12:30 – 14:00 1. ea. 09.08.

Kedvcsináló előadás

zsolt_frei.net / teaching ... image processing

Tematika = tételek

Irodalom: Digital Image Processing – Gonzales & Woods

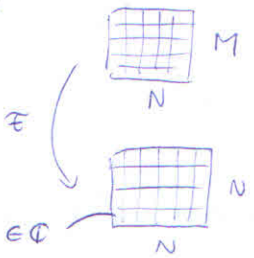
Iroda: 3.86

Email: frei@zsolt_frei.net

Fogadóóra: kedd 10-12 ezen kívül időpontegyeztetés

Tematika

- első félévben követjük a könyvet
- könyv:



két művelet

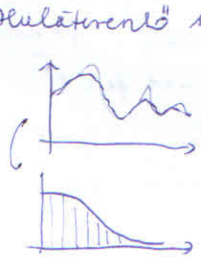
- normál tér – fourier-tér

  $N = 2^n \quad n \in \mathbb{Z}$
- első néhány fejezetben erről beszél
- első 6-7 ezek összehasonlításáról szól

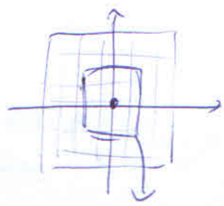
↳ baj: normál térben gépigényesebb
Fourier-trafó → felbontjuk sin-cosra

Mi: diszkrét / folytonos, 1D, 2D

- Aluláteresztő szűrő



Fourier-térben:



ezt megtartom, a többit törlöm → simítás
ellenkező → kiemelés

- Simítás normál térben

  → box car-t végigtolok
- Fourier-térben:
  - rekonstrukció is lehet
  - két művelet: javító – rekonstruáló

↳ szürke szintes képekre
2. félévben: színes képekre

RGB nem a legjobb megoldás – helyette? 1 óra

- 3D mozi: nehéz a cirkuláris polarizációt megőrizni
- laborban: aktív sztereo... 1 óra

Képalkotási módszerek: CERN mérés → képet csinálni

→ infra kamera DSP ~ 2000 USD

→ wii remote u.ezt tudja ~40 USD

Képek tömörítése és átvitele: – feldolgozás
– tömörítés: veszteséges
veszteség mentes

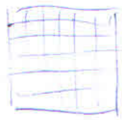
Utolsó előadás: vizualizáció

---

2. ea.
09. 15.

Képfeldolgozás

- frekvenciatérben könnyebbek/gyorsabbak a műveletek
- 2D tömbben tárolt számok → 0-255 szürkeskálás intenzitások



fekete ↑ fehér

8 bites pixelek (picture elements)

- színes információ: RGB: 3 szám tartozik az adott pixelhez
- képfelbontás
  - számítástechnikusan: pixelszám (2048 × 1024: 2Mpx-es kép) CCD felbontás (nem igazi)
  - asztrofizikus módon: nyílásszög, amit a pixel lefed

(optikai értelemben) szögfelbontás legjobb távcső esetén: 1"
akkor 1000 px → 1000"-et fed le

felesleges
egyre ~~kisebb~~ kevesebb info van benne
↔ egyre rosszabb a jel/zaj viszony

a szögfelbontást nem a CCD chip korlátozza
↳ nem lesz nagyobb a chip, csak több részre osztják

pl. légkör, pára – diffrakciólimitált felbontás 0.1"-0.01"
↳ szórja a fotonokat → legjobb: 1"
a légkör fölött tudunk ilyet

optikailag nem alkalmas jobb képek készítésére
(lencséket kell előtenni stb.)
nem érdemes növelni a px-számot

- négyzetes képeket dolgozunk fel: $N \times N$
és legyen $N = 2^n$ (Fast Fourier transzformáció miatt)

Fourier-transzformált

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)\, e^{-2\pi i u x}\, dx = F(u) = \mathcal{F}(f(x))$$

Fourier-transzformáció

Inverz Fourier-transzformáció.

$$\mathcal{F}^{-1}(F(u)) = f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(u)\, e^{+2\pi i u x}\, du$$

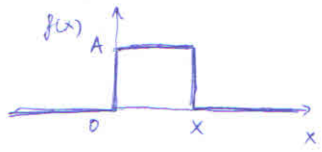
$F(u) = R(u) + i \cdot I(u)$ → komplex szám

$= |F(u)| \cdot e^{i\varphi(u)}$ $\varphi(u)$: fázisszöge, $|F(u)|$: magnitudója

$F(u) = \sqrt{R^2(u) + I^2(u)}$ $\varphi(u) = \operatorname{arctg}\left(\frac{I(u)}{R(u)}\right)$

Power-spektrum (teljesítményspektrum): $P(u) = |F(u)|^2$

pl.



négyszögjel Fourier-transzformáltja.

$$F(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)\, e^{-2\pi i u x}\, dx = A \int_{0}^{X} e^{-2\pi i u x}\, dx =$$

$$= \frac{A}{\pi u} \sin(\pi u X)\, e^{-\pi i u X}$$

$$|F(u)| = A \cdot X \left| \frac{\sin \pi u X}{\pi u X} \right|$$

$\sim \frac{\sin x}{x}$ - "szerű"

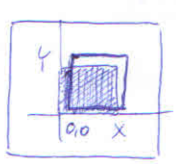
alacsony frekvenciájú komponensek → egyenes szakaszok
magasfrekvenciás komponensek → letörések, sarkok

2D-ban: (még folytonosan)

$$\mathcal{F}(f(x,y)) = F(u,v) = \int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} f(x,y)\, e^{-2\pi i(ux+vy)}\, dx\, dy$$

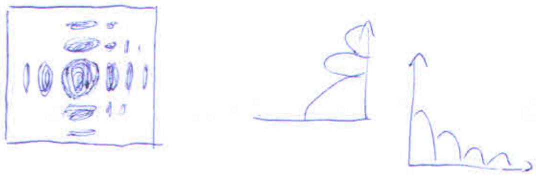
$$f(x,y) = \mathcal{F}^{-1}(F(u,v)) = \int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} F(u,v)\, e^{+2\pi i(ux+vy)}\, du\, dv$$

ugyanúgy komplex szám → fázis, abs érték, ...



$$F(u,v) = \int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} f(x,y) \cdot e^{-2\pi i(ux+vy)}\, dx\, dy =$$ szeparálják

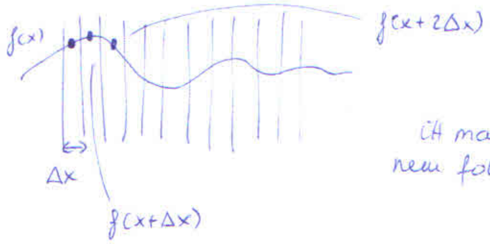
$$= A \int_{-\infty}^{\infty} e^{-2\pi i u x}\, dx \int_{-\infty}^{\infty} e^{-2\pi i v y}\, dy$$



→ mintha a kettőt összeszoroznám

Diszkrét Fourier-transzformáció

$f(x)$ 　 bmeke van ontva (pixelméretek)



$f(x) = f(x_0 + x \cdot dx)$

itt már nem folytonos

$x = 0, 1, 2, \ldots N-1$

$\downarrow$

indexeli a N db mintavételezett értékét az $f(x)$ fv-nek

$$F(u) \equiv \frac{1}{N} \cdot \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \cdot e^{-2\pi i \frac{ux}{N}}$$

normálom

$$f(x) = \sum_{u=0}^{N-1} F(u) e^{2\pi i \frac{ux}{N}}$$

ezt nem!

: diszkrét definíció

oda-vissza transzformációnál
$1 \cdot N$-nel nőne az érték
($\sqrt{N}$-nel kéne mindkét esetben)
$\rightarrow$ def. szerint odafelé normáljuk N-nel

$\Delta u = \frac{1}{N \Delta x}$ 　 frekvenciát kennek értelmezve u-ban

2D-ben: 　 általános def.

$$F(u,v) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) e^{-2\pi i \left(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N} \right)}$$

$$f(x,y) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u,v) e^{2\pi i \left(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N} \right)}$$

képfeldolgozásban: $M, N \rightarrow N, N$

↳ az $1/N^2$-et felbontjuk $1/N$, $1/N$-re (ábrázoláskor ne legyenek túl picik az amplitudók)

$$F(u,v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) e^{-2\pi i \frac{1}{N} (ux+vy)}$$

$$f(x,y) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u,v) e^{2\pi i \frac{1}{N} (ux+vy)}$$

$M = N$

2D-s DFT tulajdonságai

Érdekesség: $\overline{f(x,y)} = \frac{1}{N^2} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y)$ 　 átlagos szürkeértéke a képnek

$$\overline{f(x,y)} = \frac{1}{N}\Big(\underbrace{\frac{1}{N}\sum_{x=0}^{N-1}\sum_{y=0}^{N-1} f(x,y)\cdot 1}\Big)$$

↳ exponenciális a F-t-ből

⟶ $F(0,0)$

$$\overline{f(x,y)} = \frac{1}{N}\cdot \mathcal{F}(0,0)$$

↳ $\boxed{F(0,0) = N\cdot \overline{f(x,y)}}$ ⟶ nagyon magas az értéke!

nagyon fényes pont, a többi fekete

Ha ábrázolni akarom a F-t-tat,

az értékek LOGARITMUSÁT ábrázolom, hogy elnyomjam $F(0,0)$-t.

