

Képképző diagnosztikai eljárások

Soroljon fel néhány orvosi képképző eljárás alapuló diagnosztikai eljárást, mely transzmissziós, indukciós, emissziós elv alkalmazásán alapul. Mire szolgálnak az egyes diagnosztikai eljárások?

- Transzmisszió: a test belső struktúrájának felderítése (röntgen, CT, angiográfia, ...)
- Indukció: a test szerkezetének leképezése (MRI)
- Emisszió: funkcionális működés vizsgálata (PET, szcintigráfia, ...)

Adjon meg tipikus értékeket a képképző 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?

- többnyire szürkeárnyaltos képek, 8-16 bit gradációbeli felbontás (emberi szem: 7 bit)
- néhány ezer – néhány száz tízmillió pixel
- egy vizsgálathoz néhány – több száz kép
- a képek kontrasztja nagyon különböző lehet
- röntgen, mammográfia: 0,1 mm/px ???
- CT, MRI: 0,5 - 1mm / px, de MRI akár 0,02 mm/px is lehet

Milyen frekvenciatartományba eső jellel végzik a mammográfiás, a CT vizsgálatokat és milyen energiájú fotonokkal végzik a vizsgálatot?

- hard X-ray (ionizáló) sugárzás
- mammográfia ~20keV
- CT ~100 keV

Mit nevezünk duál energiás röntgenfelvételnek, milyen energiaértékekkel készülnek és milyen célt szolgálnak az ilyen felvételek? Milyen technikai megoldásokat ismer duál energiás felvételek készítésére?

- leggyakrabban a csontsűrűség mérésére használják
- két különböző effektív energiájú röntgensugár
- vagy egymás után más csőfeszítéssel, vagy egymás mögött két detektorral

Adja meg a Beer-Lambert törvény összefüggését és értelmezze az összefüggést!

- $I = I_0 e^{-\mu x}$
- kilépő intenzitás = belépő intenzitás * exp{- lineáris csillapítási együttható * réteg vastagsága}

Hogyan definiálják a HU (Hounsfield unit)-ot és milyen képképző diagnosztikai eljárásnál alkalmazzák?

- ilyen intenzitásstartományra kell leképezni a rekonstruált képet, hogy szabványos legyen
- $HU = 1000 \frac{\mu - \mu_{water}}{\mu_{water} - \mu_{air}}$
- μ : lineáris csillapítási együttható

Mit nevezünk sugárkeményedésnek és mi a fizikai oka a jelenségnek. Milyen hatása van a sugárkeményedésnek a röntgen képképzésre? Milyen módszerekkel lehet e hatást kompenzálni, csökkenteni?

- a felező rétegvastagság (HVL) hatással van a spektrumra
- az effektív energia növelésével keményedik a sugár
- a Beer-Lambert törvényt módosítjuk (minden energiára külön kiszámítjuk és integráljuk)
- csökkentés: pl. a sugárforrás és az objektum közé fémlémezt helyezünk (soft X-ray csökkentése)

Mit nevezünk foto-elektromos kölcsönhatásnak? Mitől függ, hogy egy adott anyag, és egy adott foton között végbemegy-e ez a kölcsönhatás, vagy nem?

- egy foton „kiüt” az atomból egy belső elektront
- a helyére lépő külsőbb elektron energiát ad le foton formájában
- csak akkor lehet, ha egy elektron elnyeli egy foton energiáját és több energiája lesz, mint a kilépési munka -> ha a foton energiája túl alacsony, az elektron nem képes kilépni
- nagyon valószínű, ha az elektron kötési energiája és a beeső foton energiája közel azonos
- (Compton-szóródás: külső elektront üt ki a foton, energiát veszít)

Hogyan biztosítható, hogy egy MRI felvételnél a pozíció és a szövetek szerinti szelektivitás? Írja le röviden a szeletvastagság és a szeletpozíció meghatározásának az elvét!

- T1, T2 anyagfüggése teszi lehetővé a testszövetek szerinti szelektivitást
- pozíció szerinti szelektivitás: az alap mágneses mező a pozíció függvényében változzon
- a szeletpozíció és a szeletvastagság meghatározása ???

