

Mikroelektromechanikai rendszerek

Intelligens szenzorok. Gépi látás.

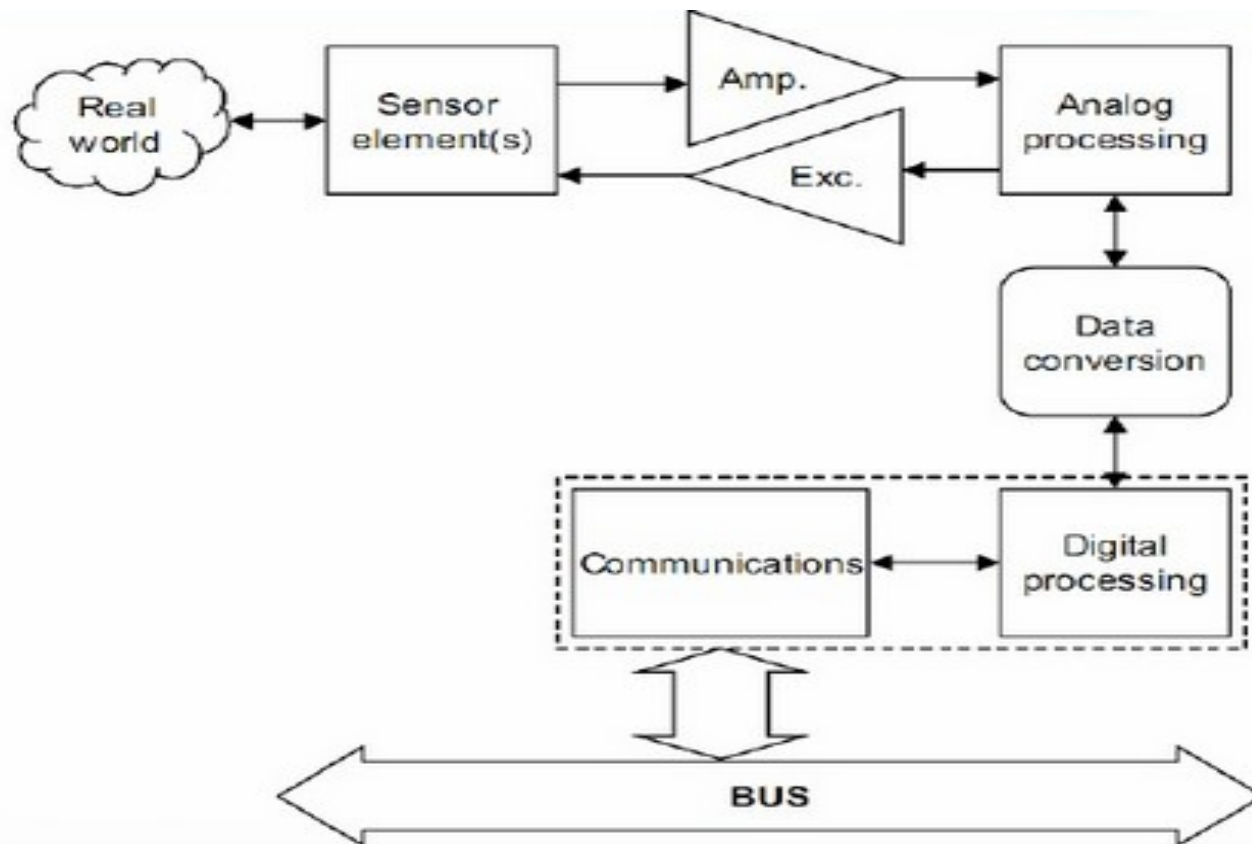


Oktató: Kajdocsi László
Iroda: Informatika Tanszék, A602
Email: kajdocsi.laszlo@sze.hu

Oktató: Tüű-Szabó Boldizsár
Iroda: Informatika Tanszék, B606/A
Email: tuu.szabo.boldizsar@sze.hu



Intelligens érzékelő



Intelligens érzékelő

Szenzor:



Intelligens szenzor:



Intelligens érzékelő

Az intelligens érzékelőkben mikroprocesszorok végzik el a feldolgozási feladatokat.

