

Försättsblad till skriftlig tentamen vid Linköpings universitet



Datum för tentamen	2019-10-23
Sal (1)	KÅRA(30)
Tid	8-12
Utb. kod	TSBB31
Modul	TEN1
Utb. kodnamn/benämning Modulnamn/benämning	Medicinska bilder Skriftlig tentamen
Institution	ISY
Antal uppgifter som ingår i tentamen	18
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 10.45
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 över- strykningar) 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

Lycka till!

Maria M och Anders E

DEL 1: Grundläggande 2D signalbehandling

Uppgift 1 (4p) Nedan visas ett antal bilder där olika beräkningar har skett.

Redogör för beräkningarna i varje box *A*, *B*, *C* and *D*!

Vissa av beräkningarna är faltningar med olika faltningskärnor, välj från de nedanstående.
Ge en kort motivering till vart och ett av dina val.

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

-1	-1	-1
-1	4	-1
-1	-1	-1

-1	2	-1
-2	4	-2
-1	2	-1

 $/16$

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

 $/8$

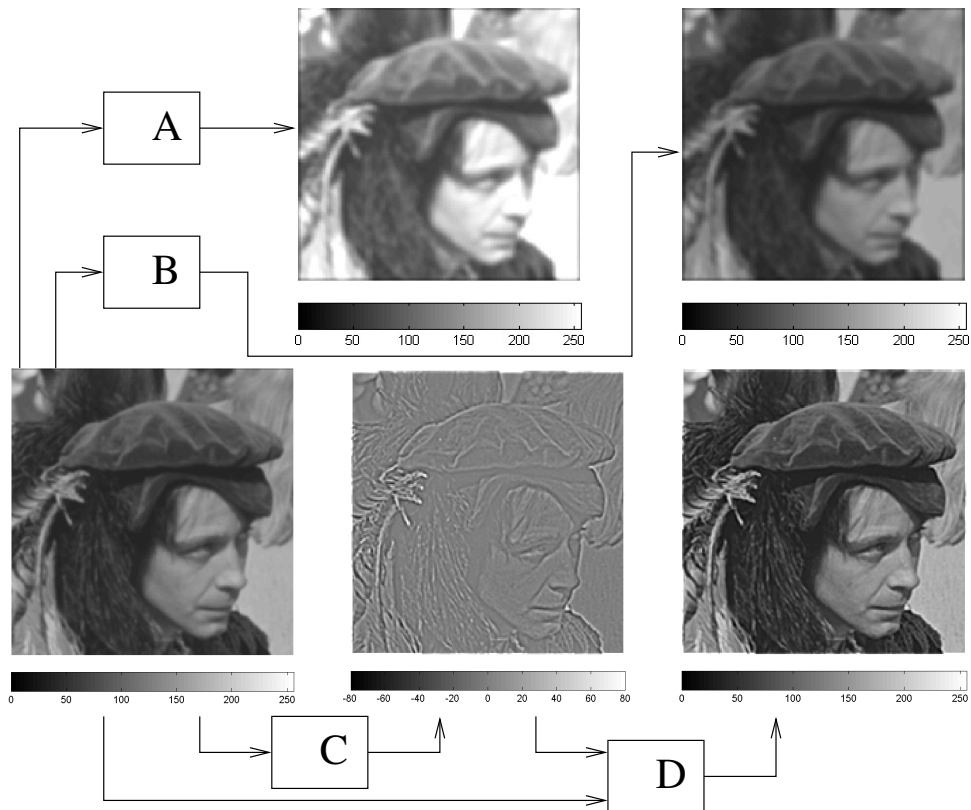
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

 $/15$

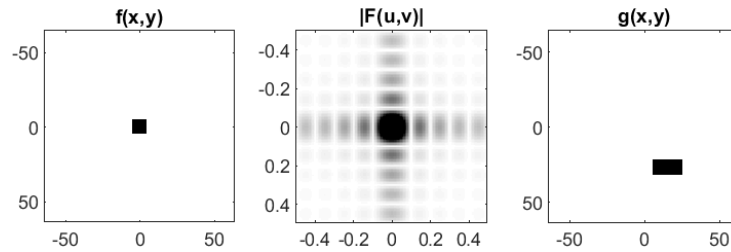
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

 $/25$

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

 $/40$


Uppgift 2 (5p) Nedan visas en testbild $f(x, y)$ och absolutvärdet av dess Fouriertransform $|F(u, v)|$. Dessutom visas en skalad och translaterad version av testbilden, $g(x, y)$. På grund av trycktekniska skäl gäller att mörka värden motsvarar höga värden och vita värden motsvarar 0.

