

Röntgen diagnosztikai eljárások:

- Vázlatosan ismertesse egy röntgen alapú képalkotó berendezés felépítését! Hogyan keletkezik a röntgen foton, mi határozza meg az energiáját? Mit nevezünk kollimátornak? Mit mond ki az inverz négyzetes törvény? Vázlatosan ismertesse, hogy miből áll egy röntgen detektor?
- Értelmezze a lentebbi összefüggést! Saját szavaival adj meg, hogy mit modellez? Monokromatikus röntgensugár esetén hogyan egyszerűsödik az összefüggés? Hogy nevezzük azt az artifaktot, mely abból ered, hogy hibásan monokromatikusnak feltételezzük a röntgensugarat?

$$I = \iint I_0(E) \cdot \exp(-\mu(\mathbf{x}(s), E)) ds dE$$

- Mi történik foto-elektromos kölcsönhatás, illetve Compton szóródás esetén? Milyen fizikai anyagok milyen jellegű interakcióit írják le ezek a jelenségek? Értelmezze a lentebb megadott összefüggést! Ez az előbb felsorolt két hatás közül melyiket írja le? Leginkább mely változótól függ ezen kölcsönhatás bekövetkezésének a valószínűsége? Mely energiatartományokban domináns a fentebb megnevezett két kölcsönhatás?

$$E_f = E_{he} + E_{ke}$$

- Mi a szcintilláció lényege? Milyen esetekben van rá szükség? Nevezzen meg egy konkrét ilyen esetet! Mi a sötétáram, valamint az erősítéskorrekció lényege? Mit nevezünk bakscatternek?

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 képalkotás 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 fényérzékelő 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?
- Mit nevezünk képalkotás során inherens zajnak. Mi okozza? Mekkora a „mértéke”? Mit értünk egy képalkotó rendszer dinamika tartománya alatt? Értelmezze az alábbi összefüggést: $D = \log_2((FWC/P)/(P \cdot RN + ADCN))$. Tipikusan milyen zajok terhelik a képalkotás során rögzített képeket.
- 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!

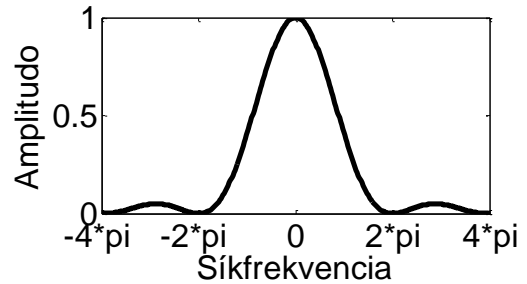
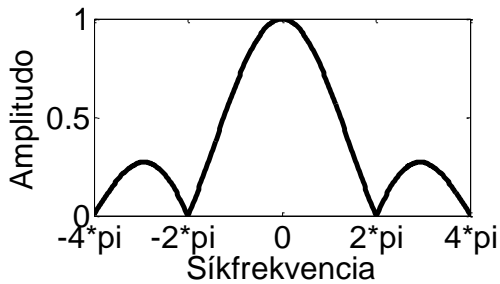
Lineáris időinvariáns rendszerek / képalkotás metrikái:

- 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 / vizsgálóábrákkal 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 megköttéssel kell élnünk a vizsgálósugárzás dóziséra (fotonjainak számára)? Mi a Detektált kvantum hatékonyság (DQE) formális definíciója és interpretációja (ez utóbbit elég szövegesen megadni)?

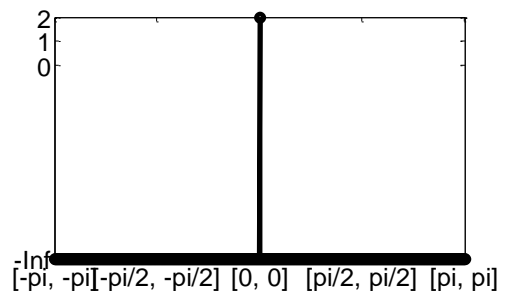
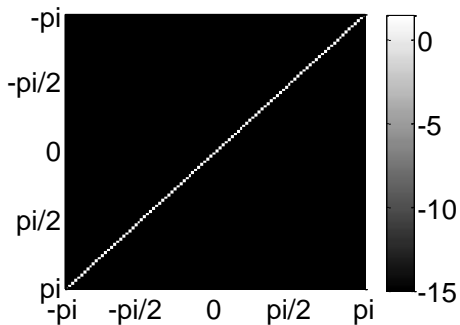
Fourier analízis:

- Származzassa az $x(t)$ egyváltozós folytonos jel, végtelen pontban $1/\Delta t$ frekvenciával mintavettjének DTFT spektrumát ($X_s(\omega)$ -t) $X(\omega)$ 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 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 törvényt!
- 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 szélétől 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

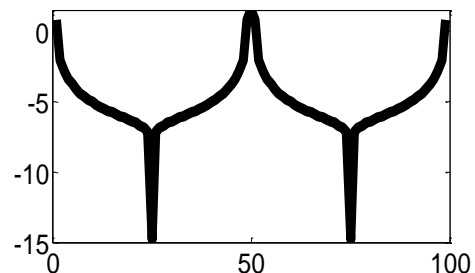
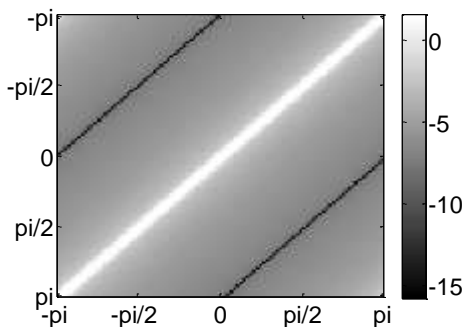
rendű interpoláció) kernelek spektrumának amplitúdóját ábrázolják a síkfrekvencia függvényében. Ezek alapján az NN, illetve a lineáris kernellel történő interpoláció alkalmazása a rekonstruált jel milyen torzulását eredményezi? (Segítség: Mindkét ábrára rajzolja be az ideális interpolációs kernel spektrumának ampl.-ját)



- Mi okozza a spektrumszivárgás 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 $\mathcal{O}(N^3)$ 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)!
- Mi a Gibbs artifakt lényege? Definiáljon olyan esetet, mely során ez a jelenség torzítja a képeket. Hogyan kerülhetjük el ezen műtermék megjelenését? Adja meg azon alul-áteresztő szűrő spektrumát, mely C vágási frekvencia mellett maximalizálja a jelenség előfordulásának a valószínűségét (ha egy fehér teljesítmény sűrűség spektrumú eloszlás mintáin alkalmazzuk). Melyik szűrőt definiálja az alábbi összefüggés: $B(u, v) = 1 / \left(1 + \left(C / (u^2 + v^2)\right)^{2n}\right)$? Hogyan kapcsolódik a Gibbs artifakt problémához a fentebb definiált szűrő?

Inverz probléma:

- Értelmezze a 2D inverz probléma megfigyelési modelljét: $g = h * f + \eta$. Mit jelölnek az egyes változók, értékükre milyen feltétel adható meg? Leírható-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! Definiálja azon statisztikai becslést, mely optimális megoldása a direkt dekonvolúció eredménye!
- Hasonlítsa össze a csonkolt dekonvolúciót a direkt dekonvolúcióval! Mely problémákat képes a csonkolt dekonvolúció kiküszöbölni és mely hiányosságokat nem? Adja meg azon feltételes valószínűség definícióját, melyet maximalizál a csonkolt dekonvolúció eredménye!
- 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:

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

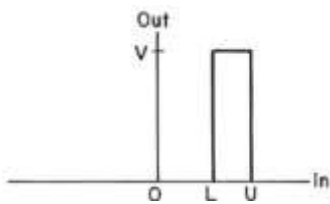
- Hasonlítsa össze formálisan a maximum likelihood (ML) becslést a maximum a posterior (MAP) becsléssel (a két becslés mely valószínűségi sűrűségfüggvények maximumhelyét keresi)! Ismertesse a két eljárás büntetőfüggvényes interpretációját (hogyan származtatjuk a büntetőfüggvényeket a sűrűségfüggvényekből, 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?

