

Försättsblad till skriftlig tentamen vid Linköpings universitet



Datum för tentamen	2018-10-24
Sal (2)	<u>G35(18)</u> TER4(12)
Tid	8-12
Kurskod	TSBB31
Provkod	TEN1
Kursnamn/benämning Provnamn/benämning	Medicinska bilder Skriftlig tentamen
Institution	ISY
Antal uppgifter som ingår i tentamen	21
Jour/Kursansvarig Ange vem som besöker salen	Maria Magnusson, Maria.Magnusson@liu.se
Telefon under skrivtiden	281336, 073-804 38 67
Besöker salen ca klockan	9.00 och 10.50
Kursadministratör/kontaktperson (namn + tfnr + mailaddress)	Carina Lindström, 284423 Carina.E.Lindstrom@liu.se
Tillåtna hjälpmedel	1) Miniräknare 2) Blank OH-film 3) Medskickad formelsamling 4) Physics Handbook Endast markeringar (under- och överstrykningar) är tillåtna. Även små sidflikar (med något enstaka tecken på) är tillåtna. 5) Transformteori sammanfattning formler & lexikon (blå färg) 6) Lexikon, engelska-svenska
Övrigt	
Antal exemplar i påsen	

Anvisningar

Tentamen består av 6 delar om totalt 50p:

- Del 1: Grundläggande 2D signalbehandling (15p)
- Del 2: Röntgen och CT (10p)
- Del 3: Gamma-kamera, SPECT och PET (11p)
- Del 4: Viktiga mätvärden och dess beräkning (2p)
- Del 5: Ultraljud (4p)
- Del 6: MRI (8p)

Notera att Del 1-6 har mycket gemensamt. Ibland kan en fråga passa in på flera ställen.

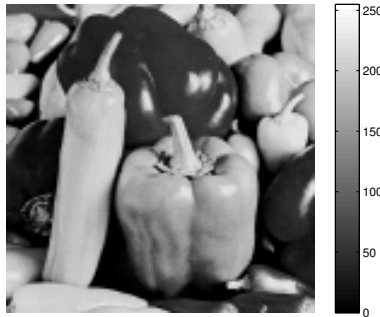
Ibland går det bra att svara direkt i tentamen. Ibland får man svara på lösblad. Det går bra att svara på flera frågor på ett lösblad. Skriv dock bara på ena sidan.

Betygsgränser:

- 3:a 21-30p
- 4:a 31-40p
- 3:a 41-50p

DEL 1: Grundläggande 2D signalbehandling

Uppgift 1 (6p)



Ovan visas en originalbild. Nedan visas resultatet av faltning med 6 olika faltningsskärnor på originalbilden.

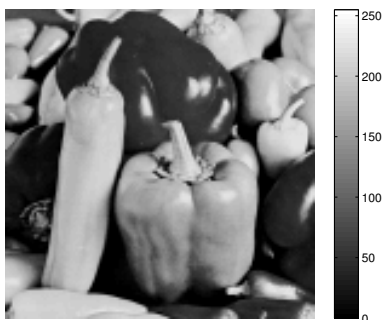
a)



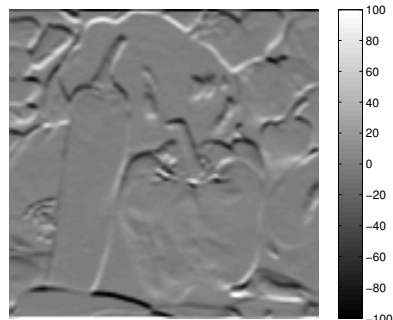
b)

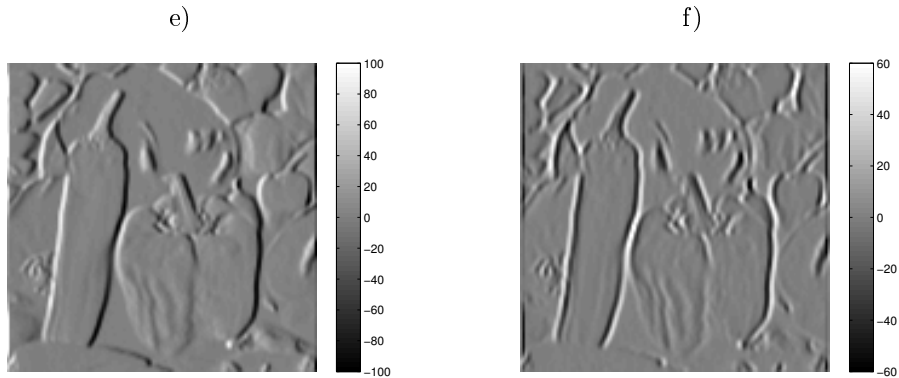


c)



d)





De olika faltningkärnorna är

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} / 16, \quad B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} / 8, \quad C = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} / 8, \quad D = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$E = A * A * A$ och $F = B * B$.

