

**Tentamen i Introduktion till medicinteknik
EEN071/EEN070 2025-08-25 kl. 14.00-18.00**

Tillåtna hjälpmedel: Inga
Förfrågningar: Hana Dobsicek Trefna ankn 5052, alt. 073-3232386.
Lösningar: anslås på Canvas
Resultatet: anslås i Ladok
Granskning: av tentarättning: 17/9 kl. 12:00 i rum E2 Mötesrum 7322, EDIT-huset

Har du några förfrågningar över uppgifterna, ring telefonnummer ovan.

För varje uppgift skall du med dina egna ord visa att du förstår frågan och dess sammanhang och att du med dina egna ord presenterar ett svar som få plats på 1-2 handskrivna A4-sidor.

Max 75 poäng. Poängintervallet 33-46 ger betyget 3 (godkänt), 47-60 ger betyget 4 och 61-75 ger betyget 5.

Fråga 1. Etik, moral / Anatomi och fysiologi (15p)

- a) Prioriteringar i vården är en återkommande utmaning, särskilt när resurser är begränsade och ny medicinteknik är kostsam. Anta att ett sjukhus har tillgång till en ny, mycket effektiv men dyr medicinteknisk behandling som endast kan erbjudas till ett fåtal patienter. Diskutera hur beslutet att erbjuda eller inte erbjuda behandlingen kan motiveras utifrån ett pliktetiskt och ett nyttoetiskt perspektiv. Landa i en ståndpunkt. (4p)
- b) Kroppen består av elva system. Välj ut fem av dem och beskriv kortfattat deras huvudsakliga roll i kroppen. (4p)
- c) Rita en grovstruktur för en typisk nervcell. Beskriv funktion av olika delar. (3p)
- d) Beskriv principen bakom kirurgisk diatermi. Det finns två huvudtyper av diatermi – vilka? Redogör för båda metoderna, förklara skillnaden mellan dem och ge exempel på typiska indikationer för respektive metod (4p)

Fråga 2. Grunder om bioinstrumentering och sensorer (15p)

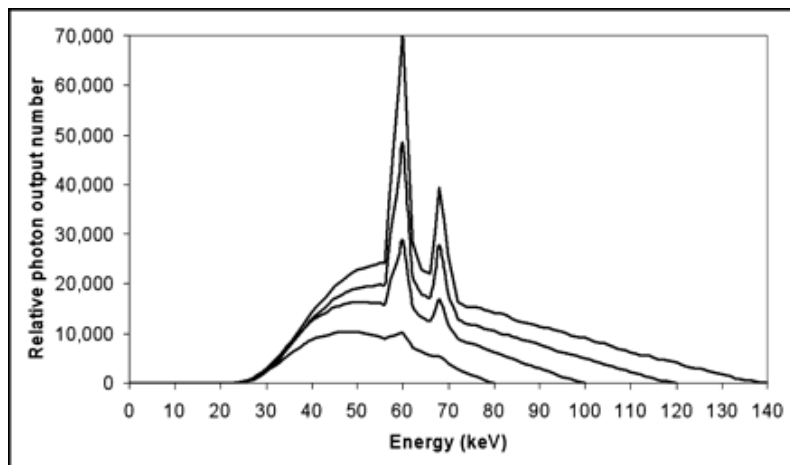
- a) För elektroder som används på huden, och alltså inte används invasivt i kroppen, behöver man tillsätta en elektrolyt. Vad är en elektrolyt, var används den, och varför behövs den? Vad händer i gränsytan mellan elektrod och elektrolyt? Och varför behöver inte elektrolyt tillföras när man mäter med t.ex. en nålelektrod? (7p)
- b) Motivera varför följande delar ska finnas med i en biopotentialförstärkare: Ingångssteg, differentialförstärkare, filter, isolationsförstärkare. (4p)
- c) Vad är termodilution? Hur utförs den metoden och vilken typ av givare är väsentlig? (4p)

Fråga 3. Medicinsk Signalbehandling (15p)

