1.

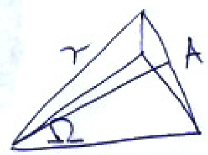
Képfeldolg ZH kérdések

Fénytani mértékegységek

1. A sugárzási tér energetikai és fotometriai mennyiségei

Energetikai (sugárzási) mennyiségek			Fotometriai (fény-) mennyiségek		
Neve	**Definíció**	**Mértékegység**	**Neve**	**Definíció**	**Mértékegység**
Energiaáram (sugárzási teljesítmény)	$\phi_e = \frac{dW_e}{dt}$	W	Fényáram	$\phi = \frac{dW}{dt}$	lm (lumen) = $cd{\cdot}sr$
Sugár(zási) erősség	$I_e = \frac{d\phi_e}{d\Omega}$	$\frac{W}{sr}$	Fényerősség	$I = \frac{d\phi}{d\Omega}$	cd (candela)
Sugár(zási) sűrűség	$B_e = \frac{dI_e}{df\cos\vartheta}$	$\frac{W}{m^2 \cdot sr}$	Fénysűrűség	$B = \frac{dI}{df\cos\vartheta}$	$\frac{cd}{m^2}$
Besugárzott fajlagos teljesítmény	$E_e = \frac{d\phi_e}{df'}$	$\frac{W}{m^2}$	Megvilágítás	$E = \frac{d\phi}{df'}$	lx (lux) = $\frac{lm}{m^2} = \frac{cd \cdot sr}{m^2}$

Térszög:



$\Omega = \frac{A}{r^2}$

$A_{gömb} = 4\pi r^2$

teljestérszögben

$\Omega = 4\pi$

1

2

3

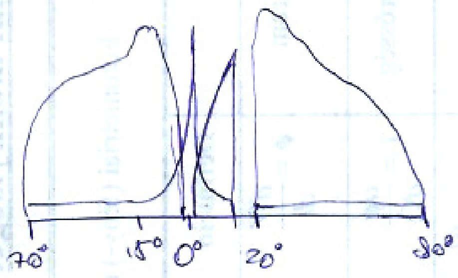
Az emberi látás sikfrekvenciás jellemzői

Az elektromágneses sugárzás 400-700 nm közé eső részét érzékeljük. Ez szűk tartomány, de az atmoszférába a sugárzás 83% beleesik.

Retina

- pálcikák: nagyobb fényérzékenység, elméletileg egy fotont is érzékelni képesek. Fekete-fehér látás. Dominánsan a látómező szélén vannak jelen ⇒ Látómező középső jó szélein megszűnik a színérzékelés. ⇒ Gyenge fényben a perifériás látás a jobb.
- csapok: Színérzékelés. Nagyobb fényintenzitás igény
  3 típus: spektrális érzékenység:
  L = 600 nm körüli max érzékenység
  M = 530 nm —"—
  S = 440 nm —"—

pálcikák csapok eloszlása



Adaptáció a környezethez

éjszaka / nappal közti ~~[illegible]~~ fényintenzitás kül $4 \cdot 10^{10}$ is lehet pupillával ezt $3 \cdot 10^{9}$-re lehet csökkenteni. Ezt az átfogást a nem a pálcikák csapocskák közötti átkapcsolással oldja meg. Az agy a feldolg során nem érzékeli ki abs intenzitást ehelyett intenzitás különbséggel dolgozik (deriválás). Az adaptáció időigényes, több 10 perc kell.

Fekete-Fehér látás

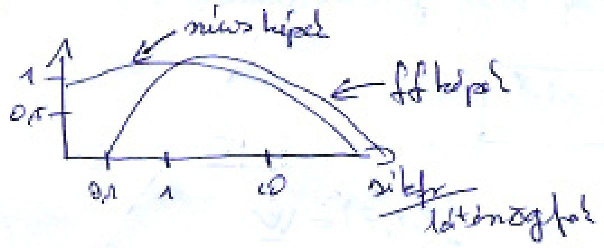
A kontraszt (logaritmikus) érzékenysége épül.

$$\frac{f_2 - f_1}{f_1} = \frac{f_3 - f_2}{f_2}$$ azonos kontraszt érzet csak

$$f_2 - f_1 \neq f_3 - f_2$$

$\Delta f = f_2 - f_1$ = kontrasztküszöb, függ a környezeti fénytől

$\frac{\Delta f}{f_1}$ = kontrasztküszöb arány, közel állandó, síkfrekvenciának [illegible]



Síkfrekv.: 1 látószögfokra eső periódusok száma

Kontrasztküszöb hirtelen ugrásszerűen lokálisan csökken
Síkfr. növekedése rontja a méret és az irány érzékelését

4	Az emberi térérzékelés komponensei

3D világból → 2D kép. Agy visszaállítja a mélységi infókat, de hogyan? A sztereo látás nem elég magyarázat:

1) Egy szemmel is jó térérzet
2) Térérzet sokkal jobb mint a sztereoszkópikus analízise magyarázná
3) Sztereoszkópikus analízisből 10 m-es távolból csak 5 cm felbontás várható. Ennél ~~sokkal~~ jobbak vagyunk.

