

## 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?

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

- 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 erősítéskorrektció 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 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?
- 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!

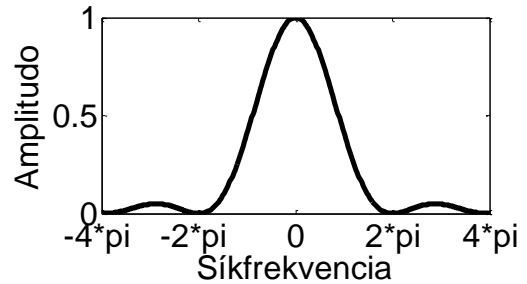
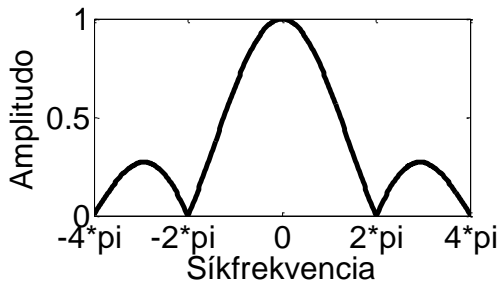
## Lineáris időinvariáns rendszerek / képalkotás metrikái:

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

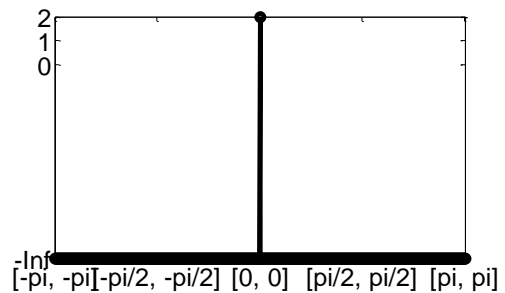
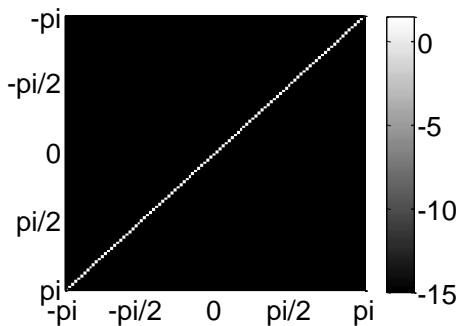
#### Fourier analízis:

- 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  $\frac{2\pi}{\Delta x} \cdot \sum_i \delta(\omega-i \cdot 2\pi/\Delta x)$ ,  $\Delta x$  az egymással szomszédos mintavételek távolságát, míg  $\omega$  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

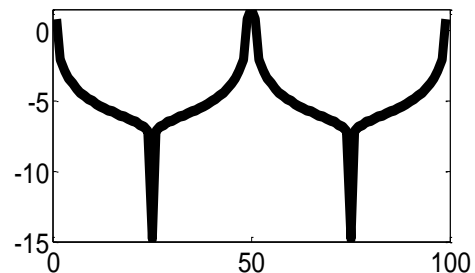
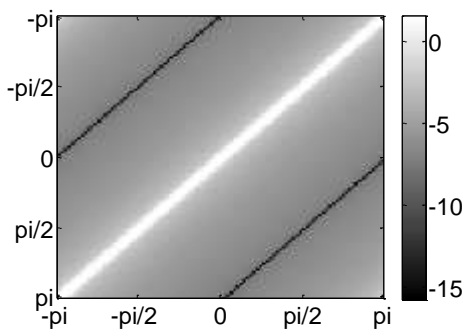
lineáris interpolációs (első rendű interpoláció) kernelek spektrumának amplitúdóját ábrázolják a síkfrekvencia függvényében. Ezek alapján az NN, illetve a lineáris kernellel történő interpoláció alkalmazása a rekonstruált jel milyen torzulását eredményezi? (Segítség: Mindkét ábrára rajzolja be az ideális 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 logaritmikusan skálázott 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)!
- 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  $\varepsilon$  paraméter hatását. Segítségül a képtartománybeli megfigyelési modell formálisa:  $g = h * f + n$ , a két inverz szűrési átviteli függvényei:

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

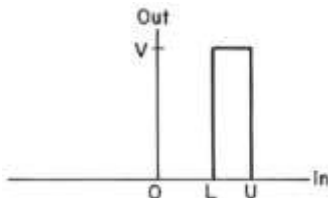
- Hasonlítsa össze formálisan a maximum likelihood (ML) becslést a maximum a posterior (MAP) becsléssel (a két becslés mely valószínűségi sűrűségfüggvények maximumhelyét keresi)! Ismertesse a két eljárás büntetőfüggvényes interpretációját (hogyan származtatjuk a büntetőfüggvényeket a sűrűségfüggvényekből, 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),  $\eta$  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 szűrés lényege? Lineáris ez szűréstípus? Milyen jellegű torzulások esetén érdemes ilyen szűrészeket 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 szűrészeket ismer? Alkalmazásuk sorn milyen megfontolásokat érdemes tenni? Mi jelenti általában e során a legnagyobb problémát? Hogyan lehet éleket kiemelni ilyen szűrészekkel?
- 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  $\sigma_n^2$  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!

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

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

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

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

- 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?
- Milyen megfontolásokat követve alkalmazható az EM eljárás küszöbölésre? Mi az EM eljárás (mint statisztikai becslés) alapötlete? Hogy néz ki az eljárás egy iterációja (formálisan írja le általános esetben (nem ismertek a konkrét eloszlások) annak lépéseit)? Értelmezze az alábbi összefüggés változóit:

$$l(\theta) = \sum_i \log(p(x^{(i)} | \theta)) = \sum_i \log \left( \sum_{z^{(i)}} p(x^{(i)}, z^{(i)} | \theta) \right) \geq \sum_i \sum_{z^{(i)}} Q_i(z^{(i)}) \log \left( p(x^{(i)}, z^{(i)} | \theta) / Q_i(z^{(i)}) \right)$$

$$p(x^{(i)}, z^{(i)} | \theta) / Q_i(z^{(i)}) = c \in \mathbb{R}, \quad Q_i(z^{(i)}) = p(x^{(i)}, z^{(i)} | \theta) / p(x^{(i)} | \theta) = p(z^{(i)} | x^{(i)}, \theta).$$

- Mit értünk régió alapú szegmentálás alatt, milyen követelményeknek kell, hogy egy ilyen szegmentálás eleget tegyen? Ismertesse a régió növesztés, illetve a régió darabolás és egyesítés eljárásokat! Milyen problémákat tud megemlíteni ezen eljárások alkalmazása esetén?
- Írja körül, hogy mit értünk textúra alatt! Hogyan lehet alkalmas az autokorrelációja egy adott régió intenzitásainak az adott régióban megfigyelhető textúra leírására? Durva, vagy finom textúra esetén informatívabb ezen leíró? Mit lehet kiolvasni az értékéből?

$$\rho(m, n) = \left( \sum_j \sum_k I(j, k) \cdot I(j+m, k+n) \right) / \left( \sum_j \sum_k I^2(j, k) \right)$$

- Interpretálja lentebbi összefüggéssel definiált ko-okkurencia mátrixot. Adjon egy olyan metrikát, mely ezt felhasználva számszerűsíti a régió kontrasztját!

$$C_d(a, b) = \left| \left\{ (x, y), (v, w) \in M \times M \mid \begin{array}{l} I(x, y) = a, I(v, w) = b \\ (x, y, v, w) \in d(M) \end{array} \right\} \right|$$

$$N_d(a, b) = \frac{C_d(a, b)}{\sum_{(a, b)} C_d(a, b)}$$

- Miért nem adnak jó megoldást az él alapú szegmentáló eljárások általános képek esetén? Ezen a problémán hogyan tud javítani (adjon, vagy nevezzen meg egy konkrét módszert)! Hogyan kapcsolódik ehhez a kérdéskörhöz a Hough transzformáció?
- Értelmezze a Hough transzformáció lentebb megadott változatait? Mely geometriai alakzatok meghatározása válik egyszerűvé a Hough tartománybeli küszöböléssel, és miért?