Mit nevezünk Larmor egyenletnek és milyen szerepe van az MRI képalkotásnál?

- a perdületük miatt a spinek a mágneses tér tengelye körül precesszálnak
- Larmor egyenlet: a precesszió szögsebessége a mágneses térrel egyenesen arányos
- $\omega = \gamma B_0$
- ω a precesszáló mozgás frekvenciája, B_0 mágneses mező 1+ Tesla, γ : gyromágneses együttható

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?

- a fény egyszerre hullám- és részecsketulajdonságokkal is bír
- a foton mozgása miatt változik a mágneses és az elektromos tér, egymásra és a terjedési irányra merőleges hullámmozgást végeznek
- a foton nyugalmi tömege 0, sebessége állandó, frekvenciájával arányos energiája $E = h \frac{c}{\lambda}$
- az energia determinálja, hogy különböző atomokkal hogyan lép kölcsönhatásba (fotoelektromos, Compton, stb.)

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?

- fény > fotodióda (fotonból áram) > kondenzátor (gyűjti a töltést) > analóg erősítő > A/D átalakító > digitális jelfeldolgozás
- kristályszerkezetek energiái: az elektronok sávokban helyezkednek el
- legfelső sáv a vezetési (elektrontöbblet), alatta a vegyértéksáv (lyuk többlet)
- az elektrontöbblet és lyuktöbblet között termikus mozgás
- N: elektrontöbblet, P: lyuktöbblet
- MOS-kapacitás: fém elektróda > szigetelő > P félvezető > N félvezető; N-félvezetőre negatív töltést csatolunk

Hogyan épülnek fel és hogy 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?

- 1 pixel: 3 kondenzátor gridben, az elektródákra kapcsolt feszültséggel a töltéseket shiftelni lehet
- szcintillátor: olyan anyag, amellyel kölcsönhatásba lép megfelelő energiájú foton és látható foton emittálódik

Hogyan működik a Graphics Interchange Format alapú képtárolás? Ismertesse a Portable Network Graphics formátum során alkalmazott tömörítési eljárás főbb lépéseit!

- GIF: legfeljebb 8 bites képek színes esetben is, LZW veszteségmentes tömörítés
- PNG: α csatornák, γ korrekció, palettás / 16 bites grayscale / 48 bites színábrázolás
- veszteségmentes, két fázisú tömörítés (egyszerű lineáris szűrés alapú predikció, majd LZ77 tömörítés)

Ismertesse a Joint Photographic Experts Group formátum tömörítő eljárásának főbb lépéseit. Milyen melléktermékeket okozhat ez a fajta tömörítő eljárás?

- színtér transzformáció (RGB-ből Y'CrCb térbe – fényerő, vörös és kék árnyalat intenzitása)
- színcsatornák alulmintavételezése (Y'-re sokkal érzékenyebb a szem, Cr és Cb nem kell annyira részletesen)
- 8x8 méretű blokkok kialakítása (ha nem lehet, akkor extrapoláció)
- diszkrét koszinusz-transzformáció minden blokkra egyenként
- kvantálás (itt állítható a veszteség)
- kódolás (együtthetők sorosítása, majd futáshossz + Huffman kódolás)
- melléktermékek: ringing (meredek átmenetű alul áteresztés), blokkosodás (blokkonkénti tömörítés miatt), elszíneződés (Cb, Cr alulmintavételezése miatt), elmosás (tömörítés miatt)

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

- konténer formátum, tag-ekből épül fel
- a kép is egy tag, melyhez egy másik tag-ben megadható a formátuma + egyéb metaadatok
- a szabvány leírja a fájlok archiválásának módját is (hálózati felépítés, kommunikációs protokoll)

Lineáris időinvariáns rendszerek / képközpontozás 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)?