Para ihop rätt bild med rätt faltningkärna. För att få poäng måste du även ge en kort korrekt motivation till vart och ett av dina val.

Uppgift 2 (2p) Visa hur faltningkärnan $F = B * B$ (i föregående uppgift) ser ut efter ihopfaltning.

Uppgift 3 (4p) Se nedanstående faltningkärna. Centrum är markerat med fet stil.

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

a) Beräkna den *kontinuerliga* fouriertransformen $F(u, v)$ av faltningkärnan.

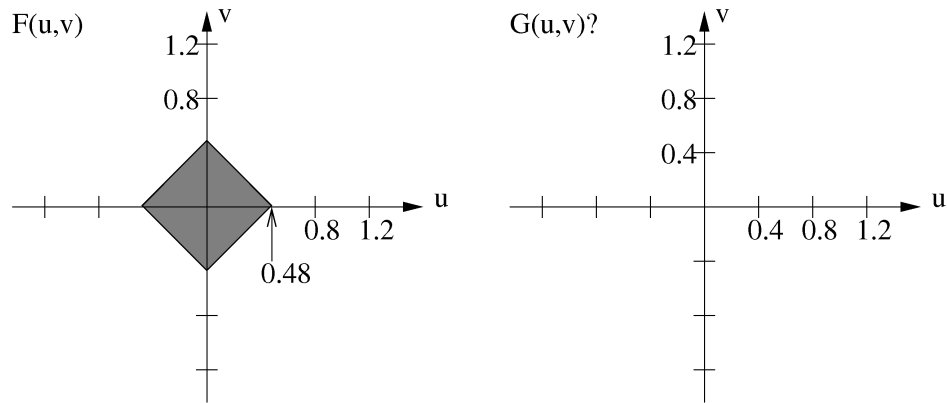
Ledning: Sätt en dirac-puls på varje sampelpunkt och antag samplingsavståndet Δ , kalla resultatet $f(x, y)$.

b) Beräkna den symmetriska *diskreta* fouriertransformen (DFT) av faltningkärnan. Kalla den $F[k, l]$. Låt storlekarna M och N vara fria variabler.

Uppgift 4 (3p) Funktionen $f(x, y)$ har en 2D fouriertransform $F(u, v)$ som visas i figuren nedan till vänster. $F(u, v) \neq 0$ i den skuggade arean och $F(u, v) = 0$ utanför den skuggade arean. Funktionen $f(x, y)$ samplas med ett 2D impuls-tåg till

$$g(x, y) = f(x, y) \cdot \sum_n \delta(x - 1.25 \cdot n) \cdot \sum_m \delta(y - 1.25 \cdot m),$$

dvs samplingsavståndet är $\Delta = 1.25$ i båda riktningarna.



- Skissa $G(u, v)$ i (u, v) -planet ovan till höger! Fick du någon vinkningsdistorsion? Markera i så fall ett sådant ställe med en pil!
- Vid vilka samplingsavstånd Δ undviker man vinkningsdistorsion?

DEL 2: Röntgen och CT

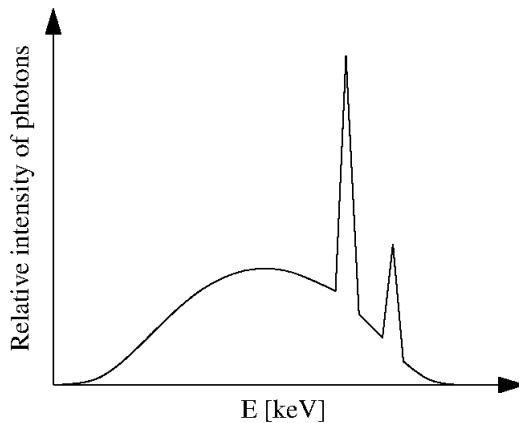
Uppgift 5 (2p) Algoritmen för fanbeam filtrerad återprojektion är:

- Tag fanbeam-projektioner: $R_\beta(\gamma)$.
- Utför förviktning: $R'_\beta(\gamma) = R_\beta(\gamma) \cdot D \cos \gamma$.
- Utför ramp-filtrering.
- Utför återprojektion längs fanbeamstrålarna.