Térlátás összetevői:
- extraretinális
- monokuláris
- binokuláris

Monokulánis → 3D

Lineáris perspektíva: ismétlődő sorozat a ∞-ban

Tárgy mérete: obj-ról alkotott képméret nem csak az obj mérettől, hanem a távolságtól is függ

felületi textúra méretváltozásaiból követ 3D-re: különösen ismétlődő mozaikos alakzatok esetén

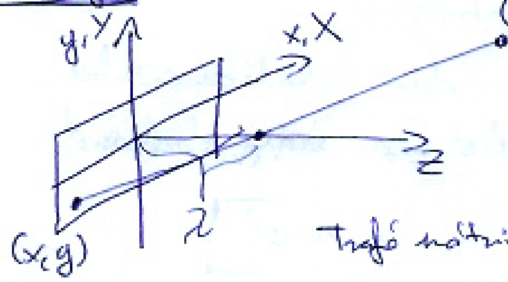
Légköri torzítások: Természetben az elmosódott részeket távolibbnak érzékeljük.

Árnyalás & kontúr: beárnyékolás, domborulat érzékelése

Mozgásalapú sztereo: Akkor az obj sodródik előttünk a közeli objektumok képe jobban elmozdul.

5 | Homogén koord kamera modell

Perspektív trafó



$$\frac{x}{\lambda} = \frac{X}{\lambda - Z} \qquad \frac{y}{\lambda} = \frac{Y}{\lambda - Z}$$

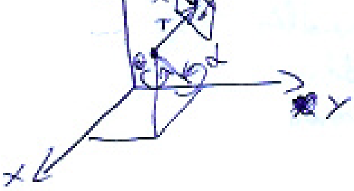
Trafó mátrix:

$$\underline{P} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdot & \cdot \\ 0 & 1 & & \\ \cdot & & 1 & \\ & & -1/\lambda & 1 \end{bmatrix}$$

$$\underline{W}_h = \begin{bmatrix} kX \\ kY \\ kZ \\ k \end{bmatrix} \qquad \underline{C}_h = \underline{P} \cdot \underline{W}_h$$

$\underline{C}_h$-ból nem kapható meg $\underline{W}_h$ $\underline{P}^{-1}$-el, kell még egy mélységi érték.

Kamera modell:



$$\underline{W}_0 = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix}$$ kamera középp eltolás

τ – gimbális középp eltolás

$$\underline{G} = \begin{bmatrix} 1 & & & -X_0 \\ & 1 & & -Y_0 \\ & & 1 & -Z_0 \\ & & & 1 \end{bmatrix}$$

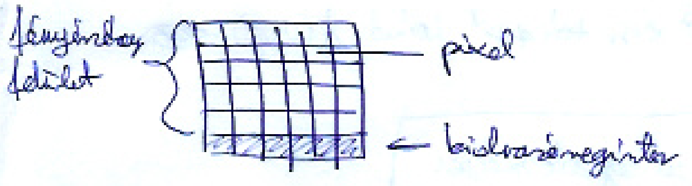
$$\boxed{\underline{C}_h = PCRG\,\underline{W}_h}$$

$$R = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 & 0 \\ -\sin\theta \cdot \cos\alpha & \cos\theta \cdot \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ \sin\theta \cdot \sin\alpha & -\cos\theta \cdot \sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

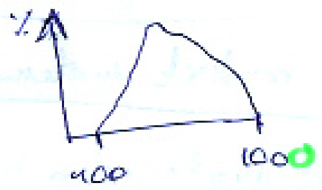
$$\underline{C} = \begin{bmatrix} 1 & & & -\tau_1 \\ & 1 & & -\tau_2 \\ & & 1 & -\tau_3 \\ & & & 1 \end{bmatrix}$$

6 | CCD, PSD érzékelők fogalma & működése

CCD: (1970-től) MOS tárolóegységből sorba elhelyezve egy félvezető lapocskán egy kiolvasó áramkörrel összekötve memóriaegységeket és optikai érzékelőket alkotnak. CCD = töltés csatolt elem



Spektrális érzékenység



Hátrányok: - felbontás elmarad a fotótól
- érzékelő méret is

Előny: - Intenzitás - kiadott jel nagyság lineáris
- Intenzitáshelyesen megjelenített legfényesebb és leghalványabb képpontok fényességaránya 10^4 (Fotónál 10^2 csak) Ezen hatás a pixel telítődés (e^-) miatt van.

Mikrolencse és szűrők lehetnek a pixelek előtt a nagy fényérzékenység és a színes kép érdekében.

Pixelhibák nem kiszűrhetőek ki. Ez alapján osztályozzák a chipeket.

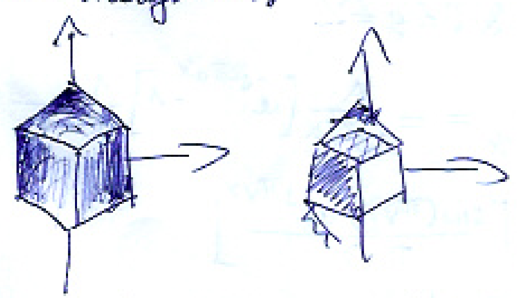
PSD detektorok:

CMOS érzékelőket használnak. A pixelek sor oszlop címzéssel egyenként elérhetőek. Az érzékelők a szélén sokkal érzékenyebbek mint a kép közepén. Nem lineáris intenzitás kiadott jel viszony. Előny: olcsó, lapkán belül timer + A/D konv.

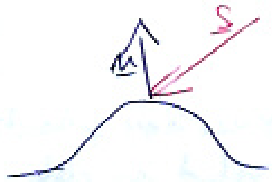
7 | Lambert visszaverődés, a diffúz képek sajátosságai

Diffúz anyag esetén a visszavert sugársűrűség független a nézet irányától.