$$r = x \cos \theta + y \sin \theta \quad r_0 = (x-a)^2 + (y-b)^2$$

- Saját szavaival írja le a főkomponens analízis lényegét, adja meg formálisan annak kiszámításának lépéseit! Értelmezze a lentebb megadott formális összefüggéseket, valamint adja meg, hogy hogyan határozná meg  $M$  legkisebb olyan értékét, melynél 0.01-nél nem nagyobb a visszaállítás átlagos négyzetes hibája!

$$\mathbf{x} = \sum_{i=1}^M \boldsymbol{\varphi}_i \cdot \boldsymbol{\varphi}_i^T \mathbf{x}, \quad \mathbf{C}_{\mathbf{x}, \mathbf{x}} \cdot \boldsymbol{\varphi}_i = \lambda_i \cdot \boldsymbol{\varphi}_i, \quad \varepsilon^2 = \sum_{i=M+1}^N \boldsymbol{\varphi}_i^T E \{ \mathbf{x} \mathbf{x}^T \} \boldsymbol{\varphi}_i$$

Deformálható modellek:

ASM:

- Szövegesen adja meg az ASM eljárás főbb lépéseit! Milyen esetekben alkalmazható jól, és mikor nem az eljárás? Miben tér el egymástól az ASM és az AAM?
- Az ASM esetén mit értünk modell építés alatt? Minek a modelljét építjük fel, és ehhez mely eljárást alkalmazzuk és milyen célból? Mire kell ügyelni a modell építése során? Hogyan generálhatunk mesterségesen hihető kontúrokat a modell felhasználásával? Milyen megkötést érdemes alkalmazni ezen kontúrok generálása során és ennek mi az oka?
- Milyen szerepe lehet a multirezolúciós technikának a képszegmentálási eljárásoknál? Az ASM eljárás esetén konkrétan miért érdemes ezt alkalmazni, és milyen hibákat lehet így elkerülni?
- Értelmezze az előadáson ismertetett lentebbi ASM összefüggést! Hogyan relaxálja az a valóban megoldandó feladatunkat? Ezen relaxáció milyen esetben jelent problémát? Mi a motivációja a feltétel alkalmazásának?

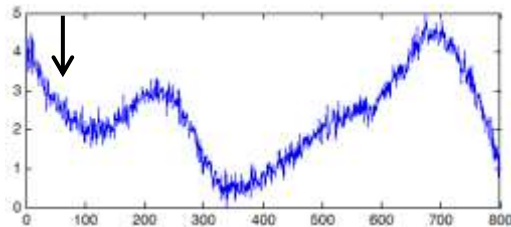
$$\max. \quad \sum_i \left\| \nabla I(\mathbf{x}(\mathbf{b}))_i \right\|_2$$