Hur förändras algoritmen om man gör rebinning? Komplettera listan nedan!

- Tag fanbeam-projektioner: $R_\beta(\gamma)$.
- ...
- ...
- ...

Uppgift 6 (2p) Ett 80kV röntgenrör ger nedanstående spektrum. Hur förändras formen på spektrum när röntgenstålarna har passerat ett objekt, t ex en människokropp? Och vad kallas fenomenet? Skissa gärna i figuren!

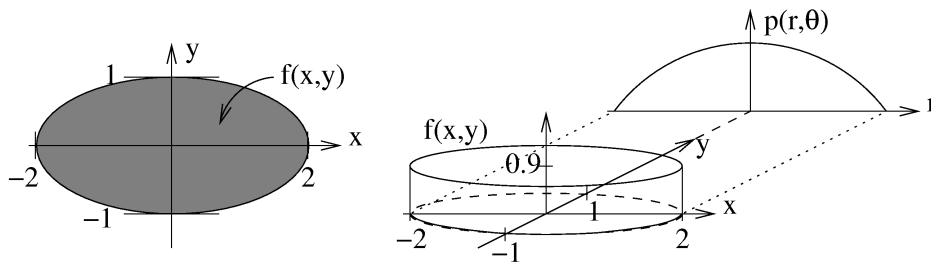


Uppgift 7 (3p) En ellipsformad box $f(x, y)$ visas dels ovanifrån och dels som 3D-skiss nedan. Dess matematiska formel är

$$f(x, y) = \begin{cases} 0.9, & (x/2)^2 + y^2 \leq 1, \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

a) Projektionen för $\theta = 0$ är illustrerad i figuren. Beräkna den!

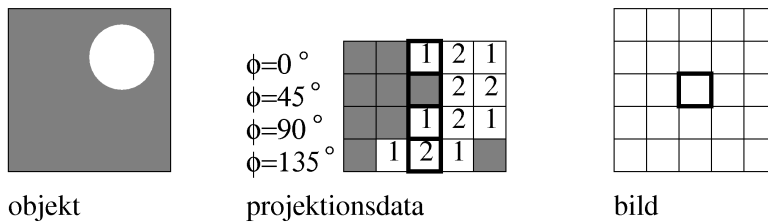
$$p(r, 0) = p(x, 0) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) dy.$$



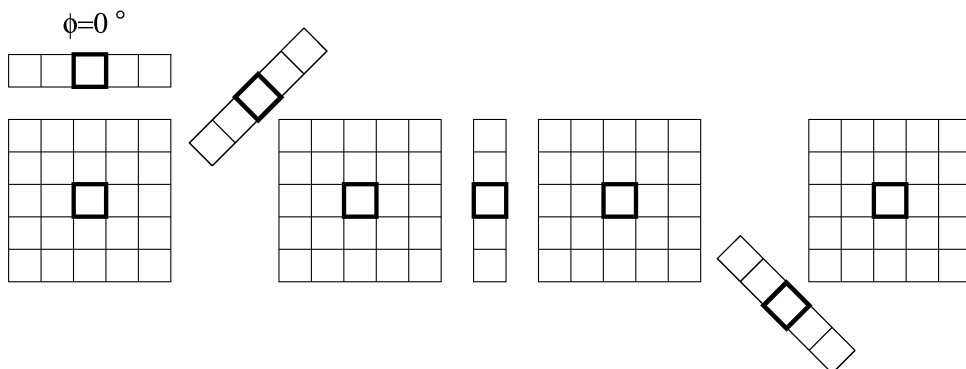
b) Beräkna också projektionen för $\theta = \pi/2$,

$$p(r, \pi/2) = p(y, 0) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) (-dx) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) dx.$$

Uppgift 8 (3p) Figuren nedan visar ett objekt, och dess projektionsdata för fyra olika riktningar och en tom bild. Du ska nu beräkna parallell återprojektion av dessa projektionsdata på bilden. Använd närmsta granne interpolation. Centrum på bilden och centrum på projektionsdata är markerade med en tjock ram. Grå färg indikerar värde 0. Samplingsavstånden i bild och projektionsdata är lika.



a) Presentera mellanresultat nedan, där du får lite hjälp med geometrin.