Display: $D(u,v) = C\cdot \log\big(1+|F(u,v)|\big)$ ⟵ kicsi érték (ált.)

ne legyen ⊖ az argumentum

benormálom

→ a ~~legfontosabb~~ fényesebb legyen pl. 255

"TRANSZLÁCIÓ"

$$f(x,y)\cdot e^{2\pi i (u_0 x + v_0 y)\frac{1}{N}}$$

u_0, v_0 konstansok

$$= f'(x,y)$$

$\mathcal{F}$

$$\underline{F(u-u_0, v-v_0)}$$

FT

$$\frac{1}{N}\sum_{x=0}^{N-1}\sum_{y=0}^{N-1} f(x,y)\, e^{2\pi i (u_0x+v_0y)\frac{1}{N}}\, e^{-2\pi i \frac{1}{N}(ux+vy)}$$

$$\hookrightarrow e^{-2\pi i\left((u-u_0)x+(v-v_0)y\right)\frac{1}{N}}$$

$$f(x-x_0, y-y_0) \Longleftrightarrow F(u,v)\, e^{-2\pi i (ux_0+vy_0)\frac{1}{N}}$$

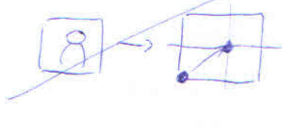
$$F(u-u_0, v-v_0) \Longleftrightarrow f(x,y)\, e^{2\pi i (u_0x+v_0y)\frac{1}{N}}$$

ha így novozgatom őket, a másik térben épp transzlációt végzek

u_0, v_0 helyére $\frac{N}{2}, \frac{N}{2}$-t írok: $e^{\frac{2\pi i}{N}\left(\frac{Nx}{2}+\frac{Ny}{2}\right)} = e^{i\pi(x+y)} = (-1)^{x+y}$

$$f(x,y)\cdot \boxed{(-1)^{x+y}} \Longleftrightarrow F\left(u-\frac{N}{2}, v-\frac{N}{2}\right)$$

$-1, +1$



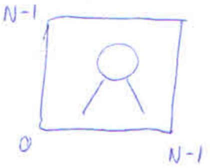
$$F(u,v)\cdot \boxed{(-1)^{u+v}} \Longleftrightarrow f\left(x-\frac{N}{2}, y-\frac{N}{2}\right)$$

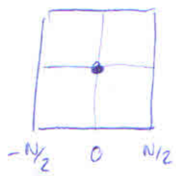
ha az origót az arcom KP-ba definiálom → középre tolódik a •

eltolom az eredeti képet → eredeti FT-ja szorozgatva mindenféle számokkal

↳ $\frac{N}{2}$-kkel → $(-1), +1$-gyel szorzódnak

az abszolút értéke nem változik





jobb így ábrázolni

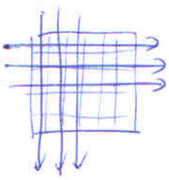
→ ált. koncentrikusak

és nem csináltam semmit

(± 1-ek nem változtatják az absz. értéket)

Szeparálhatóság

$$F(u,v) = \frac{1}{N}\sum_{x=0}^{N-1} e^{-2\pi i \frac{ux}{N}} \underbrace{\sum_{y=0}^{N-1} e^{-2\pi i \frac{vy}{N}}}_{} = \frac{1}{N}\sum_{x=0}^{N-1} \underbrace{e^{-2\pi i \frac{ux}{N}} F(x,v)}_{}$$



mintha y irányban végigcsinálnék 1D-s Fourier-tr.-kat

így meg olyan, mintha ez után soronként x-enként is FT-zném

⇒ $2*N$ 1D-s FT-t kell elvégeznem!

↓

N db pontból álló 1D-s tömbön

(I) Periodikusság

diszkrét fv → periodikus FT-lt

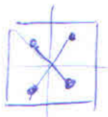
periodikus fv → diszkrét FT-lt } (dgy..)

$$F(u,v) = F(u+N,v) = F(u,v+N) = F(u+N,v+N)$$

DFT → periodikus Fourier-transzformált

(II) Konjugált szimmetria

$$F(u,v) = F^*(-u,-v)$$



↓ emiatt

$$|F(u,v)| = |F(-u,-v)|$$

Tengelyszimmetria

(III) Rotáció

$x = r\cos\theta \qquad u = \omega\cdot\cos\varphi$

$y = r\sin\theta \qquad v = \omega\cdot\sin\varphi$

$$f(r,\theta) \xrightarrow{\mathcal{F}} F(\omega,\varphi)$$

$$f(r,\theta+\theta_0) \longrightarrow F(\omega,\varphi+\theta_0)$$

→ elforgatom a képet → ugyanúgy elfordul a FT-lt is

03. ea. 09.22.

(jövő héten nem lesz óra)

$f(x,y) * g(x,y) \iff F(u,v) \cdot G(u,v)$

További műveletek a FT-n kívül :

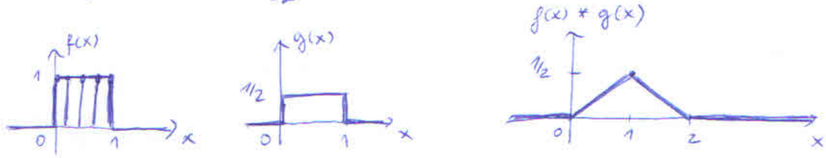
$$\boxed{f(x) * g(x) \iff F(u) \cdot G(u)}$$

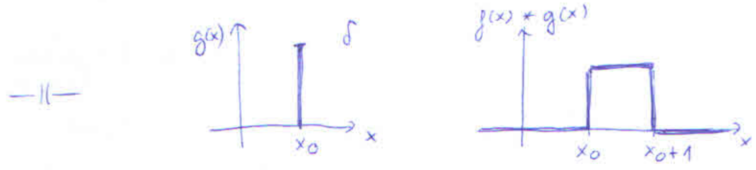
Fourier-térben szorzás

KONVOLÚCIÓ (1D, folytonos)

$$f(x) * g(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\alpha)\, g(x-\alpha)\, d\alpha$$

$-\alpha$ szerepel $\rightarrow$ fordított eltolás





$x_0 = x - \alpha$

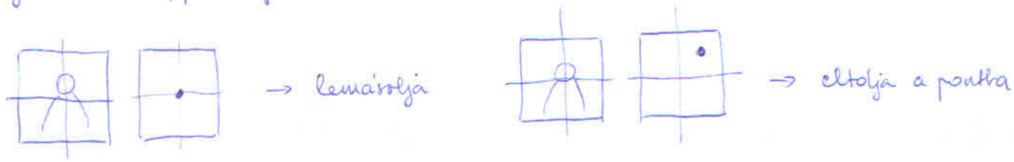
$x - x_0 = \alpha$

$0-1 \quad 0-1$

$x \rightarrow x_0 + [0-1]$

"odamásolja" x_0-hoz a fv.t

Mit jelent a képfeldolgozásban?

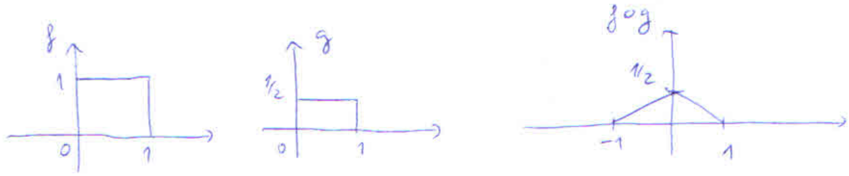


KORRELÁCIÓ

$$f(x) \circ g(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f^*(\alpha)\, g(x+\alpha)\, d\alpha$$

keresztkorreláció

autokorreláció



$$\boxed{f(x,y) \circ g(x,y) \iff F^*(u,v) \cdot G(u,v)}$$

Szeparálható transzformációk

$$F(u) = \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \underbrace{e^{-2\pi i u x}}_{g(x,u)} = \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \boxed{k(x,u)}$$: általános transzformáció

$\hookrightarrow$ ha $k(x,u) = e^{-2\pi i u x}$, akkor FT

KERNEL $\rightarrow$ a transzformáció magfv.e

$$\boxed{F(u,v) = \sum_{y=0}^{N-1} \sum_{x=0}^{N-1} f(x,y) \cdot k(x,y,u,v) = T(u,v)}$$

teljesen általános transzformáció

$\hookrightarrow$ ha $k(x,y,u,v) = e^{-2\pi i (ux+vy)}$, akkor $F(u,v)$

↓

akkor separálható, ha $k(x,y,u,v) = k_1(x,u) \cdot k_2(y,v)$

FT esetén: $k_1 = \frac{1}{\sqrt{N}} e^{-2\pi i \frac{ux}{N}}$

$$k_2 = \frac{1}{\sqrt{N}} e^{-2\pi i \frac{vy}{N}}$$

WALSH-transzformáció

vagy 0, vagy 1 → szorzatuk is

$$k_1(x,u) = \frac{1}{N} \prod_{i=0}^{N-1} (-1)^{b_i(x)\, b_{n-1-i}(u)} \qquad N = 2^n$$

↳ 1 vagy -1

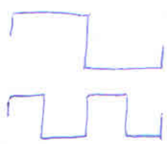
$b_k(z)$ "k-adik bit z-ben"

pl. $n=3 \quad N = 2^3 = 8$

$z = 6 \rightarrow$ 2es sz.rendszerben: 110

$b_0(6) = 0 \quad b_1(6) = 1 \quad b_2(6) = 1$

- FT magfüggvényei: cos-fv.ek
- Walsh magfv.ei: egyszerűsített cos fv.ek:
  - ↳ képfeldolgozáshoz készült



$$\left.\begin{matrix} k_1(x,u) \\ k_2(y,v) \end{matrix}\right\} \quad f(x,y,u,v) * k_1 \cdot k_2$$

~~Transzf~~

Képjavítás (később kép-rekonstrukció)

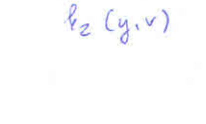
Történhet térben és frekvenciatérben.

SPATIAL DOMAIN — FREQUENCY DOMAIN.

1) pontprocesszálás
2) maszkprocesszálás

⋮ (később)

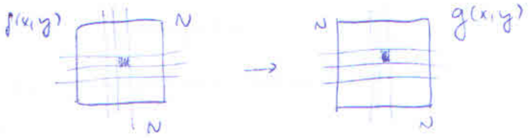
1)
2)



kicserélem egy másik pixelre

ha csak ő számít → pont-processzálás

ha a környezetéből számítom ki → maszk-processzálás



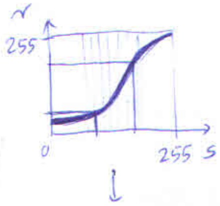
szürkeszint érték 0-255 ↳ legyen s

$g(x,y) = T[f(x,y)]$

→ térben processzálok

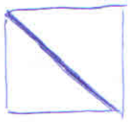
• pont-processzálás : szürkeszint-processzálás (ekvivalens)
transzformáció

$\boxed{T[s] = r}$ → új szürkeszintet rendelek hozzá



LOOK-UP TABLE

LUT

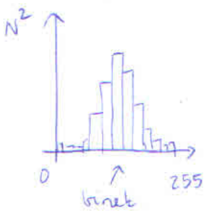


invertálás

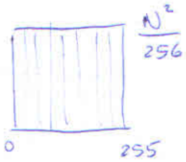
ez a LUT megnöveli a kontrasztot
↳ ha sok a középes érték → jobban széthúzza őket

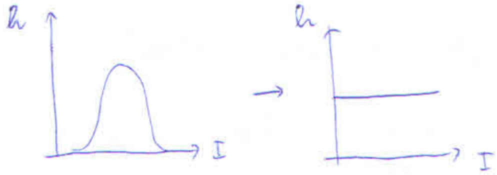
SZÜRKESZINT HISZTOGRAM : diszkrét valószínűségi eloszlása a kül. szürkeszinteknek

bemenő kép hisztogramja :



jó kontrasztos kép :





Milyen look-up table kell ehhez a transzformációhoz ?
↓
integrálja a bemenőnek !

$p(s_k)$: k-adik szürkeszint

$\frac{n_k}{N^2} = P(s_k)$ k-adik szürkeszintet felvevő pixelek számának valószínűsége / ez van a hisztogramon /

$\llcorner [0,1]$!

$T(s) \to r$! $r, s = [0,1]$ → szorítsuk be őket ebbe a tartományba

$T^{-1}(r) \to s$

$$\boxed{r = T(s) = \int_0^s p_s(w)\, dw}$$

→ nézzen ki így a transzformáció mert ekkor $\frac{dr}{ds} = p_s$

Milyen lesz a tr. utáni r-ek valószínűségi eloszlása? $p_r = ?$

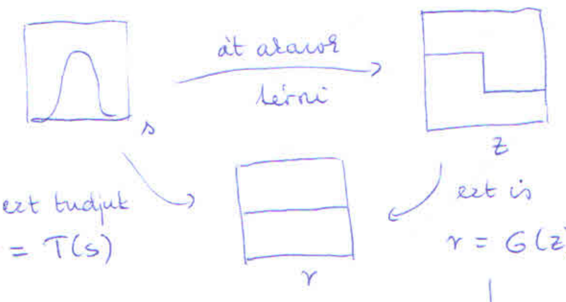
$$p_r = p_s \frac{ds}{dr} = \frac{dr}{ds} \cdot \frac{ds}{dr} \equiv 1$$

csak hogy ő $\frac{dr}{ds}$

azért normáltam le mindent [0,1] közé, hogy össze tudjam keverni a LUT-t a hisztogrammal

hisztogram → kiintegrálom → LUT → konstans hisztogram
/ tökéletesen kontrasztos kép

Hisztogram-specifikáció



előre meghatározott specifikus hisztogram

ezt tudjuk
$r = T(s)$

ezt is
$r = G(z)$

$G^{-1}(r) = z$

G ugyanaz a tr., mint a T

$$G(z) = r = \int_0^z p_z(w)\, dw$$

$$\boxed{z = G^{-1}[T(s)]}$$

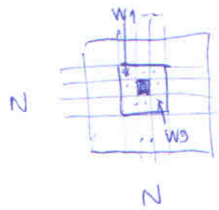
Diszkréten a LUT: $r_k = \sum_{j=0}^{k-1} \frac{n_j}{N^2}$ — előfordulási gyakoriságok

$$\frac{n_j}{N^2} = p(s_k)$$

---

4. ea.
10.06.

Maszk-processzálás



$$\frac{w_1 + w_2 + \dots + w_9}{9} = w_5'$$

ELMOSÁS/SIMÍTÁS

$$\frac{1}{9}w_1 + \frac{1}{9}w_2 + \dots + \frac{1}{9}w_9 = w_5'$$

$$\underbrace{z_1}_{}w_1 + \underbrace{z_2}_{}w_2 + \dots + \underbrace{z_9}_{}w_9 = w_5'$$

súlyfaktorok

$$\begin{bmatrix} z_1 & z_2 & z_3 \\ & & \\ & & z_9 \end{bmatrix}$$

MASZK → ő tartalmazza a súlyfaktorokat

az átlagolás speciális eset, általánosan
→ maszk-processzáláskor a maszkot kitöltöm vhogy

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

ÉLKIEMELÉS

$$\left|\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}\right|$$

ha él átmegy a maszkon, $\neq 0$
egyébként $\emptyset$-t ad
abs. érték, hogy ne legyen negatív

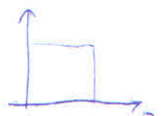
$$\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

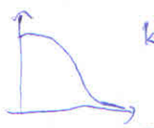
$$\underbrace{\left|(w_7 + w_8 + w_9) - (w_1 + w_2 + w_3)\right|}_{\text{y irányú változás}} + \underbrace{\left|(w_3 + w_6 + w_9) - (w_1 + w_4 + w_7)\right|}_{\text{x irányú v.}}$$

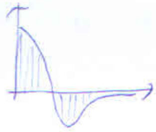
→ két maszkkal írható le

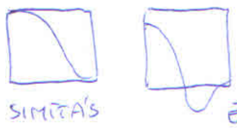
- ált. forgásszimmetrikus módon vannak kitöltve a maszkok
- elég a radiális profilt felrajzolni

élsimítás:





Élkiemelés :  integráljuk megegyezik (fg. alatti/fölötti részének)



SIMÍTÁS ÉLKIEMELÉS

Frekvenciatérbeni processzálás

- ha a kép mérete N, a maszké n, akkor $N^2 \times n^2$ műveletet kell végezni (drága)

F(u,v)

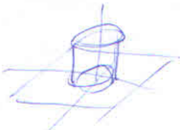
alacsony fr. ⟶ lassú változás

magas fr. ⟶ gyors változás

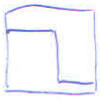
ha ezeket a komponenseket tartom meg, akkor simítok

számokkal szorzom be a képet ("maszkkal")

$\mathcal{F}^{-1}$



$$F(u,v) * \boxed{\emptyset \; (1)} \; H(u,v) \rightarrow \mathcal{F}^{-1}$$

SZŰRŐ profilja :  D_0

aluláteresztő szűrő (alsó fr.-kat engedi át) magasakat elnyomja

IDEÁLIS SZŰRŐ : ALULÁTERESZTŐ

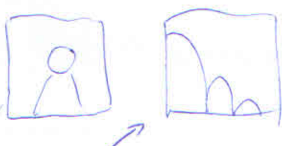
$$H(u,v) = \begin{cases} 1, & \text{ha } D(u,v) < D_0 \\ 0, & \text{ha } D(u,v) \geq D_0 \end{cases} \qquad D(u,v) = \sqrt{u^2 + v^2}$$

- N^2 db pixelt kellett összeszorozgatni, n^2-tel nem ~~kell~~ kell megszorozni
  → gyorsabb, mint maszkkal végigsimítani a képet
- Fourier-tr. szeparálható → gyorsan végzi a sz.gép

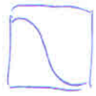
Élsimítás

Normál tér és Fourier-tér kapcsolata miatt

→ olyan, mintha KONVOLVÁLTAM VOLNA az eredeti képet az ideális szűrő Fourier-transzformáltjával !