$$\text{s.t.} \quad \left| \mathbf{b}_{(i)} \right| \leq 3\sqrt{\lambda_i}$$

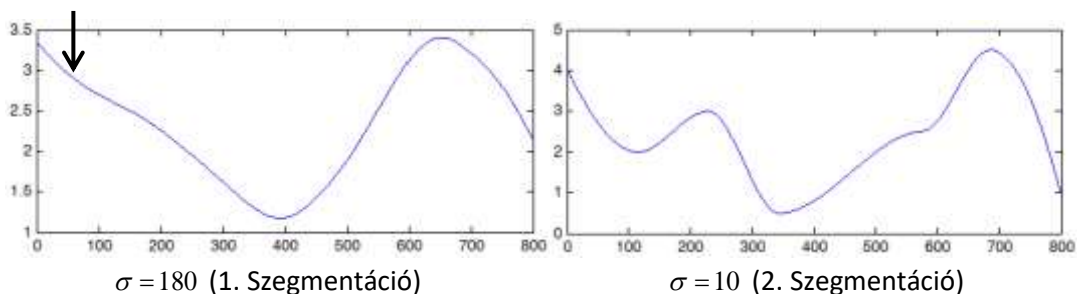
- Milyen célt szolgál az ortogonális Prokrusztész analízis ASM esetén? Amennyiben alkalmazása elkerülhetetlen, akkor hogyan módosul a szegmentálás ahhoz az esethez képest, amikor nem kell alkalmazni? Milyen esetben kell ezt alkalmazni?

ACM:

- Ismertesse formálisan a Snake futása során megvalósított optimalizálási feladatot az energiapotenciál ( $E(x)$ ) felhasználásával. Mit tud mondani az optimalizálási probléma algoritmikus nehézségéről? Az  $E(\mathbf{x}) = E_{int}(\mathbf{x}) + E_{im}(\mathbf{x}) + E_{ext}(\mathbf{x})$  energiapotenciál esetén mi az integrandus egyes tagjainak interpretációja? Az  $E_{int}(\mathbf{x}) = \frac{1}{2} \int_{s=0}^1 \alpha(s) \cdot \left| \frac{\partial \mathbf{x}}{\partial s} \right|^2 + \beta(s) \cdot \left| \frac{\partial^2 \mathbf{x}}{\partial s^2} \right|^2 ds$  belső energia egyes tagjai milyen kényszereket gyakorolnak a szegmentáló görbe pontjaira? Amennyiben a többi energiateg értéke  $\mathbf{x}$ -től független skalár, abban az esetben milyen az optimalizáció végén előálló szegmentáló görbe?
- Adjon példákat az energiapotenciál képhez kapcsolódó tagjaira ( $E_{im}(\mathbf{x})$ ). Mi a szerepe a Gauss elmosásnak ezen példák esetén? Mit szabályoz az eljárás végső működését tekintve a  $\sigma$  paraméter értéke?
- Hogyan jelentkezik a lokális optimum probléma a Snake szegmentáló eljárás esetén. Milyen módszereket ismer a probléma kezelésére? Mi az ú.n. kétfázisú szegmentáció lényege (gondoljon az esettanulmányra)? A mellékelt ábrák segítségével magyarázza el az energiatag/ energiapotenciál multiscale Gaussal történő elmosásán alapuló többlépéses szegmentálás lényegét:



Kiindulási energiapotenciál



Fekete nyílal jelöljük a Snake minimalizációjának kiindulási állapotát. Jelölje be, hogy az első szegmentáció leállításának az állapotát, és a 2. Szegmentáció indulásának és leállításának a helyét. Az ábrák és saját ismeretei alapján interpretálja  $\sigma$  paraméter értékek megválasztását.

- Mi a GVF regularizáció célja? Milyen gyakorlati problémák esetén segíti a szegmentálást? Értelmezze a GVF optimalizáció célfüggvényét, valamint annak vizsgálatával analizálja a regularizáció működését!

