Bokmål

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i :	INF2310 — Digital bildebehandling
Eksamensdag :	Tirsdag 19. mars 2013
Tid for eksamen :	15:00 – 19:00
Oppgavesettet er på :	**5 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 21 delspørsmål, og det lønner seg å disponere tiden slik at man får besvart alle oppgavene. Hvis du står fast på enkeltoppgaver, gå videre slik at du 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 resonnementer.

1. Sampling og kvantisering

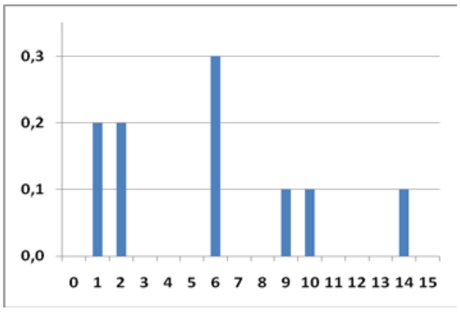
a) Anta at et avbildningssystem gir en punktspredningsfunksjon der avstanden fra maksimum til første minimum er 1/3 μm i bildeplanet. Vi skal altså kunne skille punktkilder som ligger 1/3 μm fra hverandre i det analoge bildet.
Hva er den minste samplingsraten (frekvensen) vi kan benytte ved digitaliseringen av dette bildet i følge samplingsteoremet,
og hvor store kan detektorene være? Vær presis med benevningene!

b) Hva mener vi med begrepene *aliasing*, *aliasing-frekvens* og *anti-aliasing*?

c) Istedenfor *bits* som kan lagre to verdier (0 og 1) kan vi ta i bruk *trits* som kan lagre tre verdier (-1, 0 og 1). På samme måte kan vi bruke en *tryte* = 6 *trits* istedenfor 1 *byte* = 8 *bits*.
Hvis vi i utgangspunktet har en *tryte* per piksel i et bilde, og så halverer antall *trits* per piksel, hvor mange kvantiseringsnivåer vil vi da miste?

2. Kvantisering og histogram

Anta at du har et 4-bits gråtonebilde med normalisert histogram som skissert til høyre.
Bildet inneholder en bakgrunn med to gråtoner og tre typer objekter.



a) Vi ønsker å rekvantisere bildet til 2 bits per piksel, det vil si til et bilde med 4 verdier fra 0 til 3.
Skisser den gråtonetransformen T(i) dette svarer til, og vis hvordan det normaliserte histogrammet til utbildet ville blitt.

b) Anta at originalbildet er 1024*1024 piksler, og at vi ikke benytter kompresjon. Hvor stor lagerplass tar da dette bildet, uttrykt i MiB?

c) Anta at du skal rekonstruere det rekvantiserte bildet til et 8 bits gråtonebilde. Hvilke verdier ville du brukt som rekonstruksjonsverdier for at bildets normaliserte histogram skal fylle gråtoneskalaen på omtrent samme måte som i original-bildet?

3. Interpolasjon og filtrering

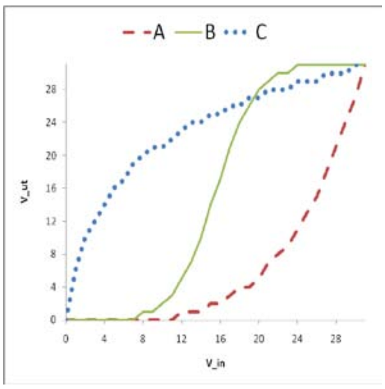
a) Gitt pikselverdiene i fire nabopiksler er f(0,0)=1, f(0,1)=3, f(1,0)=3, f(1,1)=9. Vi gjør bilineær interpolasjon for å finne en interpolert pikselverdi i punktet (x,y) = (0.25,0.25). Hvilken pikselverdi får vi? Vis hvordan du går fram.

b) En gitt baklengs geometrisk transform forskyver bildet ½ piksel i horisontal og vertikal retning, og bilineær interpolasjon benyttes til å finne nye pikselverdier. Deretter forskyves bildet tilbake, og igjen benyttes bilineær interpolasjon.
Hvilket konvolusjons-filter anvendt på det opprinnelige bildet gir samme resultat som denne fram-og-tilbake transformen med to bilineære interpolasjoner? Forklar!
(Du kan se bort fra problemer nær kanten av bildet).

c) Anta at forskyvningen fram og tilbake er gitt ved Δx = Δy = N + k, der N er et heltall ≥ 0, og ½ < k ≤1. Vil resultatbildet da bli skarpere eller mer uskarpt enn resultatet av de to forskyvningene i deloppgave b? Forklar!

4. Gråtonetransformer

I figuren til høyre er det gitt tre forskjellige gråtonetransformer, A, B og C.
Horisontal og vertikal akse i figuren er hhv gråtone i innbildet (i) og gråtone i utbildet (s).
Vi regner her med 5 bits gråtonebilder.