- b) Fyll i det slutliga resultatet i bilden "bild" ovan.
- c) Eftersom vi här har underlåtit att använda rampfiltret, överensstämmer inte bild och objekt så bra. Projektion-återprojektion av ett objekt ger en bild där objektet är faltad med en viss funktion. Beskriv hur denna funktion ser ut.

DEL 3: Gamma-kamera, SPECT och PET

Uppgift 9 (2p) På SPECT-laboration använde vi bilder från en CT-SPECT. Utgående från SPECT-bilderna kunde man se stor skillnad på lungor från friska och patienter med sjukdomen KOL. Men vad hade vi för nytta av CT-bilderna?

Uppgift 10 (2p) Iterativ rekonstruktion med ML-EM algoritmen (eller hellre OS-EM) ger bättre bildkvalitet än filtrerad återprojektion. Det gäller att

$$f_i^{k+1} = \frac{f_i^k}{\sum_{j=1}^m A_{ji}} \sum_{j=1}^m A_{ji} \frac{p_j}{\sum_{i'=1}^m A_{ji'} \cdot f_{i'}^k},$$

där f_i är en pixel i bilden, A_{ji} är en stor $m \times n$ -matris, som bestämmer vilka pixlar f_i , som korresponderar mot ett visst uppmätt projektionsvärde p_j .

ML-EM algoritmen har numera nästan helt ersatt filtrerad återprojektion för SPECT. En orsak är att tre olika typer av störningar kan inkluderas i (och kompenseras för i) ML-EM algoritmen. Nämn minst två av dessa störningar. OBS: Svaret Poissonbrus efterfrågas inte här.

Uppgift 11 (3p) Vilken våglängd har den elektromagnetiska strålning som bildas vid PET? Beräkna ett värde i enheten [m]. Vilken typ av strålning är detta om man jämför med figuren?

Ledning:

Elektronens massa: $9.109 \cdot 10^{-31}$ kg

Elektronens laddning: $-1.602 \cdot 10^{-19}$ C

Plancks konstant: $h = 6.6261 \cdot 10^{-34}$ Js

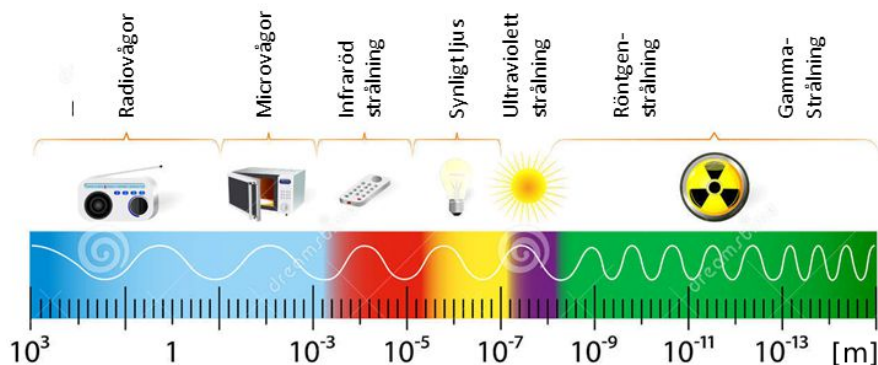
$$E = m \cdot c^2$$

$$E = h \cdot \nu$$

$$c = \lambda \cdot \nu$$

Ps: All information kanske inte behövs...

ELEKTROMAGNETISKT SPEKTRUM



Uppgift 12 (2p) PET-rekonstruktion kan göras på enklaste vis med vanlig filtrerad återprojektion, men resultatet blir ofta inte så bra. En orsak är att man då ignorerar PET-fotonernas dämpning på deras väg genom kroppen. Om man kompenserar för denna attenuering blir resultatet bättre. Hur gör man för att praktiskt mäta denna attenuering?

Uppgift 13 (2p) I SPECT använder man kollimatorer/blysepta. Deras funktion är delvis att stoppa spridd strålning (scatter). Men deras viktigaste funktion är en annan. Vilken?