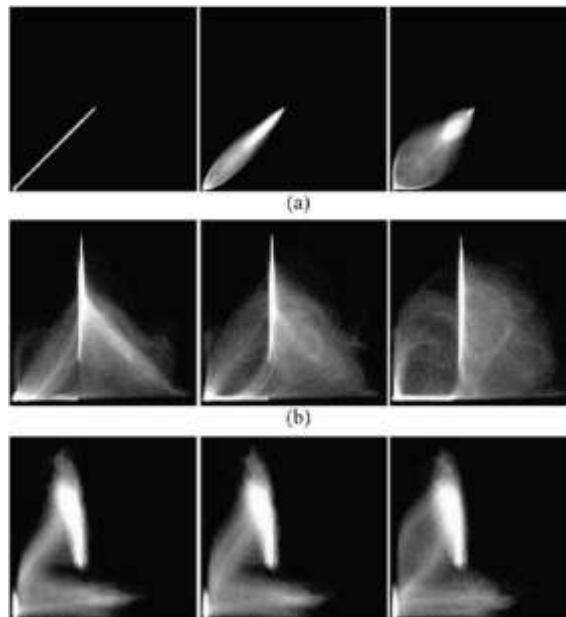
$$\mathbf{v}^* = \arg \min_{\mathbf{v}=[u,z]} \left\{ \iint \mu \cdot (\|\nabla u\|_2^2 + \|\nabla z\|_2^2) + \|\nabla P\|_2^2 \cdot \|\mathbf{v} - \nabla P\|_2^2 dx dy \right\}$$

### Regisztrációs eljárások

- Mi a regisztráció célja és milyen fő eljáráscsaládokat lehet megkülönböztetni? Orvosi alkalmazást tekintve tipikusan milyen célból használnak regisztrációt?



- Mit jelent a merev regisztráció, és milyen elemi torzító műveletek hatását lehet vele adekvátan kompenzálni?
- Orvosi képalkotó vizsgálattal készült projekciók esetén milyen gyakorlati problémák miatt nem adekvátak a globális transzformáció alapú regisztrációs eljárások?
- Mi a görbült transzformáció alapú regisztrációk lényege?
- Mi az affin és mi a projektív transzformáció?
- Hogyan alkalmazható a korreláció tétel merev regisztráció esetén?
- Mit értünk (formálisan) két kép együttes hisztogramja alatt? Adottak a szöveg alatt látható együttes hisztogramok – mit tudunk a regisztráció pontosságáról, illetve milyen jellegű regisztrációk utáni együttes hisztogramokat mutatnak az ábrák?



- Milyen esetekben adekvát az ortogonális Procrustes eljárás? Adja meg az eljárás kritériumfüggvényét (illetve amennyiben tudja, akkor származtassa az eljárást)!
- Adja meg, hogy merev transzformáció esetén Fourier térben hogyan végezhető el a regisztráció!

### Rekonstrukciós eljárások:

- Ismertesse a röntgen tomográfia alapjait, értelmezze az általánosított Beer-Lambert törvényt (segítségül: 
$$\mathbf{I}_{(x_0, y_0)} = \int_{E_{\min}}^{E_{\max}} I_0(E) \cdot \exp \left\{ - \int_{P(x_0, y_0)} \mu(E, \mathbf{x}) d\mathbf{x} \right\} dE$$
), mondja ki az egyszerűsített Beer-Lambert törvényt (monokróm energiaspektrumú sugárforrás esete). Ezen modellek alapján milyen eloszlással modellezhető az inherens zaj? Definiálja folytonos esetben a rekonstrukciót, mint lineáris inverz feladatot (az egyszerűsített Beer-Lambert törvényből kiindulva). Mondjon példát olyan hatásokra, melyeket nem modellez az egyszerűsített Beer-Lambert törvény! Milyen előfeldolgozási műveletek elvégzése szükséges ahhoz, hogy a detektor által mért intenzitások a térfogat lineáris csillapítási együtthatóinak valóban lineáris függvényei legyenek?
- Ismertesse a számítógépes tomográfia (CT) alapjait (2D eset): Radon transzformáció, szinogram, Fourier vetítősík tétel, szűrt visszavetítés alapötlete, Fan-beam geometria és a

rekonstrukció visszavezetése a párhuzamos sugaras esetre, Cone-beam geometria és a Cone-beam artifact.

