

`BW = edge(I,'canny',thresh,sigma)`
specifies sensitivity thresholds for the Canny method. thresh is a two-element vector in which the first element is the low threshold, and the second element is the high threshold. sigma is the standard deviation of the Gaussian filter.

`J = imnoise(I,'gaussian',m,v)`
adds Gaussian white noise of mean m and variance v to the image I.

`J = imnoise(I,'salt & pepper',d)`
adds salt and pepper noise to the image I, where d is the noise density (in [0..1]).

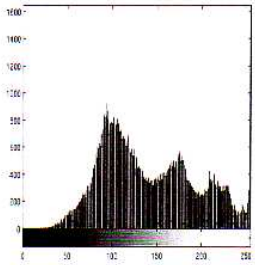
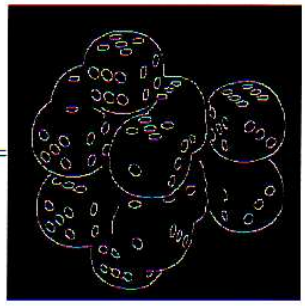
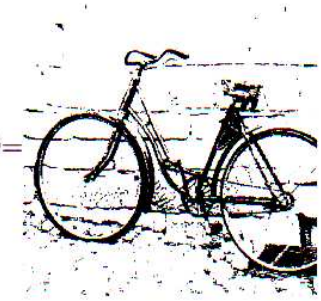
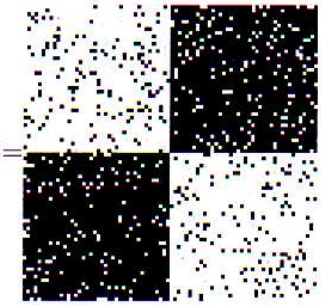
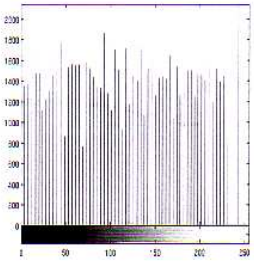
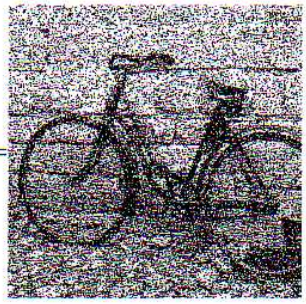
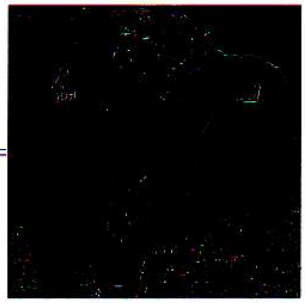
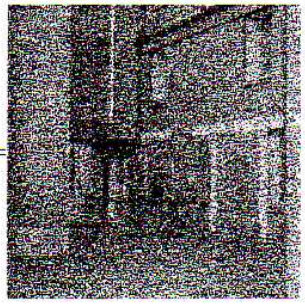
`C = conv2(A,B)`
computes the two-dimensional convolution of matrices A and B.

`h = fspecial('unsharp', alpha)`
returns a 3-by-3 unsharp contrast enhancement filter. fspecial creates the unsharp filter from the negative of the Laplacian filter.

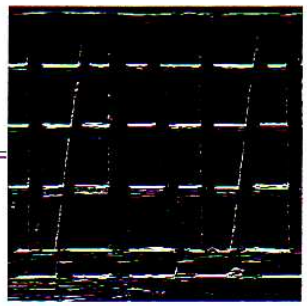
`h = fspecial('laplacian')`
returns a 3-by-3 filter approximating the shape of the two-dimensional Laplacian operator.

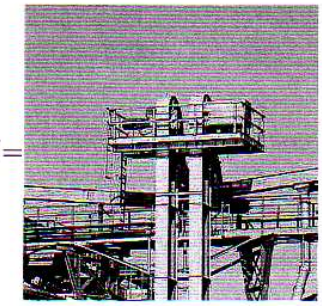
`y = log1p(x)`
computes log(1+x), compensating for the roundoff in 1+x.

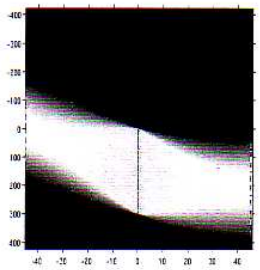
`B = medfilt2(A)`
performs median filtering of the matrix A using the default 3-by-3 neighborhood.