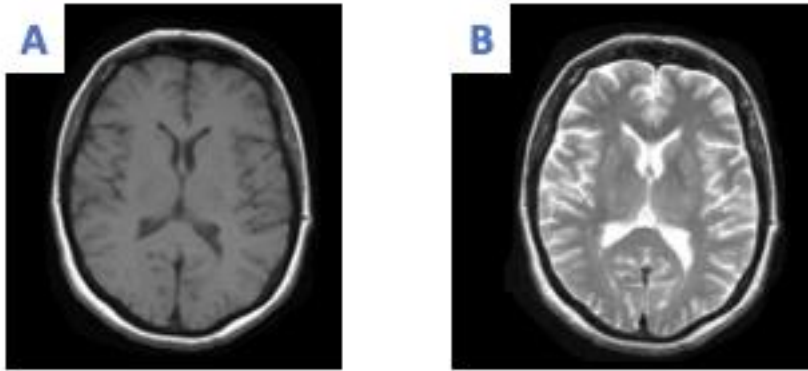
- Vad är EEG och vad är dess främsta användning. (2p)
- Vilka metoder finns för att reducera EOG-artefakter i en EEG-signal? Vi pratade om tre olika metoder. Beskriv kortfattat principen bakom var och en i 1–2 meningar. (6p)
- Beskriv den grundläggande tanken bakom Pan-Tompkins-algoritmen samt de viktiga stegen för att detektera hjärtslag från EKG. (3p)
- Vilken teoretisk grund bygger metoden Independent Component Analysis (ICA) på vid separation av signaler som EEG algorithm? (1p)
I ICA algoritmen pratar vi om tre matriser: x = kanaler; u = ICA komponenter och W = 'unmixing' matrix. Vad beskriver dessa matriser och vilken är (matematisk) koppling mellan dem. (3p)

Fråga 4. Medicinska bildgivningsmetoder (15p)

- Röntgenstrålning
 - Beskriv viktiga delar av röntgenrör. Förklara hur röntgenstrålning skapas, rita gärna en bild. (3p)
 - Bilden nedan beskriver två röntgenspektra, skapade av ett röntgenrör med en wolfram-anod. En av rör-parametrarna justerades för att skapa dessa två spektra. Vilken? Vilken effekt kommer det ha på slutliga bilden? (2p)
 - Vad är ursprunget till de spikar som vi ser i spektret vid högre energier? (1p)



- Förklara kortfattat vad som menas med T1- och T2-relaxation inom magnetresonanstomografi (MR). Beskriv hur dessa processer påverkar signalens förändring över tid och bildkontrast. (3p)
 - Varför är T2-relaxationen alltid kortare än T1-relaxationen? Förklara med fysikalisk motivering. (1p)
 - I figuren nedan visas två MR-bilder – en T1-viktad och en T2-viktad. Identifiera vilken bild som är vilken och motivera ditt svar utifrån bildkontrast. (2p)



- c) Vad är akustisk impedans och vilken betydelse har den för ultraljudavbildning. (2p) Hur får man information om djupet i en ultraljudsbild? (1p)

Fråga 5. Bildbehandling (15p)

- a) En 6 x 6 pixlar stor bild definieras av matrisen $a = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 8 & 2 & 6 & 8 \\ 5 & 4 & 2 & 5 & 2 & 1 \\ 3 & 1 & 3 & 2 & 6 & 4 \\ 7 & 4 & 3 & 2 & 4 & 5 \\ 7 & 6 & 6 & 1 & 1 & 2 \\ 1 & 7 & 3 & 4 & 3 & 5 \end{bmatrix}$.

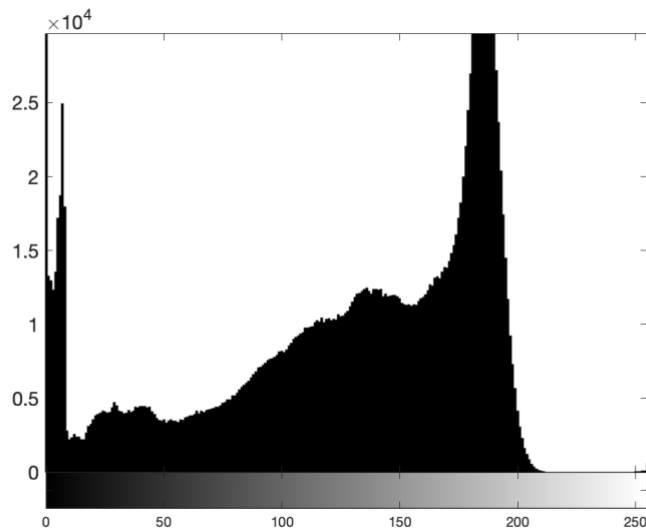
Antag att detta representerar en svart-vit bild med färgskala som representeras med värdena 1 till och med 8. Rita upp histogrammet för denna bild. (3p)

- b) Beskriv varför det ibland kan vara fördelaktigt att använda ett medelvärdesbildande filter innan man använder Prewitt-matriserna för att identifiera kanter i en bild. (3p)
- c) Till höger om denna text visas en röntgenbild av lungorna på en patient med lunginflammation. Lunginflammation identifieras genom förekomsten av vita områden i lungfälten, vilket indikerar närvaron av vätska eller var. Denna bild har filtrerats med hjälp av olika faltningsoperationer. Detta har i sin tur gett som resultat ett antal transformerade bilder (A-E). I figurerna nedan visas också de olika faltningsmatriser som använts. (Filter 1-5).