- Szűrt visszavetítés „származtatása” (elegendő az intuitív változat) (segítség: gondoljon a Fourier vetítő sík tételre), spektrumtartományban mondja ki, hogy mikor lehetséges az ideális rekonstrukció! Szűrt visszavetítés implementációs kérdései, magas frekvenciás zajérzékenység problémájának kezelése. Milyen jellegű becslési problémát old meg az FBP?
- Definiálja a röntgen képalkotás általános megfigyelési modelljét (mind diszkrét, mind folytonos esetben). Ismertesse a Kaczmarz iteráció (Gordon ART) alapötletét, mitől függ az esetleges konvergencia sebessége? Milyen esetekben konvergens és mely esetekben nem az az eljárás? Mi a limit hurok viselkedés lényege? Értelmezze a térfogatbecslő frissítési

$$\text{összefüggését: } \mathbf{f}^{(k+1)} = \mathbf{f}^{(k)} + \left( \mathbf{H}_{(i,:)} \cdot \mathbf{f}^{(k)} - \mathbf{g}_{(i)} \right) \frac{\mathbf{H}_{(i,:)}^T}{\mathbf{H}_{(i,:)} \cdot \mathbf{H}_{(i,:)}^T}$$

- Hasonlítsa össze az SART, az SIRT, és a Gordon ART és a Multiplikatív ART rekonstrukciós eljárásokat. Mi a különböző változatokban a közös, és mi az, ami eltérő. Segítségül a Gordon

$$\text{ART térfogatbecslő frissítési összefüggése: } \mathbf{f}^{(k+1)} = \mathbf{f}^{(k)} + \left( \mathbf{H}_{(i,:)} \cdot \mathbf{f}^{(k)} - \mathbf{g}_{(i)} \right) \frac{\mathbf{H}_{(i,:)}^T}{\mathbf{H}_{(i,:)} \cdot \mathbf{H}_{(i,:)}^T}, \text{ míg a}$$

$$\text{Multiplikatív ART esetében: } \mathbf{f}^{(k+1)} = \mathbf{f}^{(k)} \cdot \left( 1 - \mu \cdot \left( 1 - \frac{\mathbf{g}_{(i)}}{\mathbf{H}_{(i,:)} \cdot \mathbf{f}^{(k)}} \right) \right)$$

összefüggést!

- Ismertesse a PET (pozitron emissziós tomográfia) alapú képalkotás alapelvét! Ismertesse a felvételkészítés menetét, felvételi elrendezést, rekonstrukció bementének előállítását! Mi a Line of Response (LOR) jelentése, mutasson példát valós, szórt és random LOR szerinti beütésekre. Miért alkalmazunk impulzus-előválasztásos (beütések idejét adja vissza) detektort? Hasonlítsa össze SNR szempontjából a klasszikus röntgen projekciókkal a PET-es „projekciókat”. Mit becsül a PET-es rekonstrukció és mit egy CT? Mi a PET/CT modalitás alapötlete?
- Ismertesse az EM eljárások alapelvét! Interpretálja és ismertesse az ML-EM iterációjának alapelvét, illetve az egyes iterációk összefüggéseit. Értelmezze az eljárás egy iterációját.

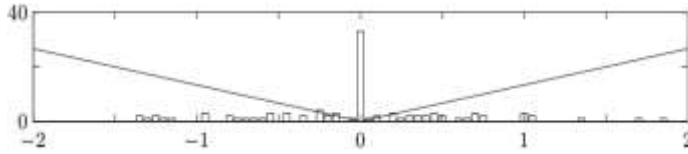
Segítségül az Expectation lépés:  $s_{j,m} = A_{j,m} \cdot x_m \cdot y_j / \sum_{m'} A_{j,m'} \cdot x_{m'}$  Maximization lépés:

$$\arg \max_x \left\{ p(s|x) = \prod \prod \frac{E\{s_{j,m}\}^{s_{j,m}} \cdot \exp(-E\{s_{j,m}\})}{s_{j,m}!} \right\}, \sum_i \frac{y_i}{\sum_{m'} A_{i,m'} \cdot x_{m'}} \cdot \frac{A_{i,j}}{\sum_{i'} A_{i',j}}$$

