

# UNIVERSITETET I OSLO

## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i :           INF2310 — Digital bildebehandling

Eksamensdag :       Tirsdag 4. juni 2013

Tid for eksamen :    09:00 – 13:00

Oppgavesettet er på : **7 sider**

Vedlegg :            **Ingen**

Tillatte hjelpemidler: **Ingen**

- Det er **7** oppgaver i dette oppgavesettet.
- Les gjennom hele oppgavesettet før du begynner å løse oppgavene. Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare det. Dersom du savner opplysninger i en oppgave, kan du selv legge dine egne forutsetninger til grunn og gjøre rimelige antagelser, så lenge de ikke bryter med oppgavens "ånd". Gjør i såfall rede for forutsetningene og antagelsene du gjør.
- Det er tilsammen 19 deloppgaver. **Hvert deloppgaver teller like mye.** Det lønner seg derfor å disponere tiden slik at man får besvart alle oppgavene. Hvis du står fast på en deloppgave, gå videre slik at du får gitt et kort svar på alle oppgavene.
- **Alle svar skal begrunnes.** Gjør rede for bruken av eventuelle teoremer, prinsipper eller forutsetninger slik at en tredjeperson kan følge dine resonnerer.

## 1. Histogramtransform

Anta at vi har følgende 4 x 5 piksels gråtonebilde med en 3 biters gråtoneskala:

4	5	3	2	1
3	2	5	3	2
0	1	1	6	4
0	0	0	1	7

- Skisser histogrammet,  $h(i)$ , til bildet, og det normaliserte histogrammet,  $p(i)$ .
- Forklar hvordan vi finner gråtonetransformen som histogramutjevner et bilde som har normalisert histogram  $p(i)$ , og hvordan histogramutjevningen utføres. Vis resultatet av histogramutjevningen av bildet ovenfor.
- Vil en histogramutjevning påvirke entropien til et gråtonebilde ? Forklar !

## 2. Lavpassfiltrering

I denne oppgaven skal du lavpassfiltrere følgende 5x5-bilde:

1	0	0	1	1
2	3	2	2	0
0	0	7	5	7
3	2	5	7	5
3	2	5	7	6

Når vi ber deg utføre en filtrering, så trenger du bare å beregne responsen for de pikslene der hele filteret overlapper med bildet.

- Median-filtrer bildet ved bruk av et sentrert 3x3-naboskap. Vis hvordan du går frem for å finne responsene!
- I *K Nearest Neighbour*-filtrering er responsen i piksel  $(x,y)$  gitt som middelverdien av de  $K$  pikslene i naboskapet rundt  $(x,y)$  som «ligner mest» på  $(x,y)$  i pikselverdi, der vi med «ligner mest» mener at absoluttverdien av differansen er minst mulig. Merk at  $(x,y)$  kan være sin egen nabo.

Gjør en *K Nearest Neighbour*-filtrering av bildet ved bruk av et sentrert 3x3-naboskap og  $K=4$ . Vis hvordan du går frem for å finne responsene!

- Generelt sett, hvordan påvirker parameteren  $K$  resultatet av en *K Nearest Neighbour*-filtrering?

### 3. Fourier-transform

a) Hvilken frekvens har følgende 4x8-cosinus-bilde? Forklar!

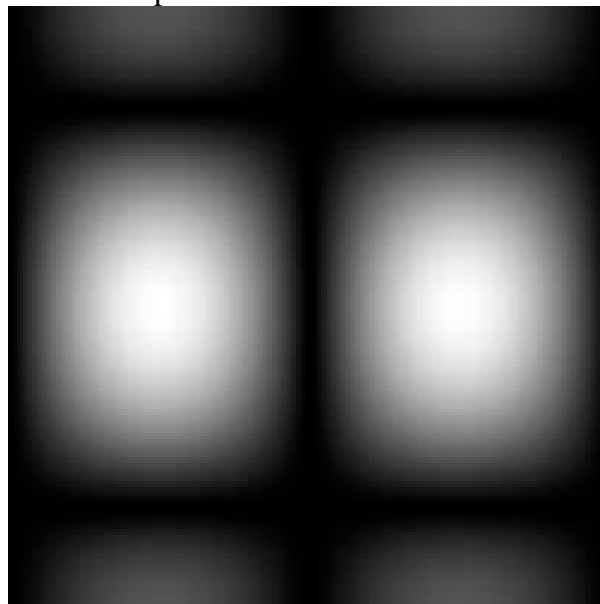
1	0	-1	0	1	0	-1	0
1	0	-1	0	1	0	-1	0
1	0	-1	0	1	0	-1	0
1	0	-1	0	1	0	-1	0