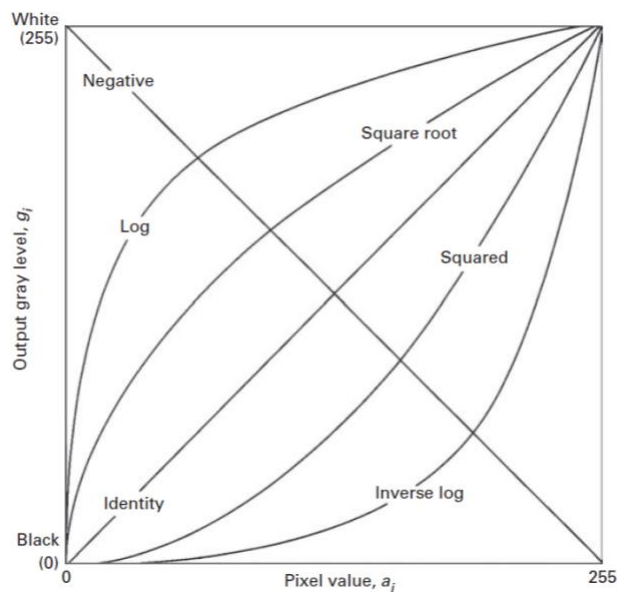


Uppgiften är att para ihop rätt bild med rätt matris. Obs att en bild inte motsvaras av något filter. Det är alltså fyra bilder som ska paras ihop med fyra motsvarande filter. Svaren skall motiveras. (5p)

- d) Originalbilden i uppgift c har histogram enligt bilden nedan. Gråskalan är sådan att 0, (till vänster i histogrammet) motsvarar svart, och 255, (till höger i histogrammet) motsvarar vitt.



Denna bild förändras med olika histogramtransformationer. I bilden nedan ser ni sex olika exempel på överföringsfunktioner. Uppgiften är att para ihop resultatbild med den histogramtransformation som gett upphov till bilden då transformationen utförts på originalbilden. (Det finns alltså extra transformationer som inte har använts.) En av bilderna har dessutom transformerats med överföringsfunktionen för histogramutjämning. Vilken är det? För poäng ska svaren motiveras. (4p)



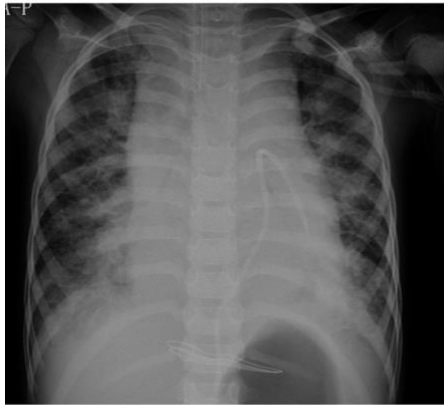


Bild A



Bild B



Bild C



Bild D

Fråga 1. Etik, moral / Anatomi och fysiologi (15p)

- a) Ur ett pliketiskt (deontologiskt) perspektiv bör vården följa principer som rättvisa och respekt för varje individs värde. Det innebär att alla patienter har lika rätt till behandling, oavsett kostnad eller nytta. Att neka någon behandling på grund av resursbrist kan ses som ett brott mot denna plikt. (2p)

Ur ett nyttoetiskt (utilitaristiskt) perspektiv bör vården prioritera behandlingar som ger störst nytta för flest människor. Om en dyr behandling bara hjälper få, kan det vara mer etiskt att använda resurserna till billigare insatser som gynnar fler patienter

b)

c)

- d) Kirurgisk diatermi använder högfrekvent elektrisk ström för att skära i eller koagulera vävnad. Värmen som uppstår i vävnaden genom elektrisk resistans används för att uppnå önskad effekt. (1p)

Monopolär diatermi: Strömmen går från ett aktivt instrument genom patientens kropp till en neutral elektrod. Används ofta för större ingrepp. (1.5p)

Bipolär diatermi: Strömmen går mellan två elektroder i samma instrument (t.ex. pincett), vilket ger mer lokal effekt. Används där precision krävs, t.ex. nära nerver eller små kärl. (1.5p)