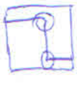
⟹ szellemképes eredmény



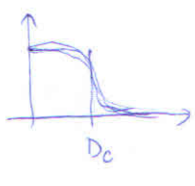
ilyet szerettünk volna

"ideális szűrő" egyneműi

az élek miatt van több pukli



D_0: karakt. szűrőszélesség



D_0

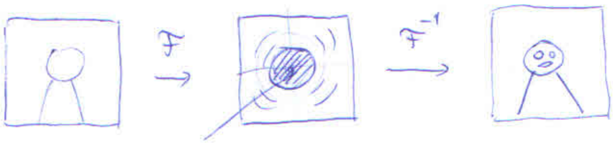
BUTTERWORTH-SZŰRŐ

$$H(u,v) = \frac{1}{1 + \left[D(u,v)/D_0\right]^{2n}}$$

$n \to \infty$ ideális szűrő

$n \to 0$ simább

Élkiemelés



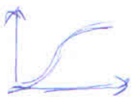
azt ott kivágom a szűrővel

FELÜLÁTERESZTŐ IDEÁLIS SZŰRŐ:

$$H(u,v) = \begin{cases} \emptyset, & \text{ha } D(u,v) < D_0 \\ 1, & \text{ha } D(u,v) > D_0 \end{cases}$$

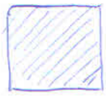
ennek a FT-fja megint hullámzó

helyette: Butterworth



$$\boxed{H(u,v) = \frac{1}{1+\left[D_0/D(u,v)\right]^{2n}}}$$

konstans 1 fv.



$$G(u,v) = F(u,v) \cdot H(u,v)$$

$$\updownarrow \mathcal{F}$$

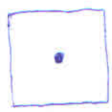
$$g(x,y) = f(x,y) * \boxed{h(x,y)}$$

megfelelnek egymásnak

$H(u,v)$: TRANSZFERFÜGGVÉNY

$h(x,y)$: VÁLASZFÜGGVÉNY

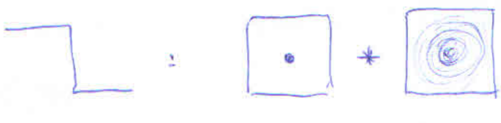
fényes pont a sötét háttéren



mivel F a konstans 1 $\Rightarrow$ $G(u,v) = H(u,v)$

↳ erre a gerjesztésre $\boxed{h(x,y)}$ választ adja (válaszfv.)

pl. aluláteresztő:

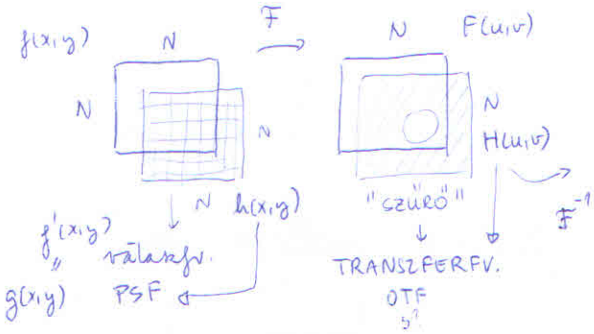


$h(x,y)$: POINT-SPREAD FUNCTION (PSF)

általában a FT módszer gyorsabb (N^2 művelet + FT + IFT), mint a normál térben a maszk (N^4)

↳ ha elfogadható hibával lekicsinyítem a maszkot $N^2 \to n^2$, akkor lehet jobb

5. ea.
10. 13.



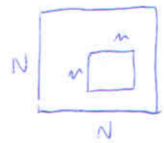
$f'(x,y) = g(x,y)$ ← nevezzük most így

N

FT + szorzás + IFT < N×N konvolválás

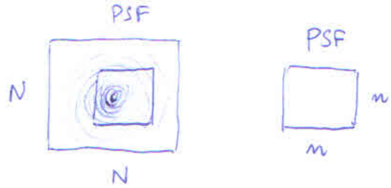
kivéve: lehet n×m maszk :

$n < N$



ez megérheti jobban

milyen legyen a n×n maszk kitöltése, hogy a legközelebb álljon az N×N maszkos konvolválás eredményéhez?



$h(x,y) \longrightarrow \hat{h}(x,y)$

megváltoztatott PSF

$$G(u,v) = F(u,v) \cdot H(u,v)$$

$$g(x,y) = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} h(x-i, y-k)\, f(i,k)$$

$$\hat{H}(u,v) = \frac{1}{\cancel{N}\, n} \sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{n-1} \hat{h}(x,y)\, e^{-2\pi i (ux+vy)\frac{1}{n}}$$

(mátrixszorzás)

$$\boxed{\hat{H} = C \cdot \hat{h}}$$

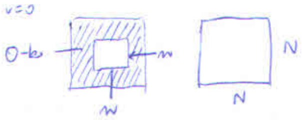
N^2 n^2

Definiáljuk a hibát:

error^2

$$e^2 = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} \left| \hat{H}(u,v) - H(u,v) \right|^2$$

$$\underline{\hat{H}} = \underline{\underline{C}}\, \underline{\hat{h}}$$



$\hat{H}$-ot vegyük N×N-esnek (0-kal kitöltjük)

$$\underline{\hat{H}}\,(\ldots,\ldots,\ldots)^{N^2} = \underline{\underline{C}}\,(N^2 \times n^2)\ \hat{h}\,(\ldots)^{n^2}$$

C_{ik} : $N^2 \times n^2$ exponenciálisokat tartalmazó mx

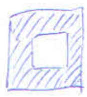
i: $0 - \cancel{(N-1)^2}$ (N^2-1)

k: $0 - \cancel{(n-1)^2}$ (n^2-1)

$$C_{ik} = \frac{1}{N} e^{-2\pi i (ux+vy)\frac{1}{N}}$$

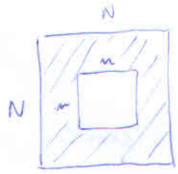
$i = uN + v$

$k = xn + y$



ez így nem ad Ø-kat ott, ahol kellene

$i = u \cdot n + v$



$\hat{h} : N^2$

$\hat{H}$ is N^2

$$\hat{H}(u,v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} \hat{h}(x,y)\, e^{-2\pi i (ux+vy) \cdot \frac{1}{N}}$$

$$e^2 = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} \left| \hat{H}(u,v) - H(u,v) \right|^2$$

vektorokkal: $e^2 = \| \underline{\hat{H}} - \underline{H} \|^2 =$

$= \| \underline{\underline{C}}\, \underline{\hat{h}} - \underline{H} \|^2$

$(N^2)\ (N^2 \times N^2)\ (N^2)$

$$\underline{\hat{H}} = \underline{\underline{C}}\, \underline{\hat{h}}$$

$$\Rightarrow C_{ik} = \frac{1}{N} e^{-2\pi i (ux+vy)\frac{1}{N}}$$

$i = Nu + v$

$k = Nx + y$

Minimalizálni akarjuk az error^2-el:

$$e^2 = \| \underline{\underline{C}}\,\underline{\hat{h}} - \underline{H} \|^2 \qquad \boxed{\frac{\partial e^2}{\partial \underline{\hat{h}}} = 0 = 2\cdot \underline{\underline{C}}^*(\underline{\underline{C}}\,\underline{\hat{h}} - \underline{H})}$$

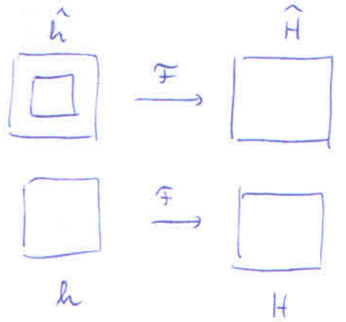
ezt kell megoldanunk

$$\cancel{2}\,\underline{\underline{C}}^*\underline{\underline{C}}\,\underline{\hat{h}} = \cancel{2}\,\underline{\underline{C}}^*\underline{H} \qquad / \cdot (\underline{\underline{C}}^*\underline{\underline{C}})^{-1}$$

$$\underbrace{(\underline{\underline{C}}^*\underline{\underline{C}})^{-1}\underline{\underline{C}}^*}_{C\#}\underline{H} = \underline{\hat{h}}$$

MOORE-PENROSE-FÉLE ÁLTALÁNOSÍTOTT INVERZ

a lehető legoptimálisabb kitöltését adja meg a □ n×n maszknak



$\hat{h}$ zero-paddelt

eredeti marker

→ nem volt jó ötlet kizeropaddelni a $\hat{h}$-ot

$$\boxed{\hat{H}(u,v)} = \frac{1}{n} \sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{n-1} \boxed{\hat{h}(x,y)}\, e^{-2\pi i (xu+vy)\frac{1}{N}}$$

N^2 $\qquad$ n^2 $\qquad$ $n^2 \times N^2$

$$C_{ik} = \frac{1}{n} e^{-2\pi i (xu+vy)\frac{1}{N}}$$

$k = xn + y$

$i = Nu + v$

$$\underline{\hat{H}} = \underline{\underline{C}} \cdot \underline{\hat{h}}$$

mátrix konjugálás transzponálás ??

$$e^2 = \| \hat{H} - \hat{\hat{H}} \|^2 = \| \underline{\underline{C}}\,\underline{\hat{h}} - \underline{H} \|^2 \qquad \underline{\hat{h}} = (\underline{\underline{C}}^*\underline{\underline{C}})^{-1}\underline{\underline{C}}^*\underline{H}$$

N^2

---

6. ea.
10. 20.

REKONSTRUKCIÓ

képjavítás → nincs előzetes ismeret

human perception segíti, hogy kontrasztosítsam ki a képet

= a priori ismeret a problémáról

└ pl. elhaladó autót fényképezek

ismerem a f.gép zársebességét, a kép elmozdulását

- tradicionálisan: frekvenciatérben → csak az egyszerű dekonvolúciót csinálják meg így
- modern: normál térben, algebrai megközelítés

pl. gaussos f-nyel konvolváltam a képet és ez egyértelmű

Általánosan a rekonstrukcióról:

$$g(x,y) = H[f(x,y)] + \cancel{\eta(x,y)} \quad \text{legyen most } \emptyset$$

hibás kép $\quad$ transzformáció $\quad$ zaj

TFH. • H lineáris: $H[k_1 f_1(x,y) + k_2 f_2(x,y)] = k_1 H f_1(x,y) + k_2 H f_2(x,y)$

homogén $\quad$ additív

• H pozíciófüggetlen : (pl. pozíciófüggő : tükrök kómája (asztrof.))

$$H[f(x-\alpha, y-\beta)] = g(x-\alpha, y-\beta)$$

nem pont a fókuszba érkező fénysugarak

Legyen most kontinuum-formalizmus:

$$f(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} f(\alpha,\beta)\,d\alpha\,d\beta\;\delta(x-\alpha, y-\beta)$$

olyan, mintha ilyen maszkkal processzáltam volna

$$g(x,y) = H[f(x,y)] = H\left[\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} f(\alpha,\beta)\,\delta(x-\alpha, y-\beta)\,d\alpha\,d\beta\right]$$