- a rendszer válasza: $y(t) = S\{s\}(t) = (s * h)(t)$
- konvolúciós integrál: $\int_{t'=-\infty}^{\infty} f(t')h(t-t')dt'$
- a válaszfüggvény spektruma a Fourier-transzformáltja
- az identifikáció célja a rendszer átviteli függvényének spektrumának meghatározása
- multiszinuszos vizsgálójel (Fourier-sorfejtés), bemeneti fehér zaj (teljesítménysűrűség spektruma egyenletes), kimeneti fehér zaj (a teljesítménysűrűség spektruma az átviteli függvény négyzetével arányos)

Mit definiál egy képközpontozó rendszer esetén a Point Spread Function (PSF) és a Modulation Transfer Function (MTF), ezek milyen kapcsolatban állnak a képközpontozó rendszer súlyfüggvényével, illetve átviteli függvényével. Formálisan ismertesse az általános képközpontozás (3D objektumból 2D projekcióba képző) megfigyelési modelljét (interpretálja a modell tagjainak a jelentését)!

- általános modell: a gerjesztés képét elmosás és additív zaj degradálja
- a rendszer súlyfüggvénye a PSF
- ha a PSF pozíciófüggetlen, a modulációs átviteli függvény $\left| \frac{H}{H(0,0)} \right|$
- a súlyfüggvény a rendszer átviteli függvénye, ha nincsen additív zaj
- $g(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{\infty} h(x, y; \alpha, \beta, \gamma) f(\alpha, \beta, \gamma) d\gamma d\alpha d\beta + \eta(x, y)$

- $f(\alpha, \beta, \gamma)$ gerjesztés (vizsgált objektum), $h(x, y; \alpha, \beta, \gamma)$ PSF, $\eta(x, y)$ additív zaj

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?

- $bw(h)$ a zaj nélküli effektív felbontás, képalkotásban a 0.5-ös MTF érték határozza meg
- $MTF = \left| \frac{H}{H(0,0)} \right|$, ahol H a PSF spektruma
- vonalpár fantom, rés módszer (magas frekvencián pontosabb), él módszer (alacsony frekvencián pontosabb), a fantom elhelyezésétől függő irányban mérhető az MTF
- hiányosság: valós számok, a fázisinformációt elveszítjük (az OTF tudná)

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 számítandó. Alkalmazható-e a CNR nemlineáris rendszerek minősítésére (válaszát indoklással támassza alá)?

- általános: $SNR = 10 \log_{10} \frac{P_{signal}}{P_{noise}} = 20 \log_{10} \frac{A_{signal}}{A_{noise}}$
- képalkotó rendszereknél: $SNR = \frac{\mu_{(x,y) \in N}\{I(x,y)\}}{std_{(x,y) \in N}\{I(x,y)\}}$
- $CNR = \frac{C_{A,B}}{\sigma_N}$ ahol A és B a két elkülöníteni kívánt objektum képe és N azon régió, amelyből becsülhető a képzaj
- a CNR nem tételez fel lineáris képalkotást, alkalmas nemlineáris rendszerek minősítésére

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?

- ergodikussal eloszlással írható le, véletlen Poisson folyamat (Q várható érték esetén \sqrt{Q} szórással)
- inherens zaj: a fotonok eloszlása az érzékelő felületén és időben nem egyenletes
- az ideális képalkotó rendszer plusz zajt nem generál, a jel-zaj viszonyok megegyeznek

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 szövegesen megadni)?

- az NPS a rendszer válaszaként kapott zajos és az eredeti (ideális) kép különbségéből határozható meg a detektor fizikai méretének függvényében
- az NNPS kompenzálja a rendszer erősítést, $NNPS(u, v) = NPS(u, v) / A^2$
- az NEQ megadja, mennyi foton lenne szükséges ugyanazon képminőség eléréséhez, ha ideális lenne a képalkotás, $NEQ(u, v) = \frac{MTF^2(u, v)}{NNPS(u, v)} = SNR^2(u, v)$
- ismernünk kell, mi a detektor válasza olyan helyen, melybe Q foton érkezik
- $DQE(u, v) = \frac{NEQ(u, v)}{Q} = \frac{SNR^2(u, v)}{SNR_{in}^2(u, v)}$
- a DQE a kész rendszer információátvitelének hatékonyságát méri, értéke 0 és 1 között változik