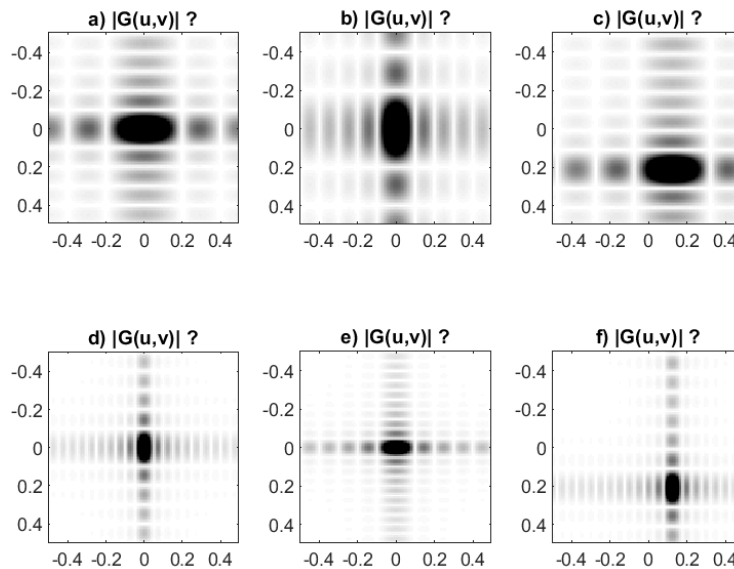


a) Det gäller att

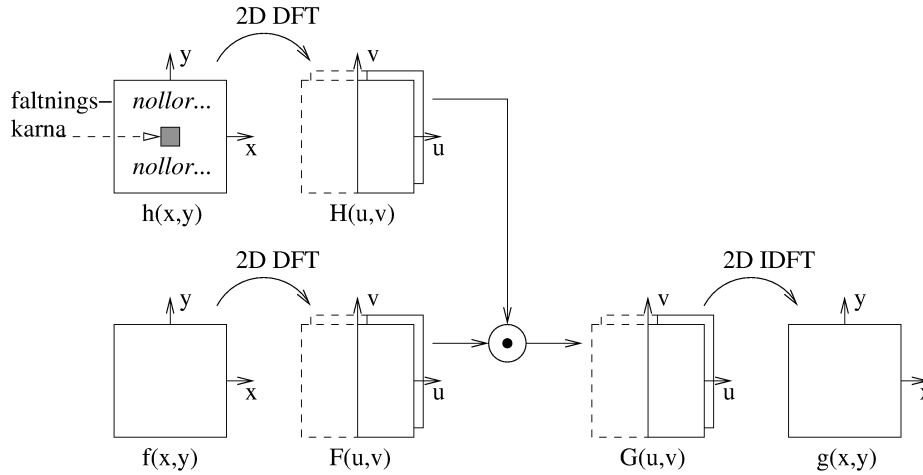
$$g(x, y) = \Pi\left(\frac{x - 16}{20}\right) \cdot \Pi\left(\frac{y - 27}{10}\right).$$

Beräkna dess Fouriertransform $G(u, v)$! (2p)

b) Vad är absolutvärdet av fouriertransformen $|G(u, v)|$? Välj en av bilderna a-f nedan, och motivera ditt val med en kort förklaring där orden *translationsteoremet*, *skalningsteoremet* ingår. (3p)



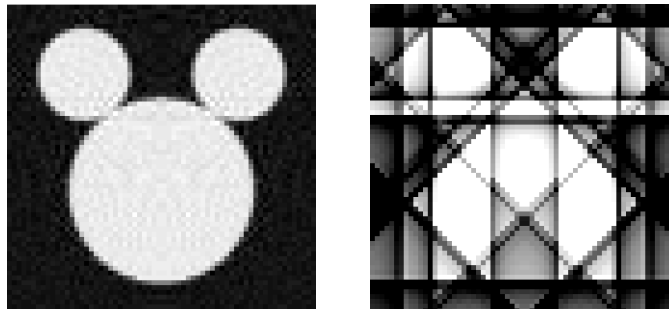
Uppgift 3 (6p) Nedan visas en metod för att beräkna faltning mellan en bild $f(x, y)$ och en faltningskärna.