DEL 4: Viktiga mätvärden och dess beräkning

Uppgift 14 (2p) Enligt matematisk statistik ges medelvärdet m och standardavvikelsen s av ett stickprov av

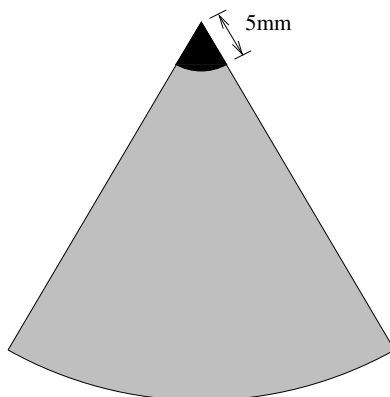
$$m = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N f_n,$$
$$s = \sqrt{\frac{N}{N-1} \left(\left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N f_n^2 \right] - m^2 \right)}.$$

Inom bildbehandlingen/bildanalysen kan vi använda dessa formler för beräkning av medelvärde och standardavvikelse i lokala omgivningar av bilden. Se nedanstående del av en bild. Det är en centumpixel (markerad med fet stil) med tillhörande omgivning. Beräkna m och s för centumpixeln.

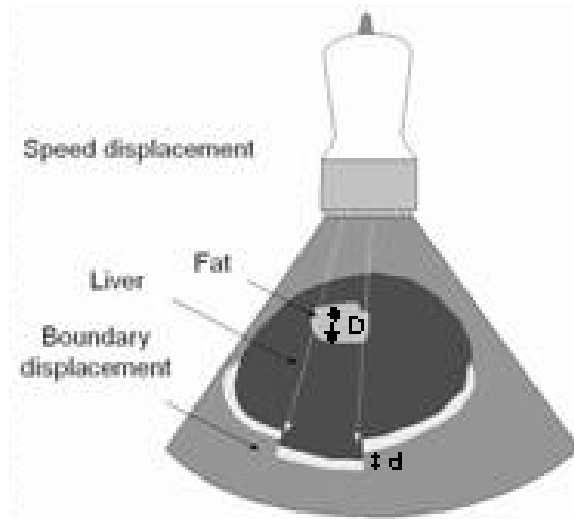
2	1	0	1	0
0	1	2	1	2
1	1	2	0	1
0	1	0	1	0
2	1	2	1	2

DEL 5: Ultraljud

Uppgift 15 (2p) En ultraljudsbild har formen av den grå ytan, se nedan. Varför kan man inte skapa en bild i den svarta ytan? (Antag att ultraljudskristallen ligger mycket nära huden, ca 1 mm, så det är inte orsaken.)



Uppgift 16 (2p) Ljudhastigheten i fett är något lägre än för annan mjuk vävnad. Detta innebär att vi kan få en förskjutning i ultraljudsbilden för de områden som skuggas av fettrik vävnad. I bilden ser vi att ett exempel på detta där en fettansamling med tjockleken D i levern ger upphov till en förskjutning med avståndet d i den underliggande gränsytan. Beräkna hur stor d blir om vi vet att tjockleken på fettansamlingen är $D = 11$ mm. Räkna med att ljudhastigheten i fett är $v_f = 1450$ m/s. I övrig mjuk vävnad är ljudhastigheten $v_0 = 1500$ m/s.
Ledning: Du behöver använda den vanliga formeln $s = v \cdot t$.



DEL 6: MRI

Uppgift 17 (2p) I MR samplar man en volym genom att sampla en slice i taget. Vilka faktorer (i magnetkameran) bestämmer tjockleken på slicen?

Uppgift 18 (1p) Varför har olika vävnadstyper (såsom vit och grå hjärnsubstans) olika intensitet i en MR-bild?

Uppgift 19 (1p) Oftast samplas bara halva k-space, för att snabba upp datainsamlingen. Vad behöver man anta om signalen i spatialdomänen för att det ska räcka att sampla halva k-space?

Uppgift 20 (2p) En magnetkamera har använts för att avbilda ett objekt, bilden har ingen vinkningsdistorsion. Hur ska samplingen i k-space ändras om ...

- vi vill avbilda ett större objekt med samma detaljätergivning?
- vi vill avbilda samma objekt med högre detaljätergivning?

Uppgift 21 (2p) En patient har en hjärntumör. På vilket sätt kan fMRI användas för att förbättra en operation?