Fourier-transzformáció quick&dirty

- **folytonos Fourier-transzformáció**
lineáris transzformáció a véges energiájú folytonos függvények tere felett
- **folytonos Fourier-sorfejtés**
lineáris transzformáció a periodikus folytonos függvények tere felett
- **folytonos FT és FFS kapcsolata**
FFS mintavételezi a spektrumot, periodikus jelből diszkrét spektrum keletkezik
- **diszkrét idejű Fourier-transzformáció**
mintavételezéssel előállt végtelen hosszú, abszolút összegezhető jel
- **folytonos FT és DTFT kapcsolata**
végtelen impulzuszűsű (matematikai mintavételezés: folytonos jel elemenkénti szorzata az impulzuszűsűvel), az időtartománybeli szorzás a spektrumok konvolúciója
- **Nyquist mintavételi törvény**
egy folytonos idejű jel elvileg tökéletesen visszaállítható mintáiból, ha a mintavételi frekvencia legalább kétszer akkora, mint a jel sávszélessége
$$bw\{w\} < \frac{f_s}{2}; f_s = \frac{1}{\Delta x}$$
- **alul mintavételezés**
ha a Nyquist törvény nincs betartva, alul mintavételezés -> spektrum átlapolódása (moire / aliasing)
anti-aliasing filter (mintavételezés előtti aluláteresztő szűrés, pl. fényképezőgépeknél optikai szűrő)
- **mintavett jel rekonstrukciója**
a mintavételezett jel értékének előállítására két mintavételezési pont között
ha sérült a mintavételezési törvény, akkor lehetetlen
LTI rendszerrel a mintavételezett jel és egy interpolációs kernel konvolúciója
box szűrő kéne, de az nem realizálható, helyette ZOH, lineáris, B-spline, ...
- **diszkrét Fourier-transzformáció**
a diszkrétizált jelet N pontban ismerjük
- **DFT és DTFT kapcsolata**
megfigyelési ekvivalens: az első N mintára $x[n] = y[n]$, egyébként 0
DFT mintavételezi a megfigyelési ekvivalens DTFT spektrumát
- **diszkrét Fourier-sorfejtés**
ha a DFT által meghatározott spektrum diszkrét
- **DFT és DFS kapcsolata**
DFT időtartományban véges idejű diszkrét jelet vár
DFS periodikus, végtelen idejű diszkrét jelet vár
DFT: a megfigyelt jelrészlet egy folytonos periodikus jel egy periódusának tekinthető
- **DFT kapcsolata a DTFT-vel és a DFS-sel - spektrumszivárgás**
a DFT impliciten cirkuláris jelet feltételez, az eredeti végtelen terjedelmű jelünk véges részét tudtuk mintavételezni
cél lenne a DTFT spektrumot szivárgás nélkül mintavételezni, ehhez ablakozni kell, pl. Hamming-ablak
- **koherens mintavételezés**
periodikus jelből egész számú periódusnyit mintavételezünk
- **2D DFT**
bázistranszformáció ortogonális bázisokra (szinuszos hullámok), [M,N] szerint periodikus, a spektrum hullámfrontos interpretációja
gépi ábrázolásnál konjugált szimmetria, fftshift: DC komponenst csavarjuk középre a Nyquist-frekvenciához tartozó komponens helyett
- **2D DFT számolási tulajdonságok**
direkt számítás NxN-es képre: $O(N^4)$, szeparálással $O(N^3)$, szeparálás + FFT: $O(N^2 \log(N))$
- **polárkoordinátás DFT**
radon transzformáció és annak invertálása (elforgatás és eltolás könnyen számolhatóvá válik)

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)?

- g : kapott kép, h : PSF, f : ideális kép, η : additív zaj
- $f, g \in \mathbb{R}_+^2$ és $\eta \in \mathbb{R}^2$
- nem korrigálható, mert a konvolúció nem hajtható végre ???