Lambert modell alapján készültek intenzitás képek felfoghatóak a az obj formáját leíró fv deriváltjaként



távolság (tölkség mint) Intenzitás (valódi adat-lelátja)



$\underline{n}$ normált

$$J = \rho \cdot \underline{n} \cdot \underline{s}$$

$$|\underline{n}| = \frac{(f_x, f_y, -1)}{\sqrt{f_x^2 + f_y^2 + 1}}$$

$$\underline{s} = [s_1\, s_2\, s_3]$$

Tehát egy intenzitáskép tekinthető egy tárgyat leíró $f(x,y)$ ~~...~~ deriváltjaként, diffúz esetben!

8 | A képfvek matematikai jellegzetességei

A képfvek eleget tesznek a következő feltételeknek: ~~...~~ korlátos, integrálható véges számú szakadási helytől eltekintve diffható, amelyek a Fourier trafó során szükségesek. Egy vált eset: u = frekvencia változó

$$\mathcal{F}\{f(x)\} = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)\, e^{-j2\pi ux}\, dx = F(u)$$

$$\mathcal{F}\{F(u)\} = \int_{-\infty}^{\infty} F(u)\, e^{j2\pi ux}\, du = f(x)$$

$F(x)$ ált komplex: $F(u) = R(u) + jI(u)$

$$|F(u)| = \sqrt{R^2(u) + I^2(u)} \leftarrow \text{spektrum}$$

$$\phi(u) = \tan^{-1}\left[\frac{I(u)}{R(u)}\right] \leftarrow \text{fázisszög}$$

$$F(u) = |F(u)|\, e^{j\phi(u)}$$

Két ~~...~~vált eset:

$$\mathcal{F}\{f(x,y)\} = \iint_{-\infty}^{\infty} f(x,y)\, e^{-j2\pi(ux+vy)}\, dx\,dy = F(u,v)$$

$$\mathcal{F}^{-1}\{F(u,v)\} = \iint_{-\infty}^{\infty} F(u,v)\, e^{j2\pi(ux+vy)}\, du\,dv = f(x,y)$$

többi ugyan így $R(u,v)$ és $I(u,v)$-vel. Hullámfazalás értelmezés.

Pl:
$$f(x,y) = \begin{cases} A & \text{ha } 0 \le x \le X \;\&\; 0 \le y \le Y \\ 0 & \text{kül} \end{cases}$$

$$F(u,v) = A \int_0^X e^{-j2\pi ux}\, dx \int_0^Y e^{-j2\pi vy}\, dy = \ldots = \frac{A}{-j2\pi u}\left[e^{-j2\pi uX} - 1\right] \frac{1}{-j2\pi v} \cdot$$

$$\left[e^{-j2\pi vY} - 1\right] = \ldots = AXY \left[\frac{\sin(\pi uX)\, e^{-j\pi uX}}{\pi uX}\right]\left[\frac{\sin(\pi vY)\, e^{-j\pi vY}}{\pi vY}\right]$$

$$|F(u,v)| = AXY \cdot \left|\frac{\sin \pi uX}{\pi uX}\right| \left|\frac{\sin \pi vY}{\pi vY}\right|$$

10 Optimalizált kvantálás

Dirack delta: $\delta(x,y) = \begin{cases} \infty & \text{ha } x=y=0 \\ 0 & \text{kül} \end{cases}$ és $\iint\limits_{-\infty}^{\infty} \delta(x,y)\,dx\,dy = 1$

Mintavételi fv: $t(x,y) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(x-m\Delta x, y-n\Delta y)$

Digitalizált kép:

$$h(k,l) = f(x,y)\,t(x,y)$$

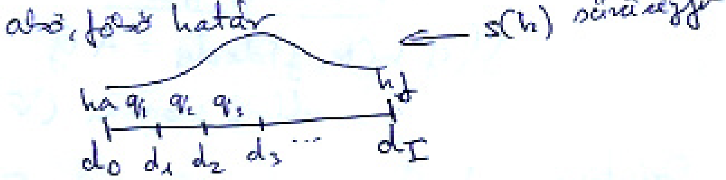
Kvantálás

Világosság kód: q $\quad 0 \leftrightarrow 63$ v. $0 \leftrightarrow 255$ tipikusan

TFH

$$h_a \le h(k,l) \le h_f$$

Ezt felosztjuk I db kvantumra



s(h) a mintavételi értékek sűrűségfv-e.

kvantálás: $q(k,l) = q_i$ ha $d_{i-1} \le h(k,l) < d_i$

A négyzetes hiba: $E = \int_{h_a}^{h_f} (h-q)^2 \cdot s(h)\,dh = \sum_{i=1}^{I} \int_{d_{i-1}}^{d_i} (h-q_i)^2 s(h)\,dh$

Optimális kvantálás: Cél E minimalizációja fix I mellett. Ehhez E diff hányadosai

$$\frac{\Delta E}{\Delta d_i} = (d_i - q_i)^2 s(d_i) - (d_i - q_{i+1})^2 s(d_i) = 0$$

$$\Rightarrow d_i = \frac{q_i + q_{i+1}}{2} \quad (i = 1..I)$$

$$\frac{\Delta E}{\Delta q_i} = -2 \int_{d_{i-1}}^{d_i} (h - q_i)\, s(h)\,dh = 0$$ / tagokra bontás ... $\Rightarrow$

$$q_i = \frac{\int_{d_{i-1}}^{d_i} h \cdot s(h)\,dh}{\int_{d_{i-1}}^{d_i} s(h)\,dh}$$ $\leftarrow$ a sűrűség fv alatti terület súlypontja

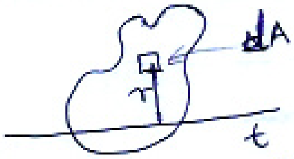
11 | Pozíció & Orientáció meghatározása bináris képeken

$b(x,y) = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$ a kép (x,y) pontjától függően

$$A = \iint b(x,y)\,dy\,dx \quad \text{(terület)}$$

Pozíció:

k-ad rendű statikai nyomaték $E_k = \int r^k dA = \iint r^k dx\,dy = \iint r^k b(x,y)\,dx\,dy$



$E_0 = A$

E_1 x-tengelyre: $\qquad$ y-ra:

$\iint y\, b(x,y)\,dx\,dy = A\bar{y} \qquad \iint x\, d(x,y)\,dx\,dy = A\bar{x}$

ebből megvan $(\bar{x},\bar{y})$ – a súlypont.