Binärbilder	Grauwertbilder	
A= 	B=	C= 
D= 	E= 	F=
G= 	H= 	I= 
J=	K=	L= 

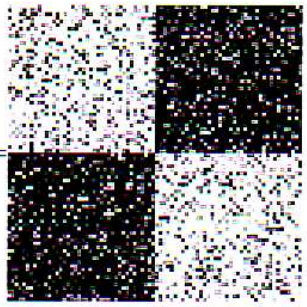
Grauwertbilder

M= 

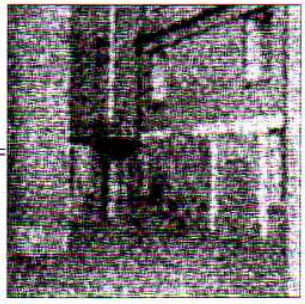
N= 

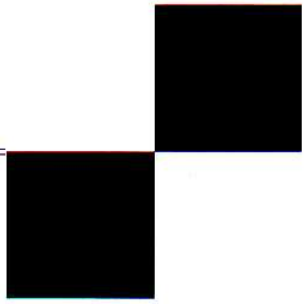
O= 

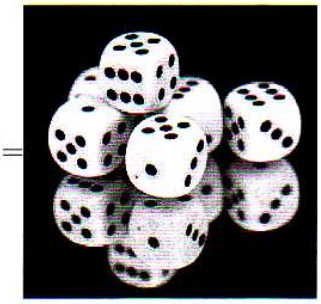
P=

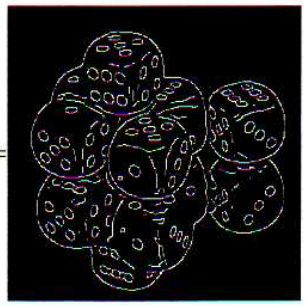
Q= 

R=

S= 

T= 

U= 

V= 

W=

X=

BV Teil II: Mathematisches Nachvollziehen (20)

In diesem Teil sollen Sie einfache Bildverarbeitungsoperationen numerisch nachvollziehen.
Bezeichne $M_1, M_2, \ldots M_7$ die 7 Ziffern Ihrer Matrikelnummer M.

1 Histogramm (10 P)

Ein 7×9 Pixel grosses Bild B hat 8 verschiedene Grauwerte. Sein Histogramm H(g) bestimmt sich

- aus den 7 Ziffern Ihrer Matrikelnummer $H(g) = M_g, \quad g = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.$
- Alle restlichen Pixel des Bildes sind 0.

Bestimmen Sie

1. das Histogramm $H(g), \quad g = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.$
2. den Mittelwert $\mu(B)$ des Bildes B(auf ganze Zahl gerundet).
   Kreuzen Sie das entsprechende Kästchen an.
3. den Median med(B) des Bildes B. Kreuzen Sie das entsprechende Kästchen an.
4. das auf 4 Grauwerte $0, 1, 2, 3$ äqualisierte Histogramm H_4 (gerundet und ohne Aufteilen der Bins), mit $H_4(0) = H(0)$, wenn $H(0) > 16$.
5. die Varianz σ^2 des Bildes B_4 nach Histogrammäqualisierung H_4.
   Kreuzen Sie das Kästchen $[a, b)$ mit $a \leq \sigma^2 < b$ an.

g	0	1	2	3	4	5	6	7
$H(g)$								
$\mu(B)$	0	1	2	3	4	5	6	7
med(B)	0	1	2	3	4	5	6	7
$H_4(g)$					X	X	X	X
$\sigma^2(B_4)$	$(-\infty, 0)$	$[0.0, 1.0)$	$[1, 1.25)$	$[1.25, 1.5)$	$[1.5, 1.75)$	$[1.75, 2)$	$[2.0, 3.0)$	$[3, \infty)$

2 Glätten und Kanten erkennen (10 P)

Eine typische Bildverarbeitungssequenz besteht aus einer Glättung zur Reduktion der Störung und einer darauffolgenden Kantendetektion. In diesem Beispiel beschränken wir uns auf eine Bildzeile I, auf die die beiden Operationen angewandt werden. Das Ergebnis und einige Pixel der Eingabe sind bekannt. Ihre Aufgabe besteht darin, die unbekannten Werte der Eingabe (I) und des Zwischenergebnisses (S) zu rekonstruieren.

1. Das geglättete Bild $S(1:8)$ entsteht durch Faltung des Eingabebildes $I(1:10)$ mit dem normierten, drei Pixel grossen Mittelwertfilter: $S = I * (\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3})$. Randpixel werden weggelassen.
2. Das Kantenbild $E(1:7)$ ist die diskrete Ableitung von S: $E = S * (-1, +1)$. Randpixel werden weggelassen.
3. Sei $m = \text{med}(M)$ der Median und $k = \min(M)$ die kleinste der 7 Ziffern Ihrer Matrikelnummer. Sei weiters $f = m - k + 1$ ein Skalierungsfaktor.
4. Die 7 Pixel nach der Kantenerkennung (E) entsprechen den 7 Ziffern Ihrer Matrikelnummer abzüglich des Medians: $E(i) = M_i - m, i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$.
5. Ausserdem sind drei Werte des Eingabebildes bekannt: $I(1) = 9 \cdot f, I(5) = I(9) = 6 \cdot f$.
6. Bestimmen Sie die fehlenden Werte von I und S, die die Operationen von Punkt (1.) und (2.) erfüllen. Beachten Sie, dass die Faltung assoziativ ist!

Formel	Bildzeile										Begründung/Formel
$I(1:10) =$	$9 \cdot f$				$6 \cdot f$				$6 \cdot f$		.....
$S = I * (\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3})$											
$S(1:8) =$											.....
$E = S * (-1, 1)$											
$E(1:7) =$	$M_1 - m$	$M_2 - m$	$M_3 - m$	$M_4 - m$	$M_5 - m$	$M_6 - m$	$M_7 - m$				.....