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!

- dekonvolúció frekvenciatérben: $F_{(u)} = (G/H)_{(u)}$
- a becsült kép spektruma: $F' = F \circ (H/H') + N/H'$
- a PSF általában aluláteresztő jellegű, magas frekvenciákon $N ./ H'$ dominál (~ 0 -val osztás)
- megoldás: csonkolt dekonvolúció, vagy Wiener inverz-szűrés

Hasonlítsa össze a csonkolt dekonvolúciót a direkt dekonvolúcióval! Mely problémákat képes a csonkolt dekonvolúció kiküszöbölni és mely hiányosságokat nem?

- a direkt dekonvolúció esetén magas frekvenciákon $N ./ H'$ dominál, az additív zajt kiemeli
- a csonkolt dekonvolúció esetén azokon a frekvenciákon, melyeken az MTF alacsony (kisebb, mint ε küszöbérték), 0 legyen az eredmény
- az additív zaj által okozott artifaktumokat kiküszöböli, de pl. a ringing effektust nem

Hasonlítsa össze formálisan (átviteli függvényük szerint) a Wiener inverz szűrését a csonkolt dekonvolúcióval! Hogyan és hol jelenik meg a Wiener inverz szűrés, és a csonkolt dekonvolúció átviteli függvényében a zaj kezelése? Értelmezze az ε paraméter hatását.

- a Wiener-szűrő a kapott kép és az eredeti torzítatlan kép különbségének várható értékét próbálja minimalizálni
- a csonkolt dekonvolúció az additív zajjal terhelt részeket a magas frekvenciás komponenseknél nullázza
- a zaj kezelése Wiener-szűrő esetén a nevezőben a várható értékkel történő skálázásnál, csonkolt dekonvolúció esetén a küszöbözésben jelenik meg
- az ε küszöbérték azt az MTF értéket határozza meg, melynél alacsonyabb értékek esetén az adott frekvenciához tartozó eredmény 0 a kimeneti képen

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?

- az ML becslés a negatív log likelihood függvényt minimalizálja, $-\log(P\{g|f\})$
- bünteti a mérések és a zaj nélkül becsült, torzított kép eltérését: $\|g - g'\| = \|g - h * f\|$
- a MAP becslés emellett egy prior tag segítségével azt is meghatározza, hogy milyen dekonvolvált képet preferálunk (pl. zajmentesség, pozitivitás, simaság, stb.)
- minimalizálja: $-\log(P\{f|g\}) = \Phi_{ML}(f) + \Phi_{prior}(f) + K = -\log(P\{g|f\}) - \log(P\{f\}) + K$
- az additív zaj várható értéke külön modellt állítanak fel, az ML jelentősen felerősíti a zajt (explicit regularizáció szükséges)

Richardson-Lucy algoritmus

- a képpontok intenzitását fotonok becsapódási valószínűségével interpretálja
- $P\{f_{(i)}\}$: P(„egy foton a detektor i-edik érzékelő-elemébe csapódik, ha nincs zaj és torzítás”)
- $P\{g_{(k)}\}$: P(„egy foton a detektor k-adik érzékelő-elemébe csapódott a megfigyelt kép rögzítése során”)
- $P\{g_{(k)}|f_{(i)}\}$: P(„ideális esetben az i-edik érzékelőelembe csapódó foton a k-adik érzékelőelembe csapódik bele – a képképző LTI rendszer torzítása miatt”)
- iterál a célváltozó felett, feloldja a valószínűségi értelmezést, elvégzi a behelyettesítést, konvergenciakritériumok elérésekor leáll

Képjavítás, előfeldolgozás

Definiálja egy kép hisztogramját! Mit csinál egy hisztogram kiegyenlítő eljárás?

- a kép színértékeiről vagy szürkeségi fokozatáról készül, az adott értékek gyakoriságait szorosan egymás mellé rajzolt téglalapok jelölik a grafikus ábrázolásban
- a hisztogramkiegyenlítés olyan transzformáció, hogy az intenzitásértékek egyenletes eloszlásúakká váljanak
- a hisztogram széthúzásával a kontraszt javítható

Mit jelent és milyen esetekben célszerű homomorfikus képfeldolgozást alkalmazni?