Orientáció: Az obj-hoz rendelt min E_2 tengely iránya.

$y = mx + b = \frac{\sin\theta}{\cos\theta}x + b \rightarrow x\sin\theta - y\cos\theta + \rho = \emptyset$

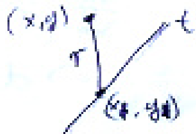
$\rho = b\cdot\cos\theta$

Egyenes origóhoz legközelebbi pontja: $(-\rho\sin\theta; \rho\cos\theta)$

paraméteres alak: $x = x_a + V_x\cdot s \quad y = y_a + V_y\cdot s$ $\quad$ s- futó változó

$\boxed{x_0 = -\rho\sin\theta + s\cos\theta \quad y_0 = \rho\cos\theta + s\cdot\sin\theta}$

$r^2 = (x-x_0)^2 + (y-y_0)^2$ $\qquad$ (x,y) egyenesen kívüli fix pont



$r_{min} = ?$ x_0, y_0 helyébe behelyettesítve, s-el végigfutunk az egyenesen. Ott lesz a min, ahol a $\frac{dr^2}{ds} = \emptyset$

ekkor $s = x\cos\theta + y\sin\theta \rightarrow x_0$ és y_0 is kiszámolható majd

$x - x_0 = x - (-\rho\sin\theta + \cos\theta(x\cos\theta + y\sin\theta)) =$

$\cancel{y - y_0 = y - ...} = \sin\theta(x\sin\theta - y\cos\theta + \rho)$

$y - y_0 = \cos\theta(\text{—"—})$

$r^2 = (x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 = (x\sin\theta - y\cos\theta + \rho)^2$

$$E_2 = \iint (x\sin\theta - y\cos\theta + \rho)^2 b(x,y)\,dx\,dy$$

E_2-t minimalizáljuk $\frac{dE_2}{d\rho} = \emptyset = \not{2} \iint (x\sin\theta - y\cos\theta + \rho)\, b(x,y)\, dx\,dy$

$\sin\theta \iint x\, b(x,y)\, dx\,dy = \sin\theta \cdot \bar{x} \cdot A$

A tengelynek át kell mennie a tkp-on.

$A(\bar{x}\sin\theta - \bar{y}(\cos\theta) + \rho) = \emptyset$

Toljuk el az koordináta tkp-ba $\quad x' = x - \bar{x} \quad y' = x - \bar{y}$

$$E_2 \doteq \iint (x'\sin\theta - y'\cos\theta)^2\, b(x,y)\, dx\,dy$$

$\rho = b \cdot \cos\theta$ mivel $b = 0 \Rightarrow \rho = \emptyset$

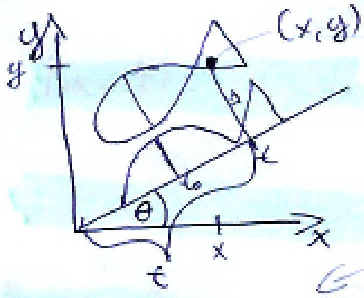
$\frac{dE_2}{d\theta} = \emptyset \qquad E_2 = a\sin^2\theta - b\sin\theta\cos\theta + c\cos^2\theta$

$$\left.\begin{aligned} a &= \iint x'^2\, b(x,y)\, dx\,dy \\ b &= \iint x'y' \text{ -- " --} \\ c &= \iint y'^2 \text{ -- " --} \end{aligned}\right\}$$ Másodrendű centrális nyomatékok

ha E_2 min akkor: $\tan 2\theta = \frac{b}{a-c}$

12 | Képek vetületi leírása, poz és orient számítása vetületből

Vetület t tengelyre



$(x,y) = (t\cos\theta - s\sin\theta\,;\, t\sin\theta + s\cdot\cos\theta)$

$$P_\theta(t) = \int b(t\cos\theta \ldots ; \ldots + s\cos\theta)\, ds$$

Függőleges vetület: $v(x) = \int b(x,y)\, dy$

Vízszintes vetület: $h(y) = \int b(x,y)\, dx$

$A = \int v(x)\, dx$

Pozíció: $(\bar{x}, \bar{y}) = ?$

$$A\bar{x} = \iint x \underbrace{b(x,y)\, dy}_{v(x)} dx = \int x\, v(x)\, dx$$

$A\bar{y} = \ldots$

Orientáció: $a = \iint x^2 b(x,y)\,dx\,dy$ $\quad a = \int x^2 v(x)\,dx$

$b = \iint xy\, b(x,y)\,dx\,dy$ $\quad c = \int y^2 h(y)\,dy$

$c = \iint y^2 b(x,y)\,dx\,dy$

b meghat 45°-os vetülettel: $\Theta = 45^\circ$

$$\Omega(t) = \int b\left(\frac{1}{\sqrt{2}}(t-s), \frac{1}{\sqrt{2}}(t+s)\right) ds$$

$$\iint \frac{1}{2}(x+y)^2\, b(x,y)\,dx\,dy = \iint t^2\, b(u,v)\,ds\,dt = \int t^2\,\Omega(t)\,dt =$$

mert $t^2 = \frac{(x+y)^2}{2}$, ha $x = \frac{1}{\sqrt{2}}(t-s)$

$y = \frac{1}{\sqrt{2}}(t+s)$

$$= \frac{1}{2}\iint x^2 b(x,y)\,dx\,dy + \frac{1}{2}\iint y^2 b(x,y)\,dx\,dy + \underbrace{\iint xy\, b(x,y)\,dx\,dy}_{b}$$