Angi frekvensen ved bruk av nullindeksering, d.v.s. slik at frekvensen til DC-komponenten er (0,0).

b) Beregn koeffisienten til den todimensjonale diskrete Fourier-transformen (DFT) av følgende bilde for en frekvens (u,v) der  $0 \leq u \leq 3$  og  $0 \leq v \leq 7$ :

3	2	3	3	1	2	2	2
3	0	3	1	3	0	3	0
0	1	0	3	3	3	2	2
3	2	3	0	3	3	1	0

c) Bildet under viser Fourier-spekteret til et 3x3-konvolusjonsfilter etter nullutvidelse til 200x200 for fremvisning. Fourier-spekteret er vist slik at DC-, eller (0,0)-frekvensen, ligger midt i bildet. 0 er visualisert som svart og maksimalverdien i Fourier-spekteret er visualisert som hvit.



Hvilket kjent 3x3-konvolusjonsfilter har dette Fourier-spekteret? Forklar!  
Hva vil dette filteret gjøre med et bilde dersom bildet konvolveres med filteret?

## 4. Kompresjon og koding

I denne oppgaven skal vi komprimere følgende sekvens av 42 symboler:

bcbcaaabcacbbcacaaabcbbaabcbcacabacabaabcb

Symbolsekvensen består av 15 «a»-er, 14 «b»-er og 13 «c»-er.

- a) Finn en Huffman-kodebok for symbolsekvensen.  
Hvor mange biter vil vi bruke på å kode symbolsekvensen med Huffman-koding dersom vi ser bort fra den plassen som trengs for å lagre kodeboken?

- b) Finn Lempel-Ziv-Welch (LZW) koden for symbolsekvensen når sender og mottaker er enig om å bruke alfabetet {a, b, c}.  
Den initielle listen til både LZW-senderen og LZW-mottakeren er altså:

LZW-kode	Symbolsekvens
0	a
1	b
2	c

Hvor mange biter vil vi bruke på å lagre LZW-koden av symbolsekvensen dersom vi lagrer LZW-kodene ved bruk av naturlig binærkoding?

Tips: LZW-koden av symbolsekvensen vil inneholde flere LZW-koder som hver representerer en del av symbolsekvensen.

Tips: Etter LZW-koding av hele symbolsekvensen vil LZW-senderens liste bestå av 16 symbolsekvenser (med tilhørende LZW-koder).

- c) Gjennomsnittlig antall biter per symbol etter Huffman-koding av symbolsekvensen er omtrent 1,64 og gjennomsnittlig antall biter per symbol etter LZW-koding av symbolsekvensen er omtrent 1,33.  
Entropien til symbolsekvensen er 1,58.

Hva angir entropien til symbolsekvensen?

Vil alltid det gjennomsnittlige bitforbruket per symbol etter Huffman-koding være større eller lik entropien? Forklar!

Vil alltid det gjennomsnittlige bitforbruket per symbol etter LZW-koding være mindre eller lik entropien? Forklar!

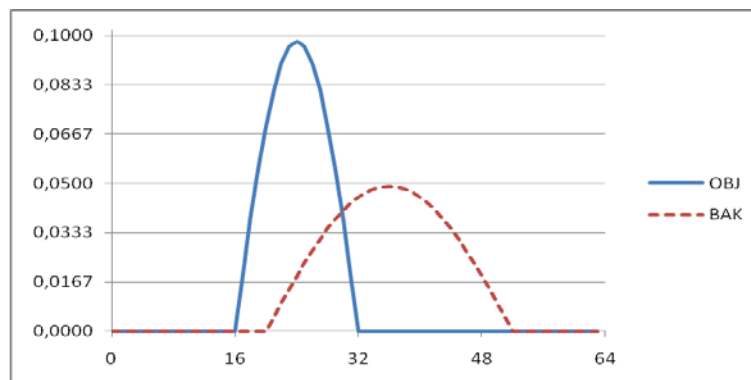
Vi ser fortsatt bort fra den plassen som trengs for å lagre Huffman-kodeboken og antar fortsatt at vi lagrer LZW-kodene ved bruk av naturlig binærkoding.