H linearitása miatt ↓

$$g(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} H[f(\alpha,\beta)\,\delta(x-\alpha, y-\beta)]\,d\alpha\,d\beta$$

mivel x&α, y&β függetlenek

$$\boxed{g(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} f(\alpha,\beta)\,H[\delta(x-\alpha, y-\beta)]\,d\alpha\,d\beta}$$

eltorzított kép

H hat a $\delta(\,)$ maszkra
↓
"PSF", válaszfv, maszk
↓
de "nem spreadeli a pontot", u.azt adja vissza eltesen

a $H[\delta(\,)]$ már torzít

$$H[\delta(x-\alpha, y-\beta)] := h(x,\alpha,y,\beta) \quad : \text{igazából ez a PSF}$$

$$g(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} f(\alpha,\beta)\,h(x,\alpha,y,\beta)\,d\alpha\,d\beta$$

↓ pozíciófüggetlenség : $H[\delta(x-\alpha, y-\beta)] = h(x-\alpha, y-\beta)$

$$\boxed{g(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} f(\alpha,\beta)\,h(x-\alpha, y-\beta)\,d\alpha\,d\beta}$$

ez csak lineáris, pozíciófg.tlen H-ra írható így fel

Példa: elmosódó autó

kétféle elmosódás → képtárgy mozdul el (lineáris) ↓ ezt nézzük
↘ a kamerát rezgetem

elmozdulást írják le

$f(x,y)$ $\quad x_0(t),\ y_0(t),\ T$

$$g(x,y) = \int_0^T f[x-x_0(t), y-y_0(t)]\,dt$$

$\mathcal{F}$ ↳
$$G(u,v) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} g(x,y)\,e^{-2\pi i(ux+vy)}\,dx\,dy$$

beírom $g(x,y)$-t

$$G(u,v) \overset{\downarrow}{=} \dots = \int_0^T \Bigg[\underbrace{\iint_{-\infty}^{\infty} f[x-x_0(t),\, y-y_0(t)]\, e^{-2\pi i (ux+vy)}\, dx\, dy}_{f \text{ FT-tja}:\ F(x-x_0(t),\, y-y_0(t))} \Bigg] dt$$

vagy inkább $F(u,v)$ → időváltozó benne van

FT eltolási tulajdonsága:

$$F(u,v) \cdot \underbrace{\int_0^T e^{-2\pi i (u x_0(t) + v y_0(t))}\, dt}_{\text{transzferfv. } H(u,v)} = G(u,v)$$

$$H(u,v) = \int_0^T e^{-2\pi i (u x_0(t) + v \cdot \cancel{y_0(t)})}\, dt$$

• hanyagoljuk el az y irányú elmozdulást $\boxed{y_0(t) \equiv 0}$

• az x irányú elm. meg legyen lineáris (konstans seb-gel megy az autó)

$\boxed{x_0(t) = a \cdot \frac{t}{T}}$ $0 \to T$ $0 \to a$ értékeket vesz fel

$$H(u,v) = \int_0^T e^{-2\pi i u a \frac{t}{T}}\, dt = \boxed{\frac{T}{\pi u a} \cdot \sin(\pi u a)\, e^{-i\pi u a}}$$ transzferfv.

De ha ezzel osztom meg és invertálom, akkor a frekv. térben dolgoztam.

Én viszont a normál térben akarom, algebrai úton:

$$g(x,y) = \int_0^T f[x - x_0(t),\, y - \overset{=\emptyset}{\cancel{y_0(t)}}]\, dt$$

y irányban nincs degradáció

$\downarrow$

$x_0(t) = a \frac{t}{T}$

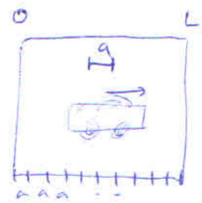
$-\frac{a}{T} dt = d\tau$

$dt = -\frac{T}{a} d\tau$

$\tau = x - 0$

$\tau = x - a$

$$g(x) = \int_0^T f(\underbrace{x - \tfrac{a}{T} t}_{:=\, \tau})\, dt \qquad 0 \le x \le L$$



$$g(x) = \int_{x-a}^{x} f(\tau)\, d\tau$$

$g'(x) = f(x) - f(x-a)$

$f(x) = g'(x) + f(x-a)$

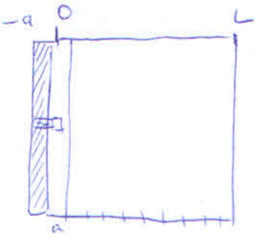
osszuk 'a' szakaszokra a képet: $\boxed{L = k \cdot a}$ k egész (ha kilóg a kép, levágom)

$x = m \cdot a + z$ $\quad 0 \le z \le a$ $\quad$ m is egész

$\downarrow$ maradék a köv. 'a' szakaszból

$$x = L = \underset{m}{\underset{\|}{(k-1)}}\, a + \underset{z}{\underset{\|}{a}}$$

$$f(x) = g'(x) + f(x-a) \quad \Rightarrow \quad f(ma+z) = g'(ma+z) + f((m-1)a+z)$$



az első (bal) a-tartományban az integrálásra olyan pixelek is bekerültek, amelyek kilógnak a képről

→ tegyünk hozzá balról egy a-nyi tartományt (φ)

z-vel indexelve 0-a tart → f-ben

$$f(ma+z) = g'(ma+z) + f[(m-1)a+z] \qquad \varphi(z) = f(z-a)$$

$m=0$ esetén (első oszlop a kép szélén):

$$f(z) = g'(z) + f(z-a) = g'(z) + \varphi(z)$$

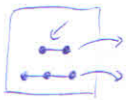
$m=1$:

$$f(a+z) = g'(a+z) + f(z) = g'(a+z) + g'(z) + \varphi(z)$$

folytathatom → rekurzió

$$f(ma+z) = \sum_{k=0}^{m} g'(ka+z) + \varphi(z)$$

új k



korábbi pont + derivált

első pont + derivált + derivált

$$f(x) = \overbrace{\sum_{k=0}^{m} g'(x-ka)} + \varphi(x-ma)$$

de φ nem ismert → ez a kilógó rész

elmosódott képen deriválttal (kiszámolható)

$$\tilde{f}(x) \equiv \sum_{j=0}^{m} g'(x-ja)$$

$$f(x) - \tilde{f}(x) = \varphi(x-ma)$$

→ a-német k' darabszor ($L = k' \cdot a$) kiszámolhatom u.azt a φ-t

$$k' \cdot \varphi(z) = \sum_{k=0}^{k'-1} f(z+ka) - \sum_{k=0}^{k'-1} \tilde{f}(z+ka)$$

$$\varphi(z) = \boxed{\frac{1}{k'} \underbrace{\sum_{k=0}^{k'-1} f(z+ka)}_{\text{ez nem ismert}}}^{A} - \frac{1}{k'} \underbrace{\sum_{k=0}^{k'-1} \tilde{f}(z+ka)}_{\text{ez ismert}}$$

őt saccoljuk

ez közelít az átlaghoz (k' db. pontban kiszámolom és osztom k'-vel)

(akkor jó, ha L nagy, a kicsi, k' nagy)

$$\varphi(z) \simeq A - \frac{1}{k'} \sum_{k=0}^{k'-1} \tilde{f}(z + \ell a)$$

$$\varphi(x - ma) \simeq A - \frac{1}{k'} \sum_{k=0}^{k'-1} \tilde{f}(x + \ell a - ma)$$

ha $A = f$ átlag, akkor

$$A \simeq \frac{1}{k'} \sum_{k=0}^{k'-1} f(z + \ell \cdot a)$$

(itt még m egy konstans, nincs rá szummázva)

$$\varphi(x - ma) \simeq A - \frac{1}{k'} \sum_{k=0}^{k'-1} \sum_{j=0}^{m} g'(x - ja + \ell a - ma)$$

$$f(x) = \sum_{k=0}^{m} g'(x - ka) + A - \frac{1}{k'} \sum_{k=0}^{k'-1} \sum_{j=0}^{m} g'(x - ma + a(\ell - j))$$

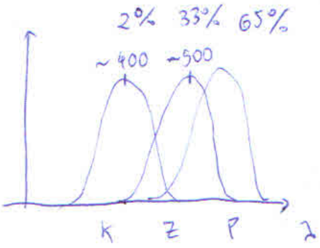
f átlaga elég pontosan $\simeq$ g átlagával (integrálás...)

ami nem pontos, hogy az a $\sum$ nem pont az átlag (pl. lehet kerítés a téren, ha pont beletrafálok...)

11.03.
7. ea

Színes képek

1965: emberi szemben a csapok úgy működnek, mint a színszűrők



Z és P közel van

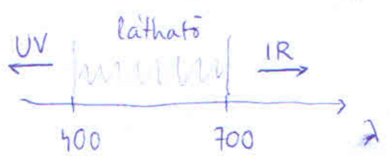
TRIKROMATIKUS látásunk van

→ 3 alapszínnel dolgozik

CIE szervezet (1931) (International Comission of Ellumination)

meghatározták az RGB-t

R	G	B	
435	576	700	nm



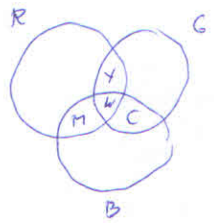
→ itt világít a Nap

erent át a vízpára

→ előbb határozták meg, mint akárhogy megvizsgálták volna (65) — nem n.ae.

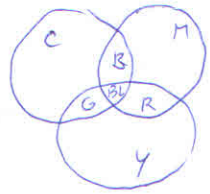
→ sok szín kikeverhető belőle

ADDITÍV ALAPSZÍNEK



M: magenta
C: cian
Y: yellow
W: white

SZUBSZTRAKTÍV ALAPSZÍNEK



Bl: Black

pl. régi TV: ē-ágyú
→ ē → foszfor → fényt bocsát ki
(ez pont additív ...)