- Som synes nollpaddas faltningskärnan. Varför behöver man göra det? (1p)
- I kursen har vi talat om två typer av faltning, **linjär** faltning och **cirkulär** faltning. Vilken typ av faltning ger metoden i figuren? (1p)
- Beskriv hur bildens ytterkanter påverkas av **linjär** faltning. (2p)
- Antag att bilden $f(x, y)$ är reell, att $\sum_x \sum_y f(x, y) = 1234$ och att $\sum_x \sum_y f^2(x, y) = 2345$, dvs summan över alla pixlar i bilden $f(x, y)$ är lika med 1234 och summan över alla kvadrerade pixlar i bilden är lika med 2345. Antag vidare att bildstorleken är 256×256 . Vad är då DC-komponenten $F(0, 0)$ och energin i Fourierdomänen $\sum_u \sum_v |F(u, v)|^2$? Visa genom att använda lämpliga formler i formelsamlingen!
Ledning: Byt $f(x, y)$ och $F(u, v)$ till $f[n, m]$ och $F[k, l]$ om det känns lättare. (2p)

DEL 2: Röntgen och CT

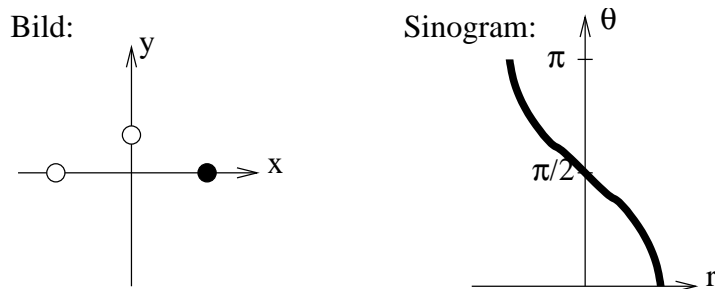
Uppgift 4 (2p) Nedan visas rekonstruerade bilder erhållna från projektioner. För att erhålla bilden nedan till vänster har 100 projektioner använts. Hur många projektioner har använts för att erhålla bilden till höger? Motivera ditt svar!



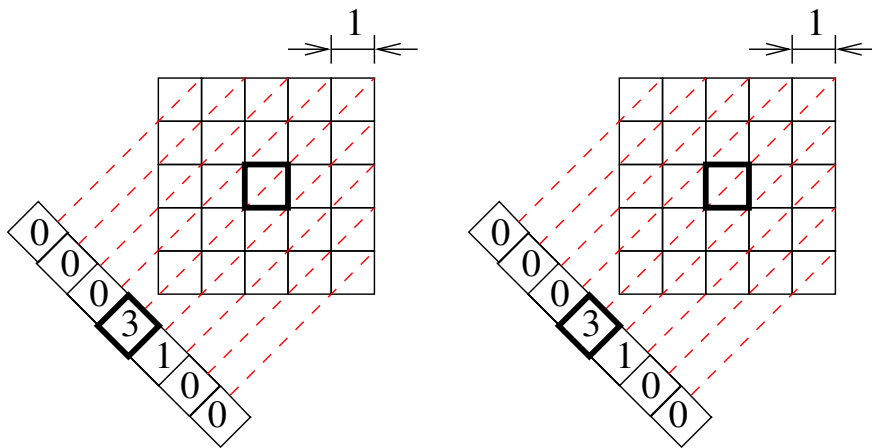
Uppgift 5 (2p) När en ultraljudsvåg färdas genom kroppen dämpas (attenueras) den. Högre frekvens ger dämpning. När en röntgenstråle färdas genom kroppens mjukdelar dämpas den. Högre frekvens ger dämpning. När en röntgenstråle färdas genom kroppens benstrukturer dämpas den. Högre frekvens ger dämpning.

Fyll i de tomma rutorna! För att få poäng måste båda rutorna vara korrekt ifyllda.