## 5. Segmentering ved terskling

Anta at de normaliserte gråtone-histogrammene til objekt og bakgrunn i et analogt bilde er gitt ved

$$p(z) = \begin{cases} \frac{\pi}{4a} \cos\left[\frac{(z-\mu)\pi}{2a}\right] & \text{for } (\mu-a) \leq z \leq (\mu+a) \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$$

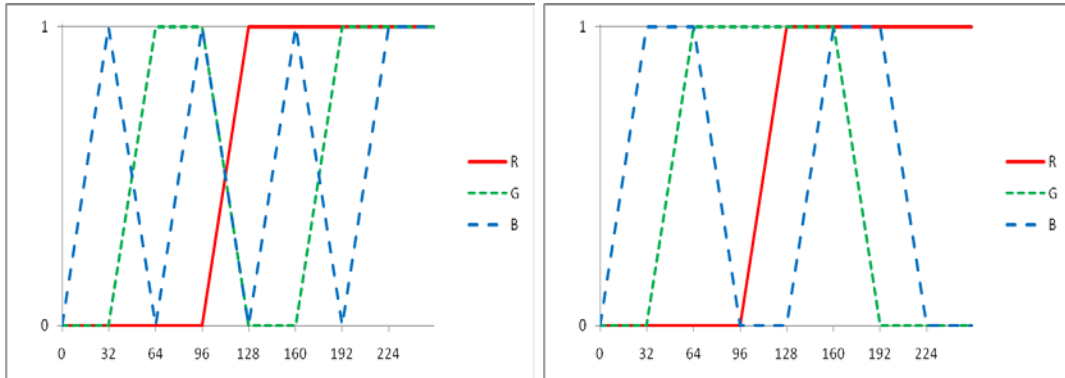
Med parametrene  $a = 8$ ,  $\mu = 24$  for objekt og  $a = 16$ ,  $\mu = 36$  for bakgrunn ser histogrammene slik ut:



- Med *a priori* sannsynlighet for objekt  $O = 1/3$ , tegn en skisse som viser de to fordelingene skalert med *a priori* sannsynlighet. Forklar resonnetet!
- Med den samme *a priori* sannsynlighet som er gitt i forrige del-oppgave, finn den terskelverdien  $T$  som vil gi minst total feil. Vis hvordan du gjør dette.
- Anta at du terskler med den terskelverdien du nettopp har funnet. Vis hvordan du kan finne andelen feilklassifiserte objektpiksler.  
Hint: Den deriverte av  $\sin(x)$  er  $\cos(x)$ , og  $\sin(\pi/4) = 0.5\sqrt{2}$ .

## 6. Fargetabeller

Et 8 biters gråtonebilde vises fram med to RGB pseudofargetabeller der R, G og B-komponentene er som vist i de to figurene nedenfor, der mengden av hver fargekomponent er normalisert slik at den ligger mellom 0 og 1.



- a) Hvis du tegner en RGB-kube, hvilke deler av RGB-kuben vil fargetabellene dekke når gråtonen  $z$  går fra 0 til 255? Illustrer med to figurer!
- b) Hvor mange og hvilke gråtoner i innbildet vil bli vist fram som gråtoner når vi benytter hver av disse to fargetabellene? Forklar!

## 7. Morfologisk åpning

- a) Hva er morfologisk åpning og hva kan det brukes til?
- b) Skisser ut-bildet etter å morfologisk åpne bildet under med strukturelementet under. Vektlegg å få frem hvordan ut-bildet skiller seg fra inn-bildet. Hvis ønskelig kan du bruke ord og piler til å forklare skissen.



Et binært bilde.

Hvit angir forgrunns piksel, svart angir bakgrunns piksel.



Et sirkulært strukturelement.

Hvit angir med i strukturelementet, svart angir ikke med i strukturelementet.

Strukturelementets origo er senterpunktet til sirkelen.

Du kan anta at diameteren til det sirkulære strukturelementet er mindre enn bredden av den tynneste delen i tegnene.

*LYKKE TIL !*