Legyen X, Y, Z a három színhez tartozó intenzitás.

Nevezzük el:

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}, \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z} \qquad [0,1]$$

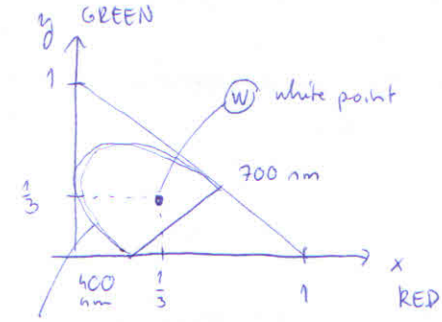
$x + y + z = 1$

$z = 1 - (x+y)$

2 db független információ

KROMACITÁS DIAGRAM

(nincs z, mert meghatározható)



GAMMUT

CIE elhelyezte ezen a diagramon a látható részét az EM spektrumnak

kifelé egyre szaturáltabb a szín
(mennyire távol vagyok ettől a fehér ponton)

olyan, mint a polárkoordináta:
r: szaturáció
φ: hue (fajta, pl. kék)

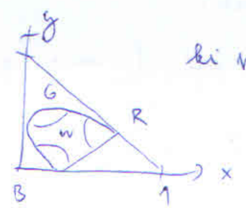
(élénkség)
S: saturation
H: hue

↓ mennyi fehér van hozzákeverve

Lehet: R, G, B → $\boxed{H, S \mid I}$

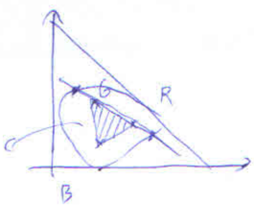
KROMACITÁS komponens — INTENZITÁS komponens

GAMMUT: S = 1
white point: S = 0



ki voltak színezni

3 színt választva a Δ-ön belüli részt tudom kikeverni

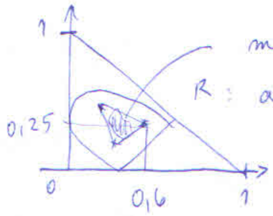


Mi van, ha 2 alapszínt választok?

BIKROMACITÁS: egy egyenes az ábrán

→ sohasem lehet kikeverni az egész látható spektrumot monitorral

Printer:



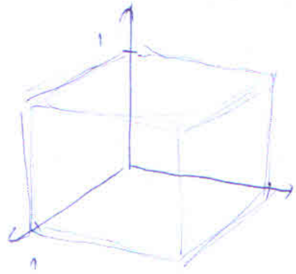
még kisebb görbítés részt tud kikeverni

R: alapszín is valami keverék

de van olyan printer, amiben 8 fajta tinta van

→ nagyobb a paca

RGB



$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Színes TV-nél tértek át a H, S, I -re   Y, $\boxed{I, Q}$ színtér

intenzitás   Infase   Quadratre

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & 0.523 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

RGB → GRAYSCALE

emberi látást próbálja utánozni

Számítógép   H, S, I színtér

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$

$$H = \cos^{-1}\left(\frac{\frac{1}{2}\left[R \cdot G + (R-B)\right]}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}}\right)$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)}\left[\min(R, G, B)\right]$$

Hogyan dolgozol fel színes képeket?

RGB → HSI → I-vel manipulálok, aztán visszarakom a színinformációt, H, S-t.

pl. mozaikképben

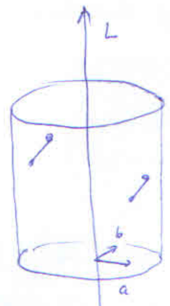
RGB: perceptually nonuniform ($\longleftrightarrow$ perceptually uniform)

Adott: R_1, G_1, B_1 és R_2, G_2, B_2 a kék és piros sarokban,

a távolságuk $(R_1 - R_2)^2 + (B_1 - B_2)^2 + (G_1 - G_2)^2$.

Az ember nem a piros sarokban sokkal eltérőbbnek látja, mint a kék sarokban.

Lab színtér : humán percepciós kísérlettel határozták meg



$$\Delta = \sqrt{(L_1-L_2)^2 + (a_1-a_2)^2 + (b_1-b_2)^2}$$

$$(R,G,B) \longrightarrow (\text{Mátrix}) \longrightarrow (x,y,z)$$

$$L = 116 \cdot f\left(\frac{Y}{Y_m}\right) - 16$$

$$a = 500\left[f\left(\frac{X}{X_m}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_m}\right)\right]$$

$$b = 200\left[f\left(\frac{Y}{Y_m}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_m}\right)\right]$$

X_m, Y_m, Z_m

W

↓

mennyire fehér a szín

$f(t) = t^{1/3}$, ha $t > 0.008853$

$f(t) = 7.787 \cdot t + \frac{16}{116}$, ha $t \leq 0.008853$

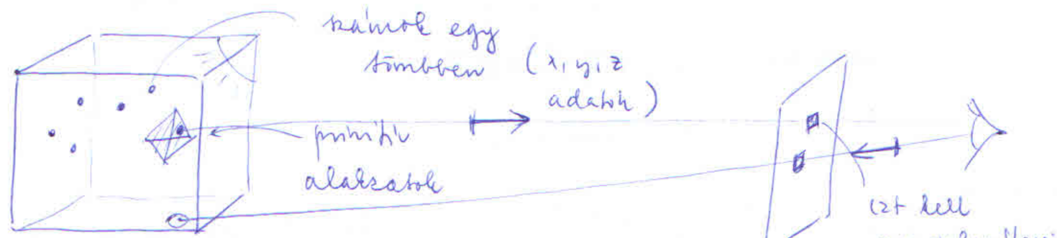
Canon : 50 MPixel : effektív ISO : $4 \cdot 10^6$ (2 processzor van benne)

Képalkotás (Rendering)

11.10.

jövő hét : sztereoszkopikus ábrázolás

adatokat szeretnénk megjeleníteni

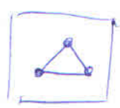


Négyféle algoritmus :

(1) RASZTEREZÉS : objektum $\overset{\text{információ}}{\longmapsto}$ képsík $\longmapsto$ nézőpont

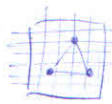
/ kitérő : fájlformátum : vektoros v. raszteres

3 pont + vonalvastagság + vonalszín



kevés info, felbontás-független megjeleníthető

VEKTORGRAFIKA



1024

a színértéket képpontonként megadom

RASZTER

Raszterezés: vektoros infóból → raszteres grafika úgy, hogy megnézem a virtuális képernyőn keresztül, hogy fog kinézni az adott nézőpontban

(2) RAY-CASTING : pixel-letapogatás egyesével ⟷
(sugár-követés)

raszterezés előnye: R-C-nál felesleges sugarakat vetítünk k.

↳ ez befejezetlen

Na, véletlenül a bepótolandó anyag közepébe írtam.

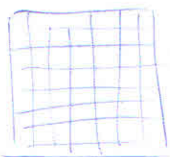
12.01. Vizsga: DEC. 17. 09:00, írásbeli (máskor: január második fele)
↓
4-5-6 feladat: szöveggel leírni dolgokat, kevés levezetés

ma: Fájlformátumok
köv: Vizualizáció

Fájlformátumok : információelmélet alapjai

$R_D = 1 - \frac{1}{C}$

R: redundancia mértéke
C: kompresszió foka



1000 × 1000 byte → 1 millió byte

tömöríteni inf. veszteség nélkül?

ha pl. $\frac{1}{10}$-ére tudom tömöríteni:

0-255 szürkeszintek

$C = 10$, $R_D = 0.9$ → ekkora hányada redundáns, felesleges a képnek

Régen: tárhely volt a gond

Most: interneten átvitel a gond (pl. mozgókép)

~25 év alatt 6 nagyságrend növekedés → $10^6 = 2^{18}$

Moore-tv: évente megkétszereződik a tárhely

Tömörítés = megszüntetjük a redundanciát.

Különféle redundanciák képeknél :

1. kódolási r.
2. inter-pixel r.
3. pszicho-vizuális r.

(1) pl. 1000×1000 színes kép → ∀ cellában 3 byte → 1 szín: 24 bit
csak 8 féle színt használok

RED: 255, 0, 0 → 0, 0, 1
KÉK: 0, 0, 255 → 0, 1, 0
⋮
NARANCS: → 1, 1, 1

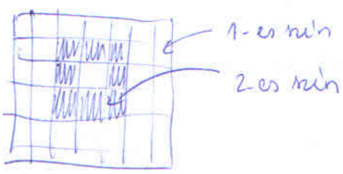
színtáblázat (LUT)
24 bit helyett : 3 bittel is leírható
↓
ez a kódolási redundancia

a fájl visszaállításakor használjuk a LUT-ot

↳ 8-adára tömörítettem + az elején ott van a CLUT (color) (32 bájt)

vonalas ábrák, pl. logók (website-okon)

(2)



nem azt kell leírni, hogy 1122211, hanem 2×1, 3×2, 2×1 stb.

darabszám + szín formátum

pl. 1000 × 1000 bájtos kép egy sora lehet 5×2 = 10 bájt 1000 helyett
vonalas ábra : nem valós fotó, hanem geometriai, rajzolóprogrammal mesterségesen készült