Fråga 2. Grunder om bioinstrumentering och sensorer (15p)

- a) För elektroder som används på huden, och alltså inte används invasivt i kroppen, behöver man tillsätta en elektrolyt. Vad är en elektrolyt, var används den, och varför behövs den? Vad händer i gränsytan mellan elektrod och elektrolyt? Och varför behöver inte elektrolyt tillföras när man mäter med t.ex. en nålelektrod? (7p)

(1) En elektrolyt är en jonlösning, och kan vara en kräm eller gel. Den innehåller joner, både katjoner och anjoner. Den används för hudelektroder och läggs på huden där elektroden sedan appliceras. Den behövs för att få en bra koppling till huden.

(2) I gränsytan mellan elektrod och elektrolyt sker kemiska reaktioner: Oxidation (avge elektroner) och reduktion (tar upp elektroner).

(2) En ström in mot kroppen innebär att elektroner rör sig i elektroden och mätsystemet bort från kroppen. Jonerna i elektrolyten och kroppen rör sig på motsvarande sätt: negativa anjoner bort från kroppen och positiva katjoner in i kroppen. I själva gränsytan mellan elektrod och elektrolyt bildas nya.

(1) Oavsett strömriktning sker hela tiden båda typerna av reaktion. Strömmens riktning bestämmer vilken reaktion som dominerar, och utan ström sker de i samma mängd.

(1) Vid användning av en nålelektrod motsvaras elektrolyten av kroppsvätska.

- b) Motivera varför följande delar ska finnas med i en biopotentialförstärkare:

Ingångssteg, differentialförstärkare, filter, isolationsförstärkare. (4p)

(1) Ingångssteg – skydda förstärkaren från höga spänningar med spänningsbegränsande enheter. Om spänningen in överstiger ett visst värde så flyter mycket ström genom enheten istället för genom förstärkaren, och därför begränsas spänningen. Höga spänningar kan uppstå från t.ex. defibrillator.

(1) Differentialförstärkare – förstärka skillnadssignaler och dämpa likasignaler. Skickar in två signaler och vill förstärka skillnaden. Vill bli av med störningar som kan vara

ganska höga. Vill ha högt CMRR – common mode rejection ratio – kvoten mellan DM- och CM-förstärkningarna.

(1) Filter – hög- och lågpass. Filtrera bort frekvenser som inte är intressanta eller brus som stör signalen som vi är intresserade av. Lågfrekventa störsignaler kan bero på andning och kroppsrörelser – högpass.

(1) Isolationsförstärkare – skydda patienten från höga spänningar/strömmar som kan uppstå i elnätet som försörjer datorer eller apparater kopplade till biopotentialförstärkaren – de får inte ledas bakvägen till patienten. Galvanisk isolering. Matningsspänning och jordning kommer från olika källor före och efter isolationsförstärkaren.

c) Vad är termodilution? Hur utförs den metoden och vilken typ av givare är väsentlig? (4p)

(1) Mäter blodflöde, hjärtminutvolymen

(1) Injicerar kall saltlösning i höger förmak och mäter temperaturkurvan i lungartären

(1) PA-kateter förs in med ballong

(1) Termistor används för temperaturmätning

Fråga 3. Medicinsk Signalbehandling (15p)

a) Vad

b)

a. **Independent Component Analysis (ICA)** separerar EEG-signalen i statistiskt oberoende komponenter, vilket gör det möjligt att identifiera och ta bort de som motsvarar EOG-artefakter.

b. **Regressionstekniker** innebär att man mäter EOG-signalen och använder den för att statistiskt uppskatta och subtrahera dess påverkan från EEG-signalen.

c. **Lågfrekvensfiltrering** kan användas för att minska EOG-artefakter, eftersom dessa ofta ligger i det lågfrekventa området (<4 Hz), men risken finns att även relevant EEG-information påverkas.

c) **Pan-Tompkins:**

d) **ICA (Independent Component Analysis)** bygger på teorin om **statistisk oberoende** mellan källsignaler. ICA använder **linjär algebra och sannolikhetsteori** för att hitta en transformation där de separerade komponenterna är så statistiskt oberoende som möjligt.

Algoritmen ICA antar att alla källor till signalerna är oberoende av varandra, men att de är mixade. ICA är då ett sätt att estimerar källorna till signalerna samt hur de är mixade.

Låt Y vara observerad data, och X vara källorna till signalerna som observeras.

Vi antar då att $Y = A * X$ där A är en matris som beskriver hur signalerna/källorna X har blandats.

Fråga 4. Medicinska bildgivningsmetoder (15p)

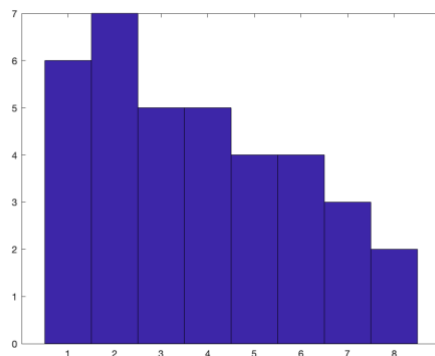
a) Röntgenstrålning

i. Beskriv viktiga delar av röntgenrör. Förklara hur röntgenstrålning skapas, rita gärna en bild. (3p)

- ii. Rörspänning (högre spänning ger högre energier i spektra), bättre penetrationsdjupet, något sämre kontrast. (2p)
 - iii. Karakteristisk strålning (1p)
 - b) Förklara kortfattat vad som menas med T1- och T2-relaxation inom magnetresonanstomografi (MR). Beskriv hur dessa processer påverkar signalens förändring över tid och bildkontrast. (3p)
 - a. ii. Varför är T2-relaxationen alltid kortare än T1-relaxationen? Förklara med fysikalisk motivering. (1p)
 - iv. I figuren nedan visas två MR-bilder – en T1-viktad och en T2-viktad. Identifiera vilken bild som är vilken och motivera ditt svar utifrån bildkontrast. (2p)
 - c) Akustisk impedans är ett mått på hur mycket motstånd ett medium ger mot ljudvågor, och definieras som produkten av mediets densitet och ljudhastighet (1p). Skillnader i akustisk impedans mellan olika vävnader avgör hur mycket ljud som reflekteras vid gränssytor. Ju större skillnad, desto starkare ekosignal – vilket ger kontrast i bilden.. (1p)
- Djupet i en ultraljudsbild bestäms genom att mäta tiden det tar för ljudpulsen att färdas från sändaren till vävnaden och tillbaka. Eftersom ljudets hastighet i vävnad är känd (ca 1540 m/s), kan avståndet beräknas. Ju längre tid, desto djupare struktur.

Fråga 5. Bildbehandling (15p)

a)



- b) Ofta är det fördelaktigt att medelvärdesbilda bort brus först och sedan filtrera med Prewitt matriserna. Om en bild är brusig så kan det vara en fördel att först filtrera bort brus ur bilden. Det gör att bilden med kanterna också kan bli mindre brusig. Resultatet blir oftast bättre än om man detekterar kanterna först, och sedan medelvärdesbildar.
- c) A – Framförallt horisontella linjer som framträder. Filtermatris 3. Sobel matrisen för att detektera horisontella kantlinjer.
 C – Framförallt vertikala linjer som framträder. Filtermatris 2. Sobel matrisen för att detektera vertikala kantlinjer.
 D – Bilden har blivit "suddigare". Således det medelvärdesbildande filtret, filtermatris 1. Framförallt syns det extra tydligt på utsidan av revbenen.
 E – En jämngrå bild, men med svartvita linjer där originalbilden har kanter. Det betyder att filtermatris 4 använts. Det är laplacematrisen.
 B – Detta är en bild där de horisontella och vertikala linjerna slagits samman. Det finns ingen matris som direkt utför detta. Man får väsentligen summera bild A och C för att åstadkomma detta. (Man tar roten ur summan av kvadraterna av bilderna).

Filtermatris 5 används således inte. Om den hade använts hade man fått tillbaka ursprungsbilden.

- d) Bild A – Bilden är mörkare än originalbilden. Således kan det vara “squared” eller “inverse log” som använts. Då bild B är ännu mörkare än bild A så måste det vara “Squared” som gett bild A.

Bild B – “Inverse log” enligt resonemanget ovan.

Bild C – Transformationen “negative” då allt mörkt blivit ljust och allt ljust blivit mörkt.

Bild D – Denna bild har transformerats med histogramutjämning. Som man ser på histogrammet så är inte de allra ljusaste nyanserna representerade i originalbilden. De ljusare partierna har dock blivit ljusare i bild D. De mörka partierna ser relativt oförändrade ut, varför man kan dra slutsatsen att histogrammet ändrats väldigt lite där. Alltså måste det vara fråga om histogramutjämning. Om transformation “square root” eller “log” använts hade å andra sidan hela bilden blivit ljusare, vilket inte är fallet nu.