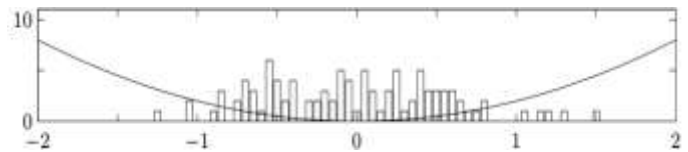
- Ismertesse a Maximum A Posteriori (MAP) becslésen alapuló térfogat rekonstrukciót formálisan (segítségül az projekciós modell:  $\mathbf{g} = \mathbf{H} \cdot \mathbf{f} + \boldsymbol{\eta}$ )! Mi a kapcsolat a valószínűségi felírás és a büntetőfüggvényes felírás között? Miben különbözik és miben hasonlít a MAP becslés az ML becsléshez? Mi indokolja rekonstrukciók esetén a MAP becslés alkalmazását? Interpretálja az alábbi (büntetőfüggvénnyel definiált) MAP becslést:  $\Phi_{Likelihood}(\mathbf{f}) = 1/2 \cdot (\mathbf{g} - \mathbf{H} \cdot \mathbf{f})^T \cdot \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \cdot (\mathbf{g} - \mathbf{H} \cdot \mathbf{f})$ ,  $\Phi_{Prior}(\mathbf{f}) = \alpha \cdot \mathbf{f}^T \cdot (\mathbf{D}^T \mathbf{D}) \cdot \mathbf{f}$ . Milyen megfigyelési zajt és milyen priort feltételezünk?

- Mi a compressive sensing alap gondolata? Mondjon egy olyan példát, ami szemlélteti általánosan is az alkalmazhatóságát! Rekonstrukciós problémák esetén hogyan alkalmazható? Mi az élőző regularizáció / teljes variancia minimalizáció lényege? Hasonlítsa

össze az alábbi két esetet:  $\Phi_{\text{Prior}}(\mathbf{f}) = \alpha \cdot \|\mathbf{D} \cdot \mathbf{f}\|_2^2$ ,  $\Phi_{\text{Prior}}(\mathbf{f}) = \alpha \cdot \|\mathbf{D} \cdot \mathbf{f}\|_1$ . Az ábrák segítségével hasonlítsa össze a gradiens L1 és L2 norma minimalizáció alapú regularizációk viselkedését! L1 regularizáció büntetőfüggvénye, és a rekonstrukció gradiensének eloszlása:



L2 regularizáció büntetőfüggvénye és a rekonstrukció gradiensének eloszlása:



- Adott az  $\mathbf{g} = \mathbf{H}\mathbf{f}$  összefüggés, melyet invertálni szeretnénk. Mit értünk  $\mathbf{H}$  kondíciós száma alatt? Milyen módszerek alkalmazásával lehetséges az invertálás műveletét stabilizálni? Adjon analóg módszert a csonkolt dekonvolúcióval, valamint a Wiener inverz szűréssel a mátrix invertálás általános problémájára! Mit értünk spektrál dekompozíció alatt? Mi történik, ha  $\mathbf{H}$  egy diszkrétizált, LSI rendszer leképzését leíró mtr.
- Alkalmazási oldalról tekintve milyen alapvető elvárásokat fogalmazhatunk meg 3d képalkotó modalitások kimenetével kapcsolatban? Mi a Hounsfield Unit? Miért probléma a sugárkeményedés CT esetén? Milyen artifaktokat eredményez és miért? Hogyan minimalizálható? Mi a foton éhezés artifakt lényege? Hogyan torzítja a Compton szóródás a rekonstrukciókat? Milyen módszerek állnak rendelkezésre ennek kompenzálásához? Mi a fém artifakt lényege? Hogyan korrigálható? FBP eljárás alkalmazása esetén hogyan rekonstruálható limitált térfogatrész? Mi a részleges térfogat hiba lényege?