$\tan 2\alpha = \frac{b}{a-c}$ $\quad \alpha$ - orientáció

13 | Négy, 8, 6 szomszédság fogalma, bevezetésük indokai

def: 4-es távolság (metrika)

$$\rho_4(P_1, P_2) = |k-m| + |l-n|$$

def 8-as távolság

$$\rho(P_1, P_2) = \max(|k-m|, |l-n|)$$

Ezek metrikák mert, ① nem negatív definit $\rho(P_1,P_2) \geq 0$ & $=0$ csakkor ha $P_1 = P_2$

② szimmetrikusak

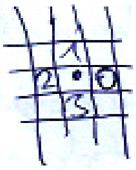
③ 3 szög egyenlőtlenség

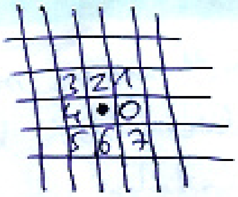
4 szomszédság: $\rho_4(P_1, x) = 1$ $\quad 2^4$ lehetséges ~~áll.~~ szomszéd állapot

8 szomszédság: $\rho_8(P_1, x) = 1$ $\quad 2^8$ — " —

Haszna: Pl útvonal megadása P1, P2 között

Freeman féle iránykód:

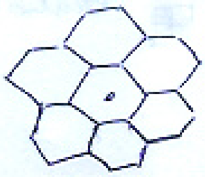


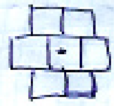


Útvonal:

$t_4(P_1,P_2) = 0,3,3,2,0,1$ $t_8 = 0,3,7,6,7,4$

Hatszomszédság:





2^6 lehetséges szomszéd állapot

Hasonl.: meghatározható melyek az egy obj-ba tartozó képpontok

14 | Additív halmaz tul + mérték fogalma, példák

Mérték: Az $\mathcal{A}$ σ algebrán értelmezett $\mu: \mathcal{A} \to R \cup \{+\infty\}$ fv-t mértéknek nevezzük, ha

1. $\mu(A) \geq 0$ $(\forall A \in \mathcal{A})$
2. $\mu(\emptyset) = 0$
3. $A_1 \dots A_n \dots \in \mathcal{A}$, $A_k \cap A_l = 0$ $(k \neq l)$ esetén

$$\mu\left(\bigcup_{n=1}^{\infty} A_n\right) = \sum_{n=1}^{\infty} \mu(A_n)$$

Additív halmaz tulajdonságú mérték: $\mu(X) + \mu(Y) = \mu(X \cup Y) + \mu(X \cap Y)$

például: terület, Euler szám: testek ~~...~~ és lyukak számának különbsége: $E(I \cup \Delta I) - E(I) = E(\Delta I) - E(I \cap \Delta I)$

15 | Euler szám a topológiában, meghatározása

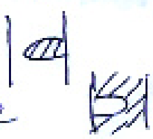
def Euler szám

Csíkokra vágott kép: $E(I \cup \Delta I) - E(I) = E(\Delta I) - E(I \cap \Delta I)$

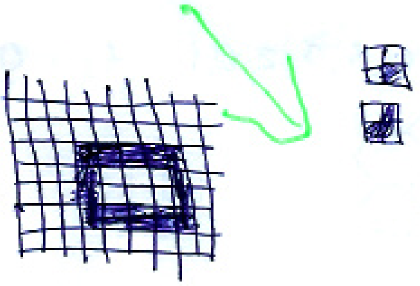
Az $E(I) \neq E(I \cup \Delta I)$ ~~...~~ [illegible]:

- ΔI-ben új objektum

- ΔI-ben lyuk vége



Alg Euler szám számolására: a hozzáadódó kép régióiban egy meghatározott irány szerint számoljuk az új objektumok komponenseit és a lyukszámokat, komponensek számát majd az elsőből levonjuk a másodikat.



Számolása

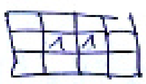
Lokális operációk hatása az Euler számra:

pl 6 szomszédság esetén: $E \mathrel{+}= 1$ ha $\forall$ szomszéd 0, v. 1

$E \mathrel{+}= 0$ ha $\forall$ 1-es szomszéd között van út.

$E \mathrel{-}= 1,2$ ha ~~...~~ szomszédok önmagukhoz és korábban ~~...~~ ~~...~~ van volt út.

Paralel művelet elrontja a számítást:



bejött 2 egyes

⇓

Egyszerűbben belátva a pontokat összeszámolható a kép Euler száma

16	Képek szűrése a tértartományban, alacsony & magas frekis konvolúciós ablakok

Simító szűrők: lineáris szűrők azaz: $a\,Op(M) + b\,Op(N) = Op(aM+bN)$

- pozitív koefficiensek
- ablak összege 1 pl $\frac{1}{9}\begin{bmatrix}1&1&1\\1&1&1\\1&1&1\end{bmatrix}$ kép intenzitás nem vált.
- puffer használat az új értékek számolásakor
- átlagolók

$$A^*_{kl} = \sum_{i=0}^{2}\sum_{j=0}^{2} M_{ij}\cdot A_{k-i+1,\,l-j+1} \qquad M = \begin{bmatrix}1/9 & 1/9 & 1/9\\ 1/9 & \cdots & \\ 1/9 & & \end{bmatrix}$$

⇓

$\underline{A}^* = \underline{M} \otimes \underline{A}$ mátrix konvolúció

- zajt csökkent és élességet

Medián szűrő
- nem lin
- az ablak összes elemét sorba rendezi majd új értékként a középsőt választja
- salt & pepper noise-t hatékonyan csökkenti, de Gauss amplitúdóját nem.