- multiplikatív zajok mellett hatékony
- $F(j, k) = I(j, k)S(j, k)$
- a kép a megvilágítás és a zajmentes kép szorzataként áll elő
- logaritmálás után hagyományos szűrési eljárások alkalmazhatóak

Mi a Karhunen-Loeve transzformáció, és milyen speciális tulajdonságai vannak? Adjon meg legalább két olyan alkalmazási területet, ahol a KLT-nek fontos szerepe lehet!

- főkomponens-analízis (PCA) – jelfüggő ortogonális transzformáció
- az x, y koordinátarendszerben ábrázolt adatokból kiindulva az x', y' koordinátarendszer megtalálása, hogy az x' mentén nagyobb tartományban szóródjanak a mintapontok
- x' koordináta jobban reprezentálja az adatpontokat, mint y'
- pl. tőzsdén a befektetési portfóliók meghatározó elemeinek kiválasztása, agykutatásban neuron ingerlésére használt stimulus tulajdonságainak meghatározása, ASM képfeldolgozásban, ...

Egy 1000 db 1024×1024 méretű képekből álló képkészletet szeretne tömöríteni. Hogyan alkalmazható a KL transzformáció képtömörítésre? Adja meg az algoritmus lépéseit!

- a kép tárolása mátrixalakban
- szinguláris értékek szerinti felbontás (U, E, V mátrixok)
- a kapott 3 mátrix elemeinek száma sokkal kisebb, mint az eredeti képé
- az eredeti kép (veszteségesen) visszaállítható UEV' kiszámításával

Definiálja a rank szűrést, illetve a medián szűrőt! Milyen képek esetén érdemes a medián szűrést alkalmazni?

Bizonyítsa be, hogy a medián szűrés a rank szűrés egy speciális változata! Lineárisnak tekinthetőek a rank szűrések? Válaszát indokolja!

- rank szűrés: sorbarendezi a szomszédos pixeleket növekvő intenzitásértékek szerint, kiválaszt egyet a rangnak megfelelően és az lesz a kimenet
- medián szűrés: olyan speciális szűrés, ahol a rang a középső elem (páratlan elemszámnál) vagy a középső két elem átlaga (páros elemszámnál)
- folt, tüske vagy salt and pepper jellegű zajok eltávolítására alkalmas

- nem lineáris, mert $F(A + \lambda B) \neq F(A) + \lambda F(B)$

Milyen képszűrő eljárásokat ismer, melyek alkalmazhatóak a képzaj redukálására? Ezek miben térnek el egymástól, és egyenként milyen előnyökkel és hátrányokkal rendelkeznek?

- élkiemelés, elmosás, ...
- zaj redukálására a lineáris elmosó szűrők (aluláteresztés, ...) és a nemlineáris (rank, ...) szűrők is alkalmasak

Definiálja a Hough transzformációt! Ismertesse a transzformáció fontosabb lépéseit, milyen esetben érdemes használni és adott problémákat hogyan lehet megoldani a transzformáció alkalmazásával?

- magasabb rendű struktúrákat keres az élpontok halmazában
- ismert alakú és méretű objektumok keresésére alkalmas akkor is, ha azok részben takartak vagy zajosak
- transzformáció Hough-térbe
- pl. körök esetén a 2D Hough-térben minden élpontnak egy, a potenciális középpontokat tartalmazó kör felel meg, a maximumhelyek a detektált körök középpontjai

Ismertesse az EM algoritmus alap gondolatát! Milyen problémák esetén érdemes ezt az eljárást alkalmazni?

- egy valószínűségi eloszlás valamilyen paraméterét akarjuk becsülni részlegesen megfigyelhető adatok alapján
- az ismeretlen paraméterre adott kiinduló hipotézis alapján becslést tudunk adni
- várható érték képzés és maximum keresés
- pl. Gauss eloszlások paramétereinek becslésére

Képszegmentálás

Hogyan alkalmazhatóak a klaszterező eljárások képszegmentálásra?