↳ ez a két redundancia vonalas ábrákhoz jó

(3) fotók esetén, veszteséges

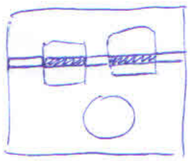
nincs kódolási v. inter-pixel red.
↑
pl. 8000 × 8000 kép, 64 millió pixel, mind külön. szín
vannak olyan változások, melyekre pszicho-vizuálisan nem érzékeny az ember → ez az info lehet redundáns

pl. JPEG: minőségi faktor (pl. 1-12) Photoshop

↳ akár C=10 kompressziós faktort is elérhetünk jó eljárással, amelyet nem vesz észre az ember

Fájlformátumok

P.C.X.: első sz.gépek rajzprogramjaiból → inter-pixel redundanciát szüntette meg



→ geometrikus, vonalas ábrák tömörítésére használták

G.I.F. (Graphics Interchange Format v. File): vonalas ábrák, kevés színt tartalm

→ kódolási & inter-pixel r.-át szünteti meg

→ kötött 256 db színből álló paletta

↳ minden pixel egy bájt → színtáblázat egy indexe (CLUT)

J.P.E.G. (Joint Pictures Expert Group)

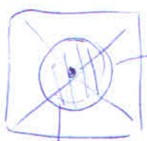
→ pszicho-vizuális redundancia megszüntetése

→ humán-percepciós kísérletekkel optimalizálták

→ egyetemek "picture expertjei" kísérleteztek ki

→ wavelet-transzformációt használ

(hasonlít a 2D FT-ra → magasabb frekvenciás komponensek "kockásodást" okozhatnak)



→ ha csak ezt tartom meg (aluláteresztő szűrő)

→ a kép nagyságától > hullámhosszú komponenseket nyugodtan kidobhatom

mintha simítanám

→ más: pl. faximecs: jobb felbontás, de kevesebb szín kell

↔ arcfotó: rosszabb felbontás, de több szín kell

~~1. JPEG~~

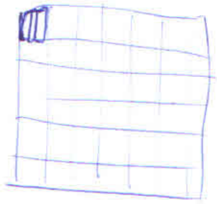
PNG (Portable Network Graphics)

→ hálózaton átvivendő grafika

→ egyszerre csinálja azt, mint a GIF és a JPEG (mindkettő algoritmusát tudja)

→ "megjegyzi", hogy vonalas ábrát vagy fotót kapott

TIFF (Tagged Image File Format)



1000 x 1000

3 millió byte

→ tömörítetlen

→ tag-ek vannak az elején

→ pl. drága mikroszkóp felvétele, van elég tárhely

sor- és oszlopfolytonos adathalmaz

→ megjelenítéshez kell, hogy hány soros hányas, és ~~hány~~ mennyi infót tartalmaz: $\underbrace{1000, 1000, 3}$ ← meg kell adnom az elején

első 2+2+2 = 6 bájt a tag-ek ~> ez nem biztos — utánanézni

v. olvasható v. nem

FITS (Flexible Image Transportation System)

→ asztrofizikusok használják

→ kibővített TIFF: tag-ek + tömörítetlen info

ASCII szerkeszthető, olvasható, sokkal több info

→ fontosak a kép készítésének körülményei (header)

$\underbrace{\text{XSIZE}}_{\text{10 byte}} = \underbrace{2048}_{\sim 70 \text{ byte}}$

$\underbrace{\text{YSIZE}} = \underbrace{2048}$

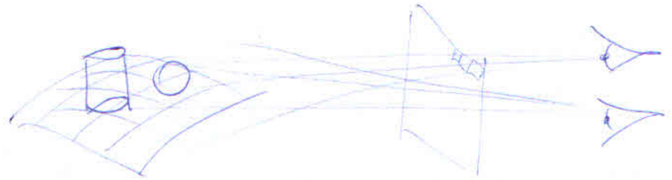
NS = 2 → tengelyek száma

→ pl. spektroszkópia: 1D info: NS = 1

XSIZE csak

11. 24.

Sztereoszkópikus képalkotás



ember: 2 szem ~10 cm távol
2 nézőpontból kell a renderelést megcsinálni + szeparáció
|
közeli és távoli obj az elmozdulás nagyságából

4 fajta szeparációs eljárás:

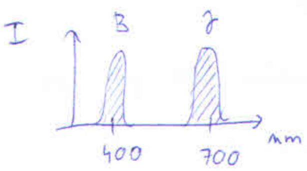
ANAGLYPH: fény spektrumának szétválasztásával

pl. piros+kék egyik-másik szemnek való kép + piros/kék színszűrős szemüveg

előnye: nem kell vetíteni, nem kell képernyő hozzá

probléma: ha nem teljesen szeparált a két színszűrő, akkor van átfedés

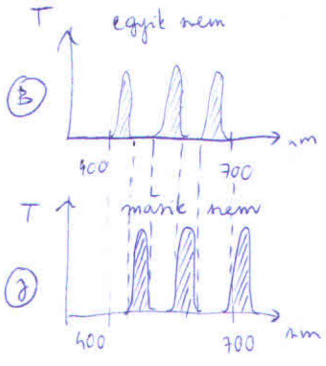
↳ nem teljesen úgy látom a képet (pirosat is kéken halványan)



+ nem színes (ezüstös kép)

+ OLCSÓ	— NEM SZÍNES
+ PRINT	— SZEPARÁCIÓ ROSSZ

"INFITEC": itt is a fény spektrális tulajdonságát használják
(cégről) az Anaglyph színtelenségét javítják ki

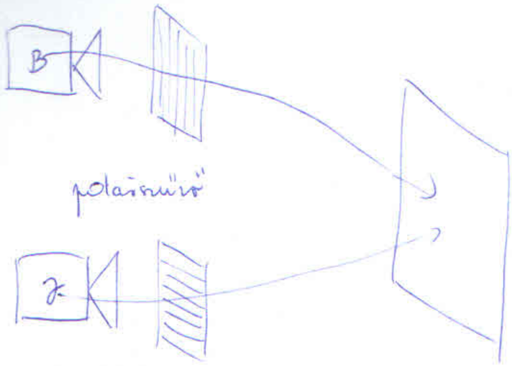


áteresztése a szemüvegnek legyen speciális, szeparált
printelni is speciálisan kell
- kétféle alapszín-hármast használnak
- bonyolult színszűrők

↳ nem triviális színkalibrációs problémák

(keskeny sávú szűrő: $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = 0.01$ → nagyon nem effektív, ezért nem
(széles: 0.2) használják, mert a pár atomerőmű kéne, hogy látható legyen a kép)

PASSZÍV SZTEREO : fény polarizációját használjuk ki



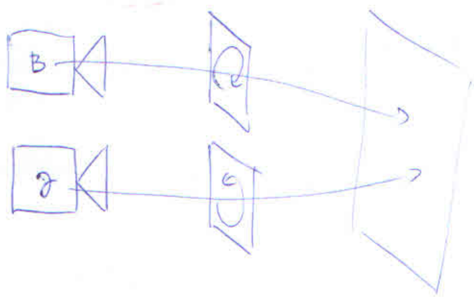
- mindkét vetítőnek eltérő pl. meghatározott polarizációs állapota van
- szemüveg polarizációs alapon szeparálja a távoli-közeli objektumot
- baj: ha megdöntöm a fejem, a szemüveg polarizációja nem fog megegyezni a vetítő polarizációjával

átfedés lesz

elromlik a sztereoszeparáció

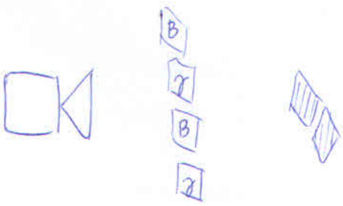
- ha megcserélem a b/j szemnek készült képet → fejfájás
- passzív: a szemüveg nem dolgozik, egyszerű polárszűrő

~~AKTÍV SZTEREO~~ : CIRKULÁRISAN poláros szűrőt kell alkalmazni



- a vászonról visszaverődve nem tartották meg a hullámok a polarizációjukat → speckó vászon kellett

AKTÍV SZTEREO : "IDŐBEN"



- LCD folyadékkristály elsötétül / nem sötétül el pl. 120/s (60-60 mindkét szemnek)

szinkronizálva vannak

felváltva vetíti a képet a B és a J szemnek

+ spec. vetítő: dupla frekvenciával tudjon vetíteni, szinkronizálni kell

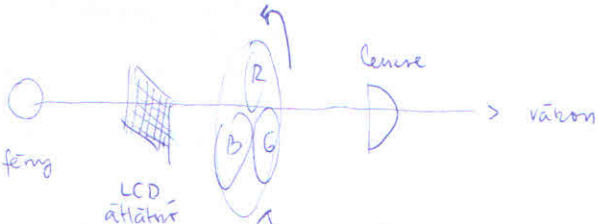
DRÁGA : 800 $
az aktív szemüveg pedig nem a legjobb

- ma moziban:  bal/jobb képeket egymás után vetíti
  + Z-SCREEN : 120/s-ként változtatja a polarizá...

- passzív sztereóhoz különleges vetítő, se papír, se TV..
- aktív sztereó: papíron nem megy, de TV-n működik!
  - → b/j képeket kell küldeni
  - → 2x akkora sávszélesség a TV-nek
  - → IR jelet ki kell adni a szemüvegnek (régebben rádióhullámok)

  } olcsóbb lett → ~50-100 $

vetítő:

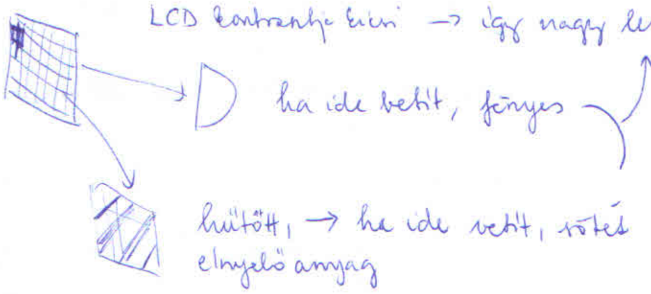


nagyon gyorsan forgatom a R, G, B színszűrőket

pl. nagyon gyors labda: hogy látom? (szivárványszínű csóva?)

jó LCD: pixelenként pici forgatható tükör

LCD kontrasztja kicsi → így nagy lesz



→ ez a jó DLP
Dig Light P

→ folytatás

12.01.