Élkereső módszerek:

Deriváló szűrő:

differencia hányados alapján $\left.\frac{\partial a}{\partial x}\right|_{i,j} = \frac{A_{i+1,j} - A_{i-1,j}}{h}$

h - pixeltávolság, de nincs jelentősége

$$D^x_{ij} = A_{i+1,j} - A_{i-1,j}$$

$$M^x = \boxed{1 \mid 0 \mid -1}$$

- zajosságot felerősíti ezért y irányban átlagoló szűrőt érdemes mellette használni:

$$F^x = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$D^x = \underbrace{M^x \otimes F^y}_{} \otimes A$$

Prewitt operátor:
$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \text{vagy} \quad \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Sobel op: az y irányú szűrés súlyozásában különbözik:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

E élkép előállítása $= \sqrt{(D^x)^2 + (D^y)^2}$

Roberts op: $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$

Másodrendű élkiemelő módszerek

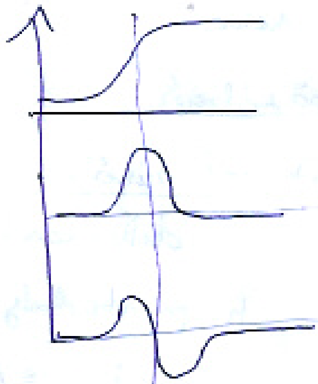
$$\operatorname{div}\operatorname{grad} a(x,y) = \frac{\partial^2 a}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 a}{\partial y^2} = \Delta a$$

$$\frac{\partial^2 A}{\partial x^2} \cong \frac{\frac{A_{i+1,j}-A_{i,j}}{h} - \frac{A_{i,j}-A_{i-1,j}}{h}}{h} = \frac{A_{i+1,j} - 2A_{i,j} + A_{i-1,j}}{h^2}$$

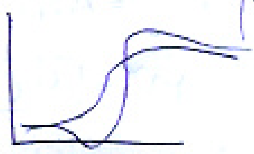
h^2-nel lényeges

$$M^x = \boxed{1 \mid -2 \mid 1}, \quad M^y = \begin{bmatrix} 1 \\ -2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$L = M^x + M^y = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$



Ha kivonjuk az eredeti képből: élesíti azt



$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Ezzel akkor mást használunk a közös formában:

$$\cancel{\frac{1}{9}\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}}$$

~~vagy~~ Highboost szűrő: $\frac{1}{9}\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & w & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$ $\quad w = 9A - 1$

$A \geq 1$

18 Képek szűrése a frekvencia tartományban

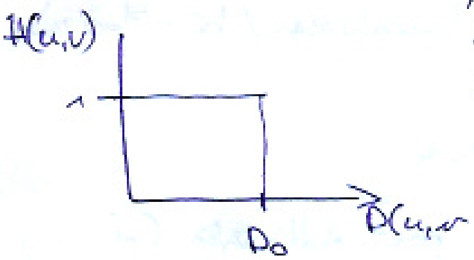
A Fourier térben történő szűrés alapja: a képet transzformáljuk, a kapott fv-t valamilyen módon például megváltoztatjuk, majd a képet visszatranszformáljuk. Ekkor frekvenciatartománybeli szűrésre van lehetőségünk.

Ha elhagyjuk a nagyobb térfrekvenciájú összetevőket (aluláteresztő szűrő) a fényesség éles változásainak megfelelő frekit lágyabb életlenebb lesz a kép.

Fordítva, ha ~~elhagyjuk a kisebb~~ kiemeljük a nagy térfrekiket élesebb zajosabb lesz a kép.

Térbeli konvolúció → fr tartba fv-el szorzás

Ideális aluláteresztő szűrő



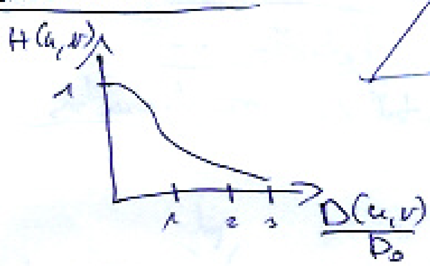
A vágási pont a teljesítmény spektrum és a jel energiatartalma alapján definiálják:

$$P_T = \sum_{u=0}^{U-1} \sum_{v=0}^{V-1} P(u,v)$$

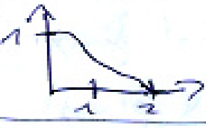
Az origó körüli kör β %-át tartalmazza a teljesítménynek.

$$\beta = 100\left[\sum_u \sum_v P(u,v)\right] / P_T$$

Butterworth szűrő:



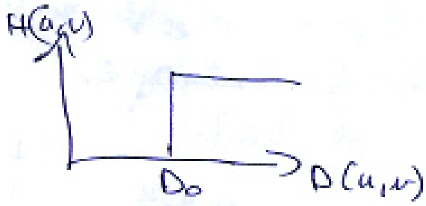
Exp: $H(u,v) = e^{-\left(\frac{D_k(u,v)}{r_0}\right)^n}$