Uppgift 6 (2p) Figuren visar en bild med en svart punkt och hur den avbildas i sinogrammet. Det är även två vita punkter indikerade i bilden. Komplettera sinogrammet med deras avbildning.



Uppgift 7 (4p) Se figur. Den sneda projektionen, med värdena $[0, 0, 0, 3, 1, 0, 0]$ ska återprojiceras över den lilla 5×5 -bilden. De röda streckade linjerna är bara hjälp-linjer.



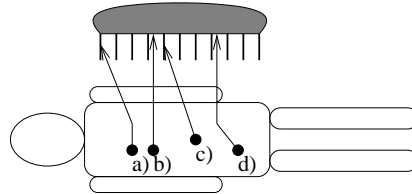
- Använd närmsta granne interpolation. Redovisa resultatet i figuren till vänster. (2p)
- Använd linjär interpolation med $\Lambda(x)$, *Ledning*:

$$\Lambda(x) = \begin{cases} 1 - |x|, & \text{för } -1 \leq x \leq 1, \\ 0, & \text{för övrigt.} \end{cases}$$

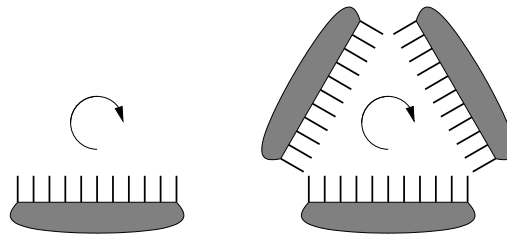
Redovisa resultatet i figuren till höger. (2p)

DEL 3: Gamma-kamera, SPECT och PET

Uppgift 8 (2p) Figuren visar en patient och en gammakamera. Vilken/vilka av gammastrålarna är önskad/oönskad och kan ge bildfel? Motivera ditt svar.



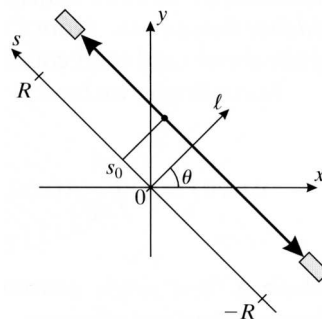
Uppgift 9 (2p) Figuren till vänster visar ett "single head" SPECT-system och figuren till höger visar ett "tripel head" SPECT-system. Vad gäller för den relativa sensitiviteten för de båda systemen? Vad är fördelen med systemet till höger?



Uppgift 10 (2p) Vad står förkortningarna SPECT och PET för?

Uppgift 11 (2p) Figuren användes för att bestämma PET-fotonernas dämpning i kroppen. N_0 är antal skapade dubbel-fotoner vid positionen s_0 . N^+ är det antal som når övre detektorn och N^- är det antal som når undre detektorn. Då gäller följande förhållande mellan N^+ och N_0 :

$$N^+ = N_0 \exp \left\{ - \int_{s_0}^R \mu(x(s'), y(s'); E) ds' \right\}$$



- Vilket förhållande gäller mellan N^- och N_0 ? Ge en formel!
- Visa att den totala dämpningen inte beror av positionen s_0 . Ge en formel!

Uppgift 12 (3p) 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 . Denna formel finns också i formelsamlingen.

- Låt $f^k(x, y)$, $k = 0$, vara en startlösning för bilden. Vad kan fungera som startlösning?
- Varför fungerar inte $f^k(x, y) = 0$ som startlösning?
- Vad händer när det beräknade projektionsvärdet blir samma som det uppmätta?

DEL 4: Viktiga mätvärden och dess beräkning

Uppgift 13 (2p) Antag att vi vill generera poissonbrus med medelvärde $\mu_N = 7$.

- Man kan erhålla approximativt poissonbrus genom att generera gaussiskt brus. Vilket medelvärde och standardavvikelse ska vi välja för det gaussiska bruset?
- Om ett negativt värde erhålles för det gaussiska bruset ska man slumpa om. Varför?