→ pl. 3D-s FITS (key=value) folyt.
4D-s: 3D-s film időben tárolva

→ távcsöveknél: 300 sornyi header információ,
pl. epoch, zenittávolság, obj. neve, ki végezte a mérést stb.
~> kb. 25 kbyte header

→ rekord: 1440 byte (18 sor)
↳ ilyen kvantumokban lehet helyet foglalni a headerben

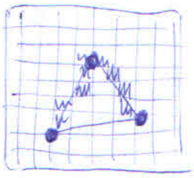
P.S. (POST-SCRIPT)

PDF (Portable Document Format) (Adobe Systems)

→ vektoros infot tartalmaznak, nem raszterest

→ eddig: raszteres info tömörítéséről volt szó (és tárolásáról)

raszteres tárolás



kisebb raszter → jobb felbontás

vektoros: PS programozás

1000 SCALE

100 100 MOVETO

800 200 LINETO

:

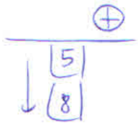
PRINT

ide lehet még:

8 COLOR

5 LINEWIDTH stb.

PS: stack-orientált programnyelv:



pl. számológép: beütöm: 5, 8, ⊕

változó, operátor

és interpretált programnyelv: sorról sorra végrehajtja

→ vektoros grafikát leíró, stack-orientált, interpretált prog. nyelv

→ a 3 koordinátát eltárolja (3 pont)

→ DVI: "végtelen" felbontás → a megjelenítő eszköz felbontásától függ, mekkora lesz a raszter → GRAFIKA

→ pl. a betű: vektorsorozat:  ← kerülete, kitölti

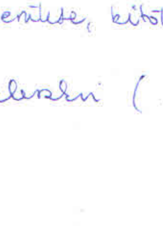
→ ASCII formátumban lehet csak képet beleírni (veszteséges) tömbben

PDF: → tudja a tömörített képeket is (JPEG stb.)

→ vektoros programnyelv, vektorgrafika van rajta

EPS: encapsulated post-script

1. kijelentjük, hogy encapsulated
2. hova tesszük oda a papíron
3. suppressed print command



← EPS

← ~~print~~ ne hajtsa végre, hogy tudjam folytatni

interpretive prog. ny.

12.08.

Mozgóképek formátumai:

MPEG (Motion Pictures Experts Group) – 1988 (~350 tag

- MPEG1 (1993) fix (alacsony) felbontás elterjedt (pedig lehetne 4K is)
  - 320×240 : 24 v. 30 fps (frame per second) => 1,5 Mbit/sec sávszé

↓

a normál "CD"-nek ez a bit-rátája (audio CD)

1) 700 Mbyte ~ 1–1.5 óra

$7\cdot10^2$ Mbyte ~ $5\cdot10^3$ sec

(nagyságrendileg) ~ $7\cdot10^3$ Mbit ~ 7/5 Mbit/sec ≃ 1,5 Mbit/sec

2) 48 kHz × 2 (csatorna) × 16 bit

(sample rate) $4{,}8\cdot10^5 \times 3{,}2 \longrightarrow 1{,}5\cdot10^6 \frac{bit}{sec}$

=> lehetett Video CD-t csinálni MPEG1 formátumban

- layerekben tárolja az infot

Video Layer (1 v. 2)

→ Audio Layer 3 => MP3 (MPEG Layer 3)

- a képsorozatot I-FRAME, P-FRAME -k alkotják → "independent"/"key-fra

↓ "predictive"
az I-FRAME-hez képesti differenciát tárolja (pl. 15 kép, aztán 1 I..)

tömörítés

néha elmenti teljes, "független" frame-t (pl. 16 képenként)

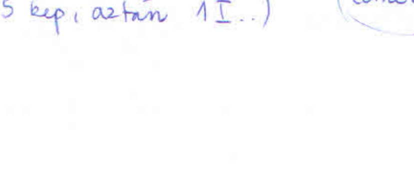
||

"JPEG"

(pl. híradó

- B-FRAME (bidirectional) → később jön a key-frame, amiből le kell m
tehát meg kell várni az I-FRAME-t, addig nem lehet megjeleníteni
(nagy buffer kell hozzá)

pl. mozifilm



snitt

(előretekerni csak key-frameken lehet)

MPEG2 (1995)

- "broadcast quality" digitális mozgóképformátum
  - L satellite digitális TV-csatornán megjelenítendő képet kell tudnia hiba nélkül

európai TV felbontás : 625 sor

3/4 kép-arány : ~840 × 625

25 fps (Európa, 50 Hz) – 30 fps (Amerika, 60 Hz)

↑ ↑

50 félképet sugároznak : 60

+ INTERLACE
+ SOKCS
+ FELBONTÁS
+ SZÍNTÉR

egyik félkép  másik félkép (θ 2. sor) INTERLACE (tudja az MPEG2)

- SOKCSATORNÁS HANG

DVD : Digital Video Disk → 576 sor (16:9 képarány)

5.1, 7.1 sokcsatornás hang (MP3 csak normál sztereó 2 csatornás hang)

- SZÍNTÉR : többféle kinkódolás is használható
  - L header tartalmazza : melyik szín hány biten van ábrázolva

MPEG4 (1998) — 3-mas nincs : hozzácsapták a 2-eshez utólag

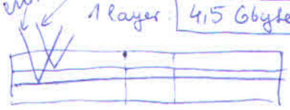
- a Blue-Ray elterjedése tette szükségessé → sokkal nagyobb felbontás, bitráta

kitérő : $\boxed{\text{DVD}}$ erősebb gyengébb lézerfény más rétegről verődik vissza

1 layer : $\boxed{4{,}5\ \text{Gbyte}}$

16:9 →

régen: 4:3 →



} egyik felénél 2 layer → összesen 18 Gbyte

↓

megfordítható

otthon 1 réteget tudok írni → 4,5 Gbyte

gyárban : 2 réteg, 2 oldal → 18 Gbyte

- Blue-Ray (~ 30 GByte)
  - megvilágító fény frekvenciája nőtt → olcsó kék lézer
  - sokkal kisebb pontok írhatók és olvashatók a felületen
  - HD-TV-k elterjedése : 720p 1080p / 720i 1080i

normál és HD-k közti lépés

$\boxed{1920 \times 1080}$

full-HD : 1080 sor

(16:9)

progressive → egész képek jönnek

interlaced

MPEG2 (1995)

- "broadcast quality" digitális mozgóképformátum
  - L satellite digitális TV-csatornán megjelenítendő képet kell tudnia hiba nélkül

    európai TV felbontás: 625 sor

    3/4 kép-arány: ~840 x 625

    25 fps (Európa, 50 Hz) – 30 fps (Amerika, 60 Hz)

    ↑ ↑

    50 félképet sugároznak: 60

+ INTERLACE + SOKCS. + FELBONTÁS + SZÍNTÉR

egyik félkép  másik félkép (← 2. sor) INTERLACE (tudja az MPEG2)

- SOKCSATORNÁS HANG

  DVD: Digitál Video Disk → 576 sor (16:9 képarány)

  5.1, 7.1 sokcsatornás hang (MP3 csak normál sztereó 2 csatornás hang)

- SZÍNTÉR: többféle színkódolás is használható
  - L header tartalmazza: melyik szín hány biten van ábrázolva

MPEG4 (1998) — 3-mas nincs: hozzácsapták a 2-eshez utólag

- a Blue-Ray elterjedése tette szükségessé → sokkal nagyobb felbontás, bitrate

kitérő: $\boxed{\text{DVD}}$ erősebb gyengébb lézerfény más rétegről verődik vissza

1 layer: $\boxed{4{,}5 \text{ Gbyte}}$

16:9 →

régen: 4:3 →

} egyik felénél 2 layer → összesen 18 Gbyte

↓ megfordítható

otthon 1 réteget tudok írni → 4,5 Gbyte

gyárban: 2 réteg, 2 oldal → 18 Gbyte

- Blue-Ray (~30 GByte)
  - megvilágító fény frekvenciája nőtt → olcsó kék lézer
  - sokkal kisebb pontok írhatók és olvashatók a felületen
  - HD-TV-k elterjedése: 720p 1080p / 720i 1080i

    normál és HD-k közti lépés

    $\boxed{1920 \times 1080}$

    full-HD: 1080 sor (16:9)

    progressive → egész képek jönnek

    interlaced

+ DRM (Digital Rights Management)

bele lehet rakni a fájlba, hogy ki milyen lejátszóval játszhatja le

a világot 6 régióba osztották → adott régióban lehetett csak lejátszani (header-ben

(szoftver → meg lehetett buherálni) → MPEG2-nél csak egyszerű régiós

MPEG4-ben komolyabb

+ AAC (Advanced Audio Codec)

más kódolás, mint az MPEG2/1-nél

+ VRML (Virtual Reality Modeling Language)

sztereoszkópikus képek tárolhatók MPEG4-ben

tartalmaz 3d-s "scene"-t leíró nyelvet → 3d-rendering gép bemenete tud lenni

→ real-timeban tudják megjeleníteni ilyet megfelelő szoftverrel

→ elmozdult az MPEG4 a computer grafikák felé

+ DIVX, XVID, QUICKTIME

különböző tömörítéseket megenged

Információ Vizualizáció : tavasszal választható tárgy