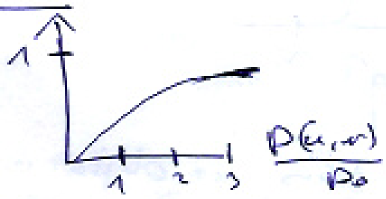
$$H(u,v) = \frac{1}{1 + \left(\frac{D(u,v)}{r}\right)^{2n}}$$

Alulvágó szűrő:

ideális



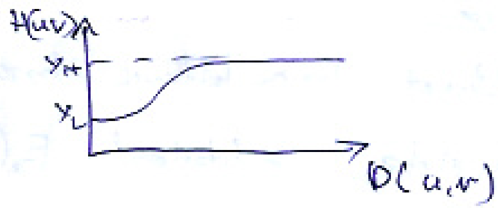
Butterworth:



Homomorf szűrő:

- cél: az emberi látás logaritmikus karakterisztikájának követése

$$f(x,y) \to \boxed{\ln} \to \boxed{FFT} \to \boxed{H(u,v)} \to \boxed{FFT^{-1}} \to g(x,y)$$



20 Küszöbözés

Kép analízis / szegmentálás / minták hasonlósága / küszöbözés

TFK kép: sötét háttér
világos objektumok

$f(x,y)$ - képfv, $p(x,y)$ - pont lokális tulajd. (pl: x,y környezetének átlag)

<u>def</u>: A küszöbözött kép $g(x) = \begin{cases} 1, & \text{ha } f(x,y) > T \\ 0 & \text{kül} \end{cases}$

ha T csak $f(x,y)$-tól függ <u>globális küszöbözés</u>
-"- $f(x,y)$ & $p(x,y)$ -"- <u>lokális -"-</u>
-"- függ még pluszban x,y-tól is <u>dinamikus -"-</u>

<u>Egyszerű globális küszöbözés</u>

Hisztogram a ~~...~~ szürkeárnyalatos képen a pl 0-255 árnyalatok eloszlásának sűrűségfv-e.

pl hisztogram

Csak erősen kézben tartott környezetben valósítható meg

<u>Optimális küszöbözés</u>

hisztogram: $p(z)$

A két módus az objektum és a háttérnek feleljen meg és legyenek ~~...~~ normál eloszlásúak:

$$p(z) = P_1 p_1(z) + P_2 p_2(z) \qquad P_1 + P_2 = 1$$

$$p_1(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma_1} e^{\frac{-(z-\mu_1)^2}{2\sigma_1^2}} \qquad p_2(z) = \dots$$

$\mu_1 < \mu_2$ és T közöttük van

Annak a valószínűsége hogy az objektumot hibásan háttérnek vesszük:

$$E_1(T) = \int_{-\infty}^{T} p_2(z)\,dz \qquad \text{fordítottja: } E_2(T) = \int_{T}^{\infty} p_1(z)\,dz$$

Teljes hibavalószínűség: $P_2 \cdot E_1(T) + P_1 E_2(T) = E(T)$

E min = ?

$\frac{dE(T)}{dT} = \emptyset$ akkor $P_1 p_1(T) = P_2 p_2(T)$. Ekkor normál eloszlást behelyettesítve log-ot képezve majd egyszerűsítve adódik:

Ha $\sigma_1 = \sigma_2$ $T = \frac{\mu_1+\mu_2}{2} + \frac{\sigma^2}{\mu_1-\mu_2} \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$. Ha $P_1 = P_2$ az opt küszöb a középpontok.

19 Hasonlóság alapú szegmentálás – régiónövelés és "slit and merge" eljárás

Szabályok:

a) $\bigcup_{i=1}^{n} R_i = R$ b) R_i kapcsolódó terület $\forall i$-re

c) $R_i \cap R_j = \emptyset$ $\forall i,j$, $i \neq j$-re d) $P(R_i) = \text{True}$

e) $P(R_i \cup R_j) = \text{False}$ $i \neq j$, ahol $P()$ logikai fv R_i $\forall$ pontjára értelmezve

Régió növelés pixelek hozzáadásával

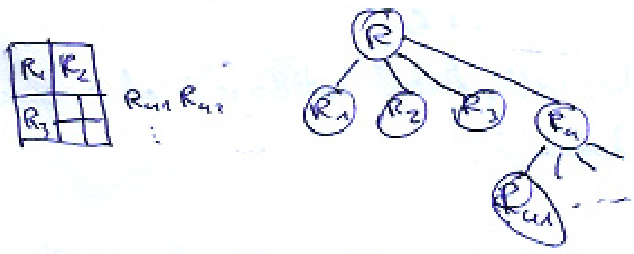
$P = \Delta q_i < 4$ – jelentése az induló pontokhoz képesti megengedett pixelérték változás

Problémák: gyökérpontok szerepe nagyon jelentős.
leállási szabályok megfogalmazása nehézkes

Split and Merge:

Jó cél: gyökérpont választás kiküszöbölése

R-et addig osztják négyzetes R_i-kre amíg $\forall$ R_i-re $P(R_i) = \text{True}$



Osztás után elvégezzük a $P(R_j \cup R_k) = \text{True}$ értékek szerint az egyesítéseket, ha R_j és R_k szomszédosak.