DEL 5: Ultraljud

Uppgift 14 (2p) För ett kvadraturfilter

$$G(f) = G_1(f) + jG_2(f),$$

gäller att

$$jG_2(f) = \text{sgn}(f) \cdot G_1(f),$$

där

$$\text{sgn}(f) = \begin{cases} 1, & \text{för } f > 0, \\ 0, & \text{för } f = 0, \\ -1, & \text{för } f < 0. \end{cases}$$

Antag att $G_1(f) = 1$. Signalen $x(t) = \cos(\pi t)$ filtreras med $G(f)$, dvs

$$y(t) = x(t) * g(t), \quad Y(f) = X(f) \cdot G(f).$$

Bestäm $y(t)$ och $|y(t)|$.

Uppgift 15 (2p) *Tips på samband som du kan behöva här:* Hastigheten är lika med våglängden multiplicerat med frekvensen.

- Linus som är en riktig hejare på ultraljud vill ta reda på vilken frekvens pulsen bör ha för att återge detaljer som är 3 mm. Räkna med en vågutbredning på 1500 m/s och att detaljer som är större än en halv våglängd kan uppfattas.
- Det gäller att $Z = c \cdot \rho$, där Z är den akustiska impedansen, c är ljudhastigheten, och ρ är densiteten. Beskriv hur frekvens, våglängd och hastighet förändras när en våg går från ett medium med hög till låg akustisk impedans!

DEL 6: MRI

Uppgift 16 (4p)

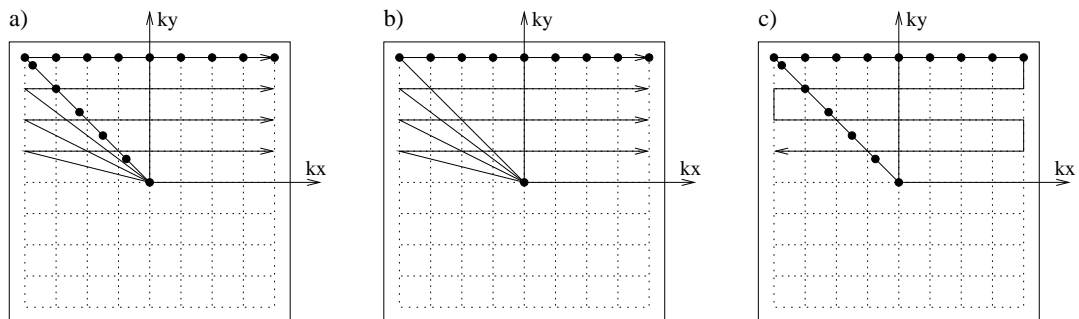
- a) Nedan finns två fundamentala steg inom MRI uppräknade. Beskriv för vart och ett av stegen vad som händer med väteatomernas spinnvektorer inuti objektet.

- Objektet placeras i ett stationärt magnetfält, $B_0 = 3$ Tesla.
- En stark elektromagnetisk puls med frekvensen 127.74 MHz träffar objektet.

Ledning: Larmorfrekvensen $f_0 = \frac{\gamma}{2\pi} B_0$ där $\frac{\gamma}{2\pi} = 42.58$ MHz/T. (2p)

- b) Beskriv med utgångspunkt från svaret i a) vad som händer om RF-pulsens frekvens istället är 100 MHz. (1p)
- c) Antag att vi adderar en gradient, $G_z = 0.001$ T/cm, i samma riktning som det stationära magnetfältet så att magnetfältet längs z-axeln är $B_z = B_0 + G_z \cdot z = 3 + 0.001 \cdot z$ T. En stark elektromagnetisk puls med frekvensen 128.17 MHz träffar objektet. En xy-slice kommer att aktiveras. Vilken z-koordinat har den? (1p)

Uppgift 17 (3p) Figurerna nedan visar olika typer av sampling av k-rummet. I a) och b) sker en ny excitation för varje horisontell linje som samplas, medan i c) samplas 4 horisontella linjer på en excitation. (Notera att sampelpunkterna endast har indikerats för en av de horisontella linjerna.)



- a) I a), varför slänger man bort sampelpunkterna längs de sneda linjerna?
- b) I b) går man direkt från origo till den översta vänstra sampelpunkten. Varför kan man inte göra detta i en riktig magnetkamera?
- c) Nämn en fördel eller en nackdel med förfarandet i c) jämfört med förfarandet i a).

Uppgift 18 (1p) Diffusions-viktade MR-bilder innehåller flera typer av artefakter. Nämn en av dessa artefakter.