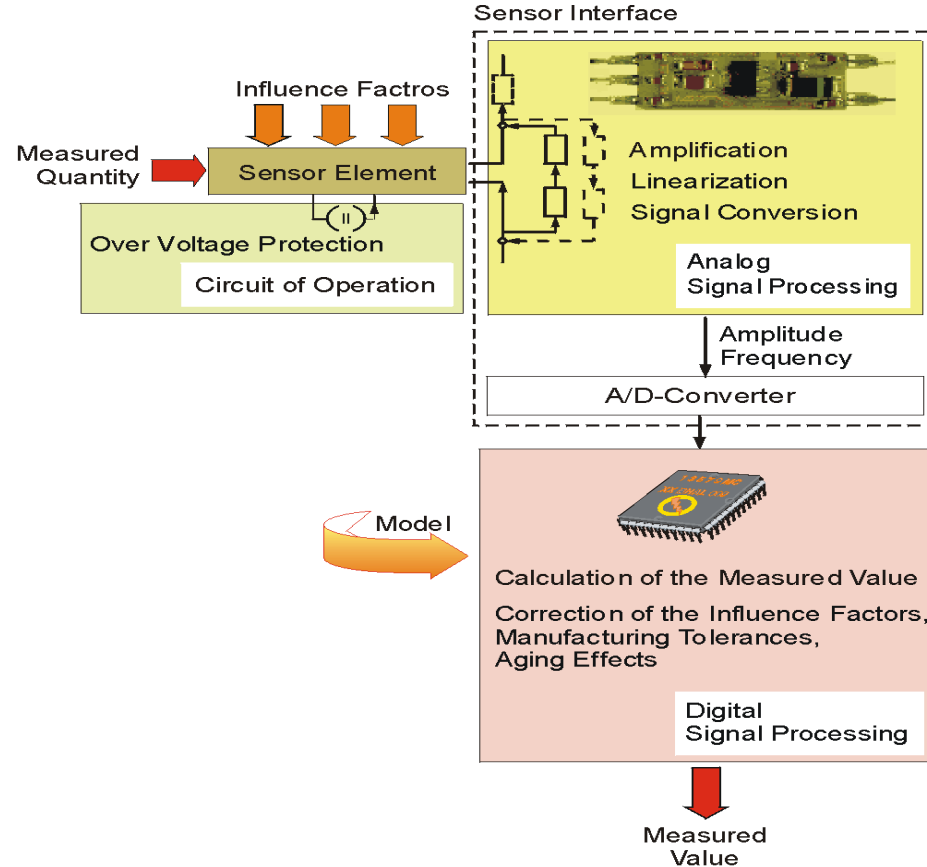
Az érzékelőnek a következő feladatokat kell ellátnia:

- Valamilyen jelet mér
- Digitális módon ezt a jelet feldolgozza
- Szabványos közlési protokollokon keresztül továbbítja
- Rendelkezik önkalibráló, öndiagnosztizáló és alkalmazkodó képességgel.

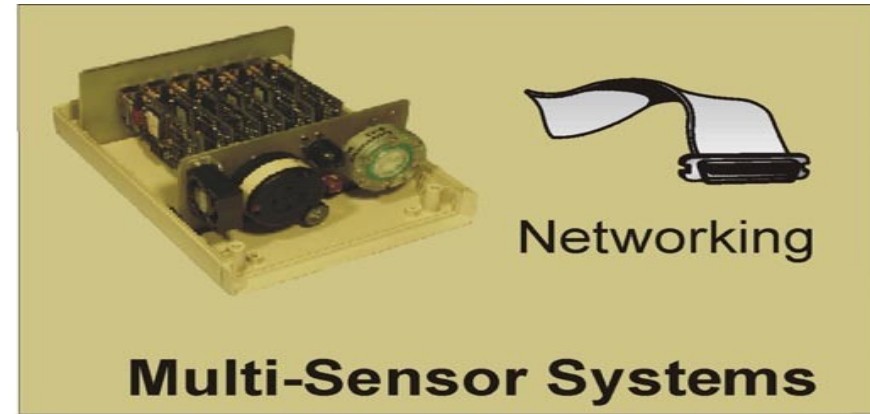
Intelligens érzékelő

- Digitális jelfeldolgozás, jeltárolás
- Hibakompensáció
- Multiszenzor jelