

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i : INF2310 — Digital bildebehandling

Eksamensdag : Onsdag 1. juni 2011

Tid for eksamen : 14:30 – 18:30

Oppgavesettet er på : **5 sider**

Vedlegg : **Ingen**

Tillatte hjelpemidler: **Ingen**

- Det er 7 oppgaver i dette oppgavesettet.
- Poengsummen for hver oppgave er angitt, og du kan maksimalt få 200 poeng.
- Les gjennom hele oppgavesettet før du begynner å løse oppgaven. Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare det. Dersom du savner opplysninger i oppgaven, 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 23 delspørsmål, og det lønner seg å disponere tiden slik at man får besvart alle oppgavene. Hvis dere står fast på enkeltoppgaver, gå videre slik at dere får gitt et kort svar på alle oppgaver.
- **Alle svar skal begrunnes.** Gjør rede for bruken av eventuelle teoremer, prinsipper eller forutsetninger slik at en tredjeperson kan følge dine resonnerer.
- Dette oppgavesettet foreligger på bokmål, nynorsk og engelsk. Dersom du er usikker på fagtermene som er brukt i den norske oppgaveteksten – siden læreboka er på engelsk - kan du be eksamensvaktene om å få også den engelske oppgaveteksten.

1. Sampling og geometrisk transform (20 poeng)

Anta at vi har et samplet bilde med samplingsfrekvens f_s . (Samplingsfrekvensen er lik langs både x- og y-aksen i bildet.) Ved å studere bildets spekter ser vi at det er betydelig bidrag også i de høyeste frekvensområdene.

- a) Hva er den høyeste romlige frekvensen det kan være i bildet?

Det blir så benyttet følgende geometriske transform på det samlede bildet:

$$x' = cx$$

$$y' = cy$$

der c er en positiv konstant, x og y er koordinatene i «innbildet» og x' og y' er de transformerte koordinatene, og det benyttes en «vanlig» resampling ved baklengs transform.

- b) For hvilke verdier av c vil vi unngå å introdusere aliasingfeil som følge av den geometriske transformen?
- c) Anta at $c = 1/4$ i transformen over. Uttrykk den nye, effektive, samplingsraten etter transformen ved f_s .
- d) Hvilken operasjon ville du benyttet på bildet før den geometriske transformen for å redusere aliasingproblemene?

2. Fourier-transform (20 poeng)

- a) Hva menes med at et bilde er representert i frekvensdomenet?
- b) Man sier ofte at et alternativ til å utføre en konvolusjonsfiltrering direkte i det romlige domenet, er å gjøre den i frekvensdomenet. Forklar hva som menes med dette utsagnet, og forklar hvilket teorem som er sentralt.

3. Konvolusjons-operatorer (30 poeng)

Et par av konvolusjonsfiltre $H = (H_1, H_2)$ er definert ved

$$H_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ x & 0 & -x \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}, \quad H_2 \text{ er } H_1 \text{ rotert } \frac{\pi}{2} \text{ mot urviseren}$$

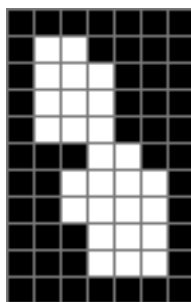
- Forklar hva slags konvolusjons-operator dette filterparet er for $x = 1$, hva den brukes til, og de viktigste ligningene som beskriver hvordan den brukes.
- Hvilken kjent konvolusjons-operator får vi ved å sette $x = 2$ og deretter konvolvere et bilde med operatoren $L_1 = H_1 * H_1 + H_2 * H_2$, der $*$ betegner konvolusjon?
- Vi gjør en syklisk ombytting av filterkoeffisientene i (H_1, H_2) , og danner filterparet $R = (R_1, R_2)$, gitt ved

$$R_1 = \begin{bmatrix} x & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -x \end{bmatrix}, \quad R_2 = R_1^T$$

Deretter lager vi operatoren $L_2 = R_1 * R_1 + R_2 * R_2$, der $*$ betegner konvolusjon. Vis at $x = \sqrt{2}$ vil gi $L_2 = L_1$.

4. Morfologiske operasjoner på binære bilder (20 poeng)

La hvitt være 1 og svart være 0 i bildet under. Anta at vi benytter et 3x3 kvadratisk strukturelement med origo i midten.



- Hva vil slutt-resultatet være ved gjentatte morfologiske erosjoner?
- Utfør og vis resultatet av en morfologisk åpning. (Morfologisk åpning er morfologisk erosjon etterfulgt av morfologisk dilasjon.)
- Hvis man etter en segmentering satt igjen med et binært bilde hvor objektene hadde litt rufsete kanter og små, uønskede hull spredt rundt omkring, hvilke morfologiske operasjoner ville du da benyttet for å "rengjøre" bildet?

5. Kompresjon, koding og filtrering (40 poeng)

Gitt et 5 x 5 utsnitt av et 3 bits gråtonebilde med pikselverdier

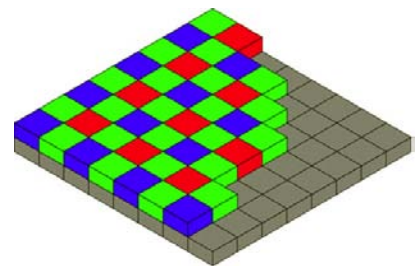
4	2	1	2	2
2	1	3	2	2
2	3	5	5	6
2	1	5	5	6
2	2	6	6	6

- Vis hvordan du vil gå fram for å Huffman-kode dette bildet, og finn det gjennomsnittlige antall biter per piksel, R , i det kodede bildet.
- "I dette bildeutsnittet er kodingsredundansen 0.0595"
Hva mener vi når vi sier dette?
Hva skal til for at kodingsredundansen for Huffman-koding skal bli 0?
- Anvend et 3x3 kvadratisk medianfilter på bildeutsnittet. Ut-bildet skal her være like stort som inn-bildet. Du må altså finne medianen også når filtermasken bare dekker deler av bildeutsnittet. Hvis antall bildepiksler under filtermasken er et partall, så er medianen snittet av de to pikselverdiene midt i den sorterte sekvensen.
Hva blir ut-bildet?
- Kan en slik median-filtrering påvirke kompresjonsraten i Huffman-koding av et bilde? Forklar kort!
- Hvis vi har et perfekt histogramutjevnet bilde med 2^b gråtoner, er det da noe poeng i å Huffman-kode bildet? Forklar kort!

6. Farger og fargetabeller (40 poeng)

I de fleste digital-kameraer sitter det en sensor som er basert på Bryce Bayers patent fra 1976. Her er det tatt hensyn til at synssystemet vårt er mer følsomt for grønt lys enn for rødt og blått.

I et 8 x 8 piksel utsnitt av en slik detektor registrerer 50% av pikslene grønt lys, mens 25% registrerer blått og 25% rødt, i et "Bayer-mønster" som vist på figuren til høyre.



- Hvis R og B lagres med 4 biter per piksel og G med 8 biter per piksel i dette såkalte "rå-formatet", hvor mange biter må vi da lagre for hvert 8x8 "Bayer-mønster"?
- Detektoren måler intensiteten i blått og rødt bare i $\frac{1}{4}$ av pikslene. Beskriv minst to metoder vi kan bruke for å rekonstruere den blå og røde komponenten i resten av pikslene.

- c) Anta at det rekonstruerte RGB-bildet er lagret med 6 bit rød + 6 bit grønn + 4 bit blå, altså til sammen 16 biter per piksel. Hvor mange forskjellige rene gråtoner kan det maksimalt være i et slikt bilde?
- d) En produsent sier at "Vi har en meget god rekonstruksjon, og bruker en LUT med $2^{16} = 65\,536$ mulige farger i hvert piksel, og LUT'en gir 24 bits RGB i hvert eneste piksel".
Hvor mange Byte trengs da for å lagre et 8×8 piksels utsnitt av bildet, og hvor stor plass tar LUT'en, uttrykt i MiB (1024×1024 Byte = 2^{20} Byte)?

7. Segmentering ved terskling (30 poeng)

Et 20×20 piksler gråtonebilde har en bakgrunnsintensitet som stiger fra øvre venstre hjørne mot nedre høyre hjørne. Midt i bildet ligger et 10×10 piksler objekt der intensiteten stiger i motsatt retning. Pikselverdiene er gitt nedenfor, og objektet er markert.

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
7	8	9	10	11	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	22	23	24	25	26
8	9	10	11	12	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	23	24	25	26	27
9	10	11	12	13	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	24	25	26	27	28
10	11	12	13	14	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	25	26	27	28	29
11	12	13	14	15	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	26	27	28	29	30
12	13	14	15	16	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	27	28	29	30	31
13	14	15	16	17	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	28	29	30	31	32
14	15	16	17	18	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	29	30	31	32	33
15	16	17	18	19	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	30	31	32	33	34
16	17	18	19	20	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	31	32	33	34	35
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40

- a) Tegn tre skisser: en skisse av bakgrunns- og objekthistogrammet, en skisse av de normaliserte histogrammene for bakgrunn og objekt, og en skisse av de normaliserte histogrammene skalert med *a priori* sannsynlighetene.
Pass på å sette riktige verdier på aksene!
- b) Forklar kort hvordan vi kommer fram til en ligning som viser hvordan man generelt finner optimal terskelverdi. Bruk en av skissene ovenfor til å finne den terskelen som gir minst mulig feil ved segmentering av dette bildet, og marker i en skisse av bildet hvilke piksler som etter tersklingen er objektpiksler.

LYKKE TIL !