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

Általános képfeldolgozás:

- Egy hisztogram módosítás karakterisztikája a lenti ábrán látható. A bemeneti kép függvényében hogyan definiálható a kimeneti kép? Definiálja egy kép hisztogramját! Mit csinál egy hisztogram kiegyenlítő eljárás? Mi a hisztogram kiegyenlítés célja? Milyen esetekben érdemes az adaptív változatát alkalmazni? Mit értünk adaptív hisztogram módosítás alatt?



- 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 homomorfikus szűrés lényege? Milyen esetekben érdemes alkalmazni? Formálisan lássa be, hogy az előző kérdésre adott probléma valóban megoldható / kompenzálható a szűrés elvégzésével!
- Mi az ordered statistics szűrések lényege? Lineáris ez szűréstípus? Milyen jellegű torzulások esetén érdemes ilyen szűréseket alkalmazni? Mi a mediánszűrő, milyen torzítások esetén célszerű alkalmazni? Formálisan definiálja azon 1d jeleket, melyek egy 3 ablak nagyságú mediánszűrő root jeleit (azon 1d jeleket, melyeket a szűrés nem módosít)!
- Mi az LSI rendszerekkel történő zajszűrés gyakorlati korlátja? Hogyan lehet ezen problémákat megkerülni? Mondjon konkrét példákat is ezen esetekre!
- Milyen éldetektáló szűréseket ismer? Alkalmazásuk sorn milyen megfontolásokat érdemes tenni? Mi jelenti általában e során a legnagyobb problémát? Hogyan lehet éleket kiemelni ilyen szűrésekkel?
- Mit jelent képfeldolgozás témakörében az adaptív szűrés kifejezés? A Lee szűrés összefüggéseit a lentebbi összefüggéssel adtuk meg. Értelmezze, hogy hogyan működik a szűrés, valamint adja meg az összes olyan 3x3-as intenzitásképet, melyre alkalmazva a szűrést a (2,2) koordinátájú pixel intenzitása nem változik (az ablak méretétől eltekintve a szabad paraméterek értékétől függetlenül)! Mit szabályoz σ_n^2 megválasztása, adjon heurisztikusa megfontolást rá!

$$F_{i,j} = \beta \cdot X_{i,j} + (1-\beta) \cdot \bar{X}_{i,j}, \quad \bar{X} = X * (1/9) \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \quad \beta = \max\left(\left(\frac{\sigma_{x(i,j)}^2 - \sigma_n^2}{\sigma_{x(i,j)}^2}\right)\right),$$

$$\sigma_{x(i,j)}^2 = \frac{1}{8} \sum_{k,l=i-1,j-1}^{i+1,j+1} \left(X_{(k,l)} - \bar{X}_{(i,j)}\right)^2$$

- Értelmezze a Wallis operátor működését, interpretálja a szabad paramétereket, analizálja a szűrés viselkedését!

$$G(j, k) = [F(j, k) - M(j, k)] \frac{A_{\max} D_d}{A_{\max} D(j, k) + D_d} + [pM_d + (1-p)M(j, k)] \quad D_d = \frac{A_{\min} A_{\max} D_{\max}}{A_{\max} - A_{\min}}$$

- Értelmezze az alábbi összefüggéseket! Adja meg, hogy mi mit jelöl, és adja meg a definiált változók szöveges interpretációját!

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

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

- Milyen lineáris eltolás invariáns szűréseket / szűrőket ismer képzaj redukálására, illetve élek kiemelésére, irányuk meghatározására. Miben térnek el ezek a szűrők egymástól, és egyenként milyen előnnyel, valamint hátránnyal rendelkeznek?
- Hogyan alkalmazható a KLT / PCA transzformáció képtömörítésre? Milyen előnyökkel, és milyen hátrányokkal bír a JPEG / GIF által alkalmazott tömörítésekhez (LZW, DCT és kvantálás) képeket? Miért nem használják az ismertebb képtároló formátumok?