- klaszterezés: dimenziócsökkentő eljárás, adattömböket homogén csoportokba sorol
- az egyes klasztereken belüli adatok valamilyen dimenzió szerint hasonlítanak egymáshoz és különböznek a többitől
- különféle távolság- vagy hasonlóságmértékek alapján csoportosít
- a képeket feature vektorokkal reprezentáljuk
- adott mintaképhez hasonló képek egy képadatbázisban neurális hálózatokkal kereshetőek

Hogyan tud ellenőrzött tanítású eljárással képszegmentálási feladatot megoldani? Adjon egy konkrét példát!

- ellenőrzött tanulásnál mindig van információnk a rendszer kívánt válaszáról
- pl. ASM módszer, objektumok alakjának statisztikus modelljeit iteratív módon deformáljuk, hogy egy objektum új képéhet igazodjanak

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?

- a képekhez pontokat (landmarks) és ezeket összekötő egyeneseket rendelünk, a referenciapontok átlagát és az átlagtól való eltérés varianciáját meghatározzuk
- alak és elhelyezkedés szempontjából kezdeti becslést adunk
- minden modellpontnál keressük a normális irányokat és ezek mentén keressük a legjobban illeszkedő megjelenést
- frissítjük a paramétereket, hogy a legjobban illeszkedjen a modell a megtalált pontokra
- folytatjuk az eljárást a konvergencia eléréséig

- előny: tetszőleges alakzat felismerésére alkalmazható
- hátrány: az alakzatot és a várható elhelyezkedését ismernünk kell
- alkalmazható, ha tudjuk, milyen alakzatot és hol keresünk

Milyen szerepe lehet a multirezolúciós technikának a képszegmentálási eljárásoknál? Részletezze az ASM eljárásnál a multirezolúciós megoldást!

- gyorsabb, pontosabb, robusztusabb megoldást ad
- a keresést egy durva felbontású képen indítjuk, majd fokozatosan finomítunk (kép poramos)

Milyen szerepe van a PCA eljárásnak az ASM/AAM szegmentálásnál? Ismertesse a PCA eljárás lényegét!

- a PCA célja olyan parametrikus leírása a képnek, ahol a paraméterek száma minél kisebb, miközben a kép a lehető legkevésbé torzul
- a paraméterek megváltoztatásával az eredeti képkészlethez hasonló további képek generálhatók
- az X pontok mindegyikének környezetében keressünk legjobban illeszkedő X'-t
- frissítsük a paramétereket úgy, hogy az új pontok a legjobban illeszkedjenek
- alkalmazzuk a szóródás korlátokat

Miben tér el az AAM eljárás az ASM eljárástól? Adja meg az AAM eljárás lépéseit!

- az AAM minden pixelt felhasznál és ezeket alak és megjelenés szempontjából is nézi, a texturát is figyelembe veszi
- kiindulás: mint ASM-nél
- a texturára is készít statisztikai modellt
- alakot és texturát együttesen kezeli, PCA-val

Mit jelent a Procrustes analízis és milyen szerepe van az ASM eljárásban?

- irány, pozíció, méret egységesítés úgy, hogy az átlagostól való négyzetes eltérés minimumot adjon
- ha több képből indulunk ki, elérhetjük, hogy az alakok ugyanabban a koordináta-rendszerben jelennek meg

Egy szövettani metszeteket tartalmazó képkészlet szegmentálására van szükség. Alkalmazható-e az ASM eljárás szegmentálásra? Válaszát indokolja!

- tipikusan olyan feladat, amire az ASM nem jó
- az kellene, hogy legyen értelme egy alakzathoz/kontúrhoz modellt rendelni, de az egyes szövetrészek teljesen egyediek
- a modell statisztikai alapon működik, egy-egy kép alapján nem értelmes
- olyan referenciapontokat sem lehet találni, amely alapján a modell felépíthető