21 Szegmentálás nagyfrekvenciás tulok alapján – Hough-trafó

Pontok detektálása $R = \sum_{i=1}^{9} w_i z_i$ w_i -k 3x3 as maszk

~~###~~ $|R| > T$ ($T \geq 0$ küszöb)

háttértől eltérő pont detektálása

$$\begin{matrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{matrix}$$

hasonló a képtérbeli élesítő szűrő, de itt a cél a szegmentálás

Vonal detektálása háttérből

4 db irányérzékeny vonaldetektor maszk

$$\begin{matrix} -1 & -1 & -1 \\ 2 & 2 & 2 \\ -1 & -1 & -1 \end{matrix} \qquad \begin{matrix} -1 & -1 & 2 \\ -1 & 2 & -1 \\ 2 & -1 & -1 \end{matrix} \quad \ldots$$

vízszintes 45°-os függőleges, -45°

Legyenek a maszkok adott sorrendben $R_1 - R_4$

Ha $|R_i| > |R_j|$ $\forall j \neq i$ -re i fix. Akkor a pont az i irányú vonalhoz tartozik legjobban.

Szélek detektálása

Első derivált alapján gradiens módszer

... Prewitt op, Sobel op.

Második deriválttal

- Laplace op

$$\begin{matrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{matrix}$$

Élkeresésre nem használt, mert kettős élt ad + zajérzékeny, de az él pozíció pontosítására jó.

Hough trafó: Feladata egyszerű formák keresése: egyenesek, körök, pontok, ellipszisek ...

22 Kontúrok csoportosítása, attribútumok

A kontúrok élekből épülnek fel, melyek alapján a kontúrok csoportosíthatóak:

Éltípusok:

- SK, ugróél: távolságértékekben ugrás van
  - └ lágy ugróél: a felületi normális a szemlélőtől fokozatosan fordul el. WSK
  - └ kemény ugróél: egyidőben HSK
- SCK, vágóél: a felületi normális ugrásszerűen változik de a távolság maga nem. tehát konvex és konkáv
  KKSCK KUSCK
- NGK nem geometrikus él: sem a távolság sem a normális nem vált (árnyék, reflexió, textúra ..)

Él lefutása:

- egyenes
- ívelt

~~23 Felületek csoportosítása differenciálgeometriai jellemzők alapján~~

Az élek konstrukciója, Waltz rátöltési tanulása

3 féle él: SK, KKSCK, KUSCK

Az obj 3D leképezésekor: ~~[illegible]~~

- nincs ívelt felület
- nincs kritikus elrendezés
- 1 sarokban max 3 felület találkozik
- nincs árnyék, kül textúra stb..

Ilyenkor az elméleti 218 lehetséges elrendezésből 18 marad.

23 | Felületek csoportosítása diffgeom jellemzők alapján

Legyen $z = f(x,y)$, $H := \begin{bmatrix} f''_{xx} & f''_{xy} \\ f''_{yx} & f''_{yy} \end{bmatrix}$ $\lambda^2 + \lambda(f_{xx} + f_{yy}) + (f_{xx} f_{yy} - f_{xy}^2) = 0$

karakterisztikus egyenlet
λ ~ sajátértékek

$$\lambda_1 \lambda_2 = f''_{xx} f''_{yy} - {f''_{xy}}^2 \qquad \lambda_1 + \lambda_2 = f''_{xx} + f''_{yy}$$

Legyen: $\underline{w_1}$ normált sajátvektor melynek irányában a görbület max

$\underline{w_2}$ —"— min

λ_1 a görbület $\underline{w_1}$ irányban

λ_2 —"— w_2 —"—

∇f az f gradiensvektora

Haralick féle topográfiai osztályok

$\|\nabla f\|$	λ_1	λ_2	$\nabla f \cdot \omega^{(1)}$	$\nabla f \cdot \omega^{(2)}$	Kategória
0	-	-	0	0	Csúcs
0	-	0	0	0	Gerinc
0	-	+	0	0	Nyereg
0	0	0	0	0	Sík
0	+	-	0	0	Nyereg
0	+	0	0	0	Völgy
0	+	+	0	0	Gödör
+	-	-	-,+	-,+	Lejtő
+	-	*	0	*	Gerinc
+	*	-	*	0	Gerinc
+	-	0	-,+	*	Lejtő
+	-	+	-,+	-,+	Lejtő
+	0	0	*	*	Lejtő
+	+	-	-,+	-,+	Lejtő
+	+	0	-,+	*	Lejtő
+	+	*	0	*	Völgy
+	*	+	*	0	Völgy
+	+	+	-,+	-,+	Lejtő
+	*	*	0	0	Nem lehet

24 | Felületek & Kontúrok összefüggése | verifikáció

<u>felületi görbületek & az élek összefüggése</u>

módszer: élleíró csoportok környezetében analízissel

<u>Szabályok:</u>

1] Él WSK és egyenes => az élhez tartozó tartomány általánosított henger felület

2] Él WSK és ívelt => —"— gömbfelület

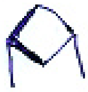
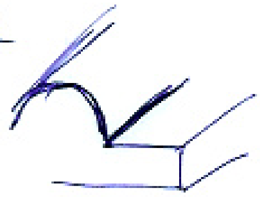
Sem az SK éleket sem a SCK éleket nem osztjuk tovább 2 csoportra mindaddig.

Éltípus szűkített verzió:

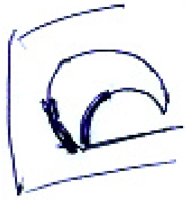
s_i – egyenes SK s_j – ívelt SK c_i – egyenes SCK c_j – ívelt SCK

~~[illegible]~~ 4^2 pár lehetőség, de ha sorrend nem számít ⇒ 10 külön db csúcs.

Kizárjuk a takarásból eredő éleket

 (s_j, s_j)  (s_j, c_j)  $(c_j\, c_i)$

$(s_j\ s_j)$ – nem lehet

 $(c_i\, c_i)$

Feltétel: élsodrat mentén nincs felülettípus váltás