Ligningene for de tre transformene er i vilkårlig rekkefølge:

$L-1: \quad s = k\log(i+1); \quad k = \left(2^b - 1\right)/b$

$L-2: \quad s = a\, i^{\gamma}; \quad a = (2^b - 1)^{-3}, \quad \gamma = 4$

$L-3: \quad s = \left(2^b - 1\right)\left[1 + \tanh\left(d\left(i - T\right)\right)\right]/2; \quad d = \frac{1}{4}, \quad T = \left(2^b - 1\right)/2$

der b er antall bits og tanh(x) er en anti-symmetrisk sigmoid-funksjon som er lik 0 for x = 0, og som går mot -1 for negative x og +1 for positive x.

a) Hvilken effekt har transformene A, B og C på et gitt innbilde ?
Forklar resonnementene!

b) Hvilken ligning svarer til hvilken transformene A, B og C ?
Forklar resonnementene!

c) Hva blir effekten av å endre på parametrene γ, T og d ?
Forklar resonnementene!

5. Histogramtransformer

Anta at vi har følgende 4x5 gråtonebilde med en 3 bits gråtoneskala.

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

a) Finn det normaliserte histogrammet og det normaliserte kumulative histogrammet.

b) Vis hvordan du går fram for å utføre en histogramutjevning av dette bildet til et utbilde med bare 4 gråtoner fra gråtone 0 til gråtone 3. Vis også resultatbildet.

c) Beskriv en alternativ metode som gir et resultatbilde med flatt histogram for akkurat dette innbildet. Begrunn valget av metode. Vis resultatbilde og histogram, og sammenlign med resultatet av histogramutjevningen.

6. Kantdeteksjon med LoG-filtrering

Merk: Deloppgave a) og b) ber deg beregne konvolusjoner og majoriteten av poengene som gis til disse deloppgavene ligger i å utføre disse korrekt.

I denne oppgaven skal du finne kantskiller i følgende én-dimensjonale bilder:

f_1 =

0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

f_2 =

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

Det er to kantskiller for f_1 og ett kantskille for f_2. Alle tre kantskillene ligger midt mellom to piksler og er markert med ekstra fet cellekant i bildene over.

Til å finne kantskillene skal du bruke følgende én-dimensjonale Laplacian-of-Gaussian-filtre (LoG-filtre), også kalt LoG-operatorer:

h_1 =

-1	-2	6	-2	-1

h_2 =

-1	-2	-1	8	-1	-2	-1

h_3 =

-1	-1	-2	1	6	1	-2	-1	-1

Alle filtre er sentrert, d.v.s. at filterets senterpiksel er origo.

Når vi i denne oppgaven ber deg beregne en konvolusjon, så trenger du bare å beregne responsen for pikslene der bildet og filteret overlapper i alle posisjoner, d.v.s. de pikselene der hele filteret ligger innenfor bildet når filterets origo er plassert i pikselet man ønsker å beregne responsen for.

Når vi i denne oppgaven snakker om en *nullgjennomgang* i resultatet av en LoG-filtrering, så mener vi punktet midt mellom to nabo-piksler som har motsatt fortegn i resultatet av LoG-filtreringen og der begge LoG-responsene er ulik 0.

a) Beregn konvolusjonen av f_1 og hvert av filtrene h_1, h_2 og h_3, d.v.s. $f_1 * h_1$, $f_1 * h_2$ og $f_1 * h_3$, og angi nullgjennomgangene i hvert resultat av de tre filtreringene.

b) Beregn konvolusjonen av f_2 og hvert av filtrene h_1 og h_2, d.v.s. $f_2 * h_1$ og $f_2 * h_2$, og angi nullgjennomgangene i hvert resultat av de to filtreringene.

c) Drøft hvordan standardavviket til Gauss-funksjonen i et LoG-filter, som gir bredden av LoG-kjernen og antyder størrelsen av LoG-filteret, generelt sett bør velges for at nullgjennomgangene i resultatet av LoG-filtreringen skal gi alle og korrekte kantskiller for strukturer og ramper.

Bruk gjerne filtreringene fra deloppgave a) og b) som eksempler, men ikke begrens drøftingen til bare disse eksemplene.

7. Filtrering for deteksjon av horisontale kanter

a) Anta vi ønsker å fremheve horisontale kanter i et bilde ved å bruke et konvolusjonsfilter som tilnærmer den deriverte i vertikal retning, d.v.s. tilnærmer den partiell-deriverte med hensyn på variabelen til den vertikale aksen, x. Oppgi et slik konvolusjonsfilter og forklar hvordan det tilnærmer den deriverte i vertikal retning når det konvolveres med et bilde.

b) Beregn en mer støyrobust versjon av konvolusjonsfilteret du oppga i deloppgave a). Konvolusjonsfilter fra deloppgave a) skal inngå i beregningen og det mer støyrobuste filteret skal også være et konvolusjonsfilter.

c) Hvordan har vi lært at et Laplace-filter, også kalt en Laplace-operator, kan gjøres mer støyrobust? Hva kaller vi det resulterende konvolusjonsfilteret?

LYKKE TIL !