

Képkotó diagnosztikai eljárások:

- Soroljon fel néhány orvosi képkotáson alapuló diagnosztikai eljárást, mely
 - Transzmissziós
 - Indukciós
 - Emisszióselv alkalmazásán alapul. Mire szolgálnak az egyes diagnosztikai eljárások?
- Adjon meg tipikus értékeket a képdiagnosztikai eljárások alapját képező képekről: képtartománybeli (területi) felbontás, intenzitás felbontás. Mekkora területnek felel meg egy pixel egy tipikus mammográfiás felvételen, egy mellkas röntgenfelvételen, egy mellkas CT-n és MRI-nél?
- Milyen frekvenciatartományba eső jellel végzik a mammográfiás, a CT vizsgálatokat és milyen energiájú fotonokkal végzik a vizsgálatot?
- Mit nevezünk duál energiás röntgenfelvételnek, milyen energiaértékekkel készülnek és milyen célt szolgálnak az ilyen felvételek? Milyen technikai megoldásokat ismer duál energiás felvételek készítésére?
- Adja meg a Beer-Lambert törvény összefüggését és értelmezze az összefüggést!
- Hogyan definiálják a HU (Hounsfield unit)-ot és milyen képkotó diagnosztikai eljárásnál alkalmazzák?
- Mit nevezünk sugárkeményedésnek és mi a fizikai oka a jelenségnek. Milyen hatása van a sugárkeményedésnek a röntgen képkotásra? Milyen módszerekkel lehet e hatást kompenzálni, csökkenteni?
- Mit nevezünk foto-elektromos kölcsönhatásnak? Mitől függ, hogy egy adott anyag, és egy adott foton között végbemegy-e ez a kölcsönhatás, vagy nem?
- Hogyan biztosítható, hogy egy MRI felvételnél a pozíció és a szövetek szerinti szelektivitás? Írja le röviden a szeptesztvastagság és a szeptesztpozíció meghatározásának az elvét!
- Mit nevezünk Larmor egyenletnek és milyen szerepe van az MRI képkotásnál?

Digitális képek alkotása és tárolása:

- Mit jelent a fény kettős természete (hullámmozgás és kvantumelméleti megközelítés). A fénynek, mint elektromágneses sugárzásnak milyen tulajdonságait ismeri? Mitől függ egy foton energiája? Ez mit befolyásol orvosi képkotás során?
- Ismertesse a fényérzékelés folyamatát! Hogyan működnek a félvezetők? Mit jelentenek az alábbi fogalmak: vegyértéksáv, vezetési sáv, tiltott sáv, lyuk, elektron, N típus, P típusú félvezető? Hogyan épülnek fel és hogyan működnek a fényérzékeny MOS kapacitások?
- Hogyan épülnek fel és hogyan működnek a CCD érzékelők? Mit nevezünk szcintillációnak és mikor van rá szükség? Hogyan működnek és hogyan épülnek fel a látható fotonoknál nagyobb energiájú fotonokra (pl. uv, röntgen, gamma sugarak) érzékeny detektorok?
- Hogyan működik a Graphics Interchange Format alapú képtárolás? Ismertesse a Portable Network Graphics formátum során alkalmazott tömörítési eljárás főbb lépéseit!
- Ismertesse a Joint Photographic Experts Group formátum tömörítő eljárásának főbb lépéseit. Milyen melléktermékeket okozhat ez a fajta tömörítő eljárás?

- Ismertesse a DICOM szabvány képtárolásának főbb jellemzőit, valamint a szabvány általánosabb jellegét!

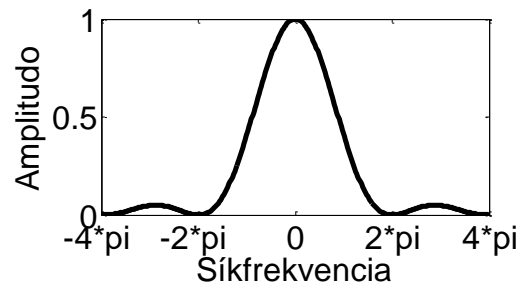
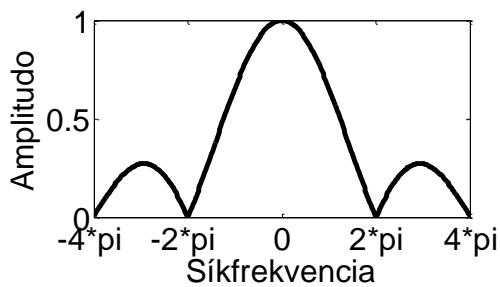
Lineáris időinvariáns rendszerek / képalkotás metrikái:

- Mi a $h(t)$ súlyfüggvényű LTI rendszer $s(t)$ gerjesztő jelre adott válasza (és a válaszfüggvény spektruma)? Mi az LTI rendszerek identifikációja során a feladat és ennek megvalósítása milyen módszerekkel lehetséges (adjon 3 példát az identifikáció megvalósítására, az egyes példák esetén térjen ki az adott módszer realizálhatóságára is)?
- Mit definiál egy képalkotó rendszer esetén a Point Spread Function (PSF) és a Modulation Transfer Function (MTF), ezek milyen kapcsolatban állnak a képalkotó rendszer súlyfüggvényével, illetve átviteli függvényével. Formálisan ismertesse az általános képalkotás (3D objektumból 2D projekcióba képző) megfigyelési modelljét (interpretálja a modell tagjainak a jelentését)!
- Lineáris, eltolás invariáns képalkotó rendszerek esetén definiálja az effektív felbontás fogalmát! Hogyan mérhető a rendszer súlyfüggvényének (PSF) ismeretében? Adjon példát foton fluxusának mérésén alapuló képalkotó rendszerek (pl. konvencionális fényképezőgép, röntgen detektor, stb.) esetén az effektív felbontás meghatározására (milyen fantomokkal / vizsgálóbrákkal történik a mérés)! Mi az effektív felbontáson, mint metrikán alapuló minősítés legjelentősebb hiányossága?
- Definiálja a jel/zaj viszony (SNR) fogalmát (általános jelfeldolgozási szemszögből). Képek esetén mi az SNR definíciója? Definiálja a kontraszt/ zaj arányt (CNR) és részletesen fejtse ki, hogy képek esetén hogyan számítható. Alkalmazható-e a CNR nemlineáris rendszerek minősítésére (válaszát indoklással támassza alá)?
- Milyen valószínűségi folyamattal modellezhető a foton sugárzás folyamata. Definiálja az inherens zaj fogalmát. Ideális detektor által rögzített kép jel / zaj aránya (SNR) hogyan viszonyul a felületét érő sugárzás jel / zaj arányához (SNR), és mi a pontos értéke, ha a detektor egy érzékelőelemébe átlagosan Q foton csapódik?
- Definiálja a zaj teljesítmény spektrum (NPS), a normalizált zaj teljesítmény spektrum (NNPS), illetve a zaj ekvivalens kvantum (NEQ) fogalmát mind saját szavával, mind formálisan! Ezen mérőszámok szerinti összehasonlításnál milyen megkötéssel kell élnünk a vizsgálósugárzás dózisára (fotonjainak számára)? Mi a Detektált kvantum hatékonyság (DQE) formális definíciója és interpretációja (ez utóbbit elég szövegesen megadni)?

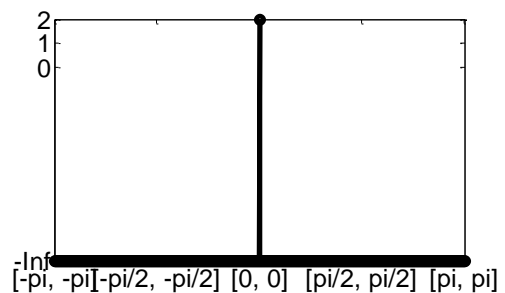
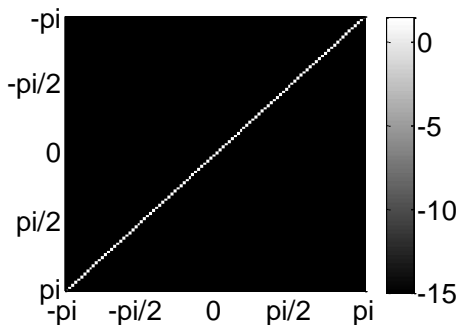
Fourier analízis:

- Származtassa az $x(t)$ egyváltozós folytonos jel, végtelen pontban $1/\Delta t$ frekvenciával mintavettjének DTFT spektrumát $X_s(\omega)$ $X(\omega)$ függvényeként. Segítségül a Dirac fésű ($\sum_i \delta(x-i \cdot \Delta x)$) spektruma $\frac{2\pi}{\Delta x} \cdot \sum_i \delta(\omega - i \cdot 2\pi/\Delta x)$, Δx az egymással szomszédos mintavételek távolságát, míg ω a diszkrét körfrekvenciát jelöli. Mikor beszélünk alul-mintavételezésről, ez hogyan torzítja a mintavett kép spektrumát, illetve hogy nevezik az átlapolódásból keletkező fals mintázatot? Hogyan lehet az átlapolást elkerülni? Mondja ki a Nyquist-Shannon mintavételi törvényét!

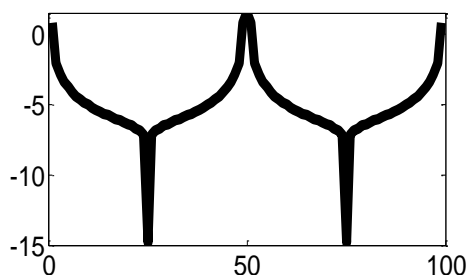
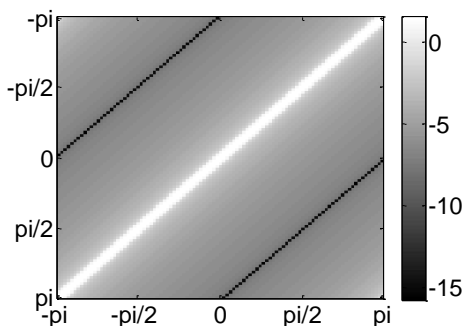
- Definiálja formálisan a mintavételezett jel rekonstrukciójának a folyamatát (emlékeztetőül a DTFT spektrum periodikus). Mi a feltétele a mintavételezés előtti jel torzítás nélküli rekonstruálhatóságának. Milyen követelménynek kell megfelelnie az interpolációs kernelnek, ha a mintavett jel szelétől eltekintve vissza akarjuk állítani a mintavételezés előtti folytonos jelet (tehát hiba nélkül akarunk interpolálni), és ennek lehetőségét a mintavételezés nem zárja ki? Az alábbi ábrák a Nearest Neighbour (0-ad rendű tartó) és a lineáris interpolációs (első rendű interpoláció) kernelnek spektrumának amplitúdóját ábrázolják a síkfrekvencia függvényében. Ezek alapján az NN, illetve a lineáris kernellel történő interpoláció alkalmazása a rekonstruált jel milyen torzulását eredményezi? (Segítség: Mindkét ábrára rajzolja be az ideális interpolációs kernel spektrumának ampl.-ját)



- Mi okozza a spektrum(frekvencia) szivárgás jelenségét? Definiálja a véges hosszú (N elemű), mintavételezett $x[k]$ jel megfigyelési ekvivalensét ($x_\infty[k]$)! Milyen kapcsolatban áll egymással $x[k]$ DFT és $x_\infty[k]$ DTFT spektruma? Milyen módszert ismer a spektrumszivárgás hatásának redukálására? Értelmezze az előbb kért módszer „működését” idő / képtartományban.
- Képtérben hogy néz ki az alábbi ábrán látható amplitúdó spektrumú kép (Folytonos Fourier transzformációt alkalmaztunk)? A baloldali ábra a folytonos spektrum amplitúdójából képzett logaritmikus skálájú intenzitáskép, mely főátlójának intenzitásprofilját a jobboldali ábra mutatja.



Ugyanezen kép 2D diszkrét Fourier Transzformáltjának az amplitúdója az alábbi két ábrán látható (az ábrák értelmezése megegyezik az előző két ábráéval). Milyen jelenség figyelhető meg az ábrán? Hogyan kompenzálható az torzulás?



- Formálisan definiálja a 2D diszkrét Fourier Transzformációt. Adjon $\Theta(N^3)$ komplexitású algoritmust a transzformált előállítására, amennyiben $N \times N$ méretű az input intenzitáskép (segítségül nem az FFT-re gondolunk, és azt nem is fogadjuk el válaszként). Mi a half complex ábrázolás lényege, a Fourier transzformáció mely tulajdonságát használja ki a spektrum ezen ábrázolási módja? Tegyük fel, hogy $g[k], f[k]$ két 1D, véges mintavételezett jel. Definiálja $DFT^{-1}\{DFT\{g\} \circ DFT\{k\}\}$ jelet diszkrét időtartományban, \circ az elemenkénti szorzást jelöli.
- Közelítőleg helyesen ábrázolja az Alul-áteresztő, Felül-áteresztő, illetve Sáváteresztő szűrések súlyfüggvényeit (időtartományban), illetve átviteli függvényük amplitúdóját (frekvenciatartományban)!

Inverz probléma:

- Értelmezze a 2D inverz probléma megfigyelési modelljét: $g = h * f + \eta$. Mit jelölnek az egyes változók, értékükre milyen feltétel adható meg? Korrigálható-e a fenti modellel pozíciófüggő PSF (válaszát indokolja)?
- Definiálja a direkt dekonvolúció átviteli függvényét! Mi az eljárás által becsült kép spektruma, ha F jelöli a torzítatlan kép, H jelöli a valódi PSF, N a megfigyelési zaj, míg H' az általunk becsült PSF (mely alapján végezzük a dekonvolúciót) spektrumát? A becsült spektrum értelmezésével mondja ki a direkt módszer alkalmazásának legfőbb hátrányát (feltehetjük, hogy $H - H' \approx 0$ minden síkfrekvencián), adjon módszert a probléma korrekciójára!
- Hasonlítsa össze a csonkolt dekonvolúciót a direkt dekonvolúcióval! Mely problémákat képes a csonkolt dekonvolúció kiküszöbölni és mely hiányosságokat nem?
- Hasonlítsa össze formálisan (átviteli függvényük szerint) a Wiener inverz szűrést a csonkolt dekonvolúcióval!. Hogyan interpretálható az átviteli függvény pirossal kiemelt tagja? Hogyan és hol jelenik meg a Wiener inverz szűrés, és a csonkolt dekonvolúció átviteli függvényében a zaj kezelése? Értelmezze az ε paraméter hatását. Segítségül a képtartománybeli megfigyelési modell formálisa: $g = h * f + n$, a két inverz szűrési átviteli függvényei:

$$H_{(u)}^{Winer} = \frac{1/H_{(u)}}{1 + \mathbf{E}\{|N_{(u)}|^2\} / (\mathbf{E}\{|H_{(u)}|^2\} \cdot \mathbf{E}\{|F_{(u)}|^2\})}, \quad H_{(u)}^{Truncated} = \begin{cases} 1/H_{(u)} & \|H_{(u)}\| > \varepsilon \\ 0 & \|H_{(u)}\| < \varepsilon \end{cases}$$

- Hasonlítsa össze formálisan a maximum likelihood (ML) becslést a maximum a posterior (MAP) becsléssel (a két becslés mely valószínűségi sűrűségfüggvények maximumhelyét keresi)! Ismertesse a két eljárás büntetőfüggvényes interpretációját (hogyan származtatjuk a büntetőfüggvényeket a sűrűségfüggvényekből, azok milyen tagokra bonthatóak, és mi az

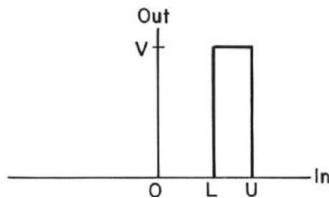
egyes tagok interpretációja). Milyen lehetőségek vannak a zaj kezelésére ML, illetve MAP becslés esetén?

- Pozitivitási kényszeres ML becslést realizál a Richardson Lucy algoritmus. Az eljárás a lentebb közölt egyenletet oldja meg iteratívan. Mi az egyes valószínűségek fizikai értelmezése, és pontosan hogy történik egy-egy iteráció során az eljárás által becsült valószínűség frissítése? Segítségül a torzítás megfigyelési modellje: $g = f * h + \eta$, ahol g a mért, torzított kép, f a torzító LTI rendszer bemenete, h a torzítás súlyfüggvénye (PSF), η az additív zaj). Az eljárás expliciten kezeli-e a zajos mérések problémáját, ha igen, hogyan?

$$P\{f_{(i)}\} = \sum_k \frac{P\{g_{(k)}|f_{(i)}\} \cdot P\{f_{(i)}\} \cdot P\{g_{(k)}\}}{\sum_j P\{g_{(k)}|f_{(j)}\} \cdot P\{f_{(j)}\}}$$

Képjavítás, előfeldolgozás:

- Egy hisztogram módosítás karakterisztikája az alábbi ábrán látható. A bemeneti kép függvényében hogyan definiálható a kimeneti kép? Definiálja egy kép hisztogramját! Mit csinál egy hisztogram kiegyenlítő eljárás?



- Mit jelent és milyen esetekben célszerű homomorfikus képfeldolgozást alkalmazni?
- Milyen jellegű képmódosítást eredményez a lentebb megadott mátrixú szűrővel történő képszűrés? Frekvenciatartományban hogyan végezhető el a szűrés? Adja meg a kernel frekvenciatartománybeli reprezentációját!

$$\mathbf{H} = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

- Mi a Karhunen-Loeve transzformáció, és milyen speciális tulajdonságai vannak? Adjon meg legalább két olyan alkalmazási területet, ahol a KLT-nek fontos szerepe lehet!
- Egy 1000 db 1024×1024 méretű képekből álló képkészletet szeretne tömöríteni. Hogyan alkalmazható a KL transzformáció képtömörítésre? Adja meg az algoritmus lépéseit!
- Definiálja a rank szűrést, illetve a medián szűrőt! Milyen képek esetén érdemes a mediánszűrést alkalmazni? Bizonyítsa be, hogy a mediánszűrés a rank szűrés egy speciális változata! Lineárisnak tekinthetőek a rank szűrések? Válaszát indokolja!
- Milyen képszűrő eljárásokat ismer, melyek alkalmazhatóak a képzaj redukálására? Ezek miben térnek el egymástól, és egyenként milyen előnyökkel és hátrányokkal rendelkeznek?
- Definiálja a Hough transzformációt! Ismertesse a transzformáció fontosabb lépéseit, milyen esetben érdemes használni és adott problémákat hogyan lehet megoldani a transzformáció alkalmazásával?
- Ismertesse az EM algoritmus alap gondolatát! Milyen problémák esetén érdemes ezt az eljárást alkalmazni?
- Értelmezze az alábbi összefüggéseket! Adja meg, hogy mi mit jelöl, és adja meg a definiált változók szöveges interpretációját!

$$E(s, \theta) = |I(x, y) * GD_{\sigma, \theta}(x, y)|, \quad GD_{\sigma}(x, y) = \frac{\partial G_{\sigma}(x, y)}{\partial x} = -\frac{x}{\sigma^2} G_{\sigma}(x, y),$$

$$GD_{\sigma, \theta}(x, y) = GD_{\sigma}(x', y') \text{ ahol } x' = x \cos \theta + y \sin \theta, \text{ és } y' = -x \sin \theta + y \cos \theta$$

Képszegmentálás

- Hogyan alkalmazhatóak a klaszterező eljárások képszegmentálásra?
- Hogyan tud ellenőrzött tanítású eljárással képszegmentálási feladatot megoldani? Adjon egy konkrét példát!
- Milyen statisztikai jellemzőt kell meghatározni egy ASM meghatározásánál? Adja meg az ASM felépítésének lépéseit! Milyen előnyei / hátrányai vannak az ASM alapú szegmentálásnak, és milyen körülmények között alkalmazható az eljárás?
- Milyen szerepe lehet a multirezolúciós technikának a képszegmentálási eljárásoknál? Részletezze az ASM eljárásnál a multirezolúciós megoldást!
- Milyen szerepe van a PCA eljárásnak az ASM/AAM szegmentálásnál? Ismertesse a PCA eljárás lényegét!
- Miben tér el az AAM eljárás az ASM eljárástól? Adja meg az AAM eljárás lépéseit!
- Mit jelent a Procrustes analízis és milyen szerepe van az ASM eljárásban?
- Egy szövettani metszeteket tartalmazó képészlet szegmentálására van szükség. Alkalmazható-e az ASM eljárás szegmentálásra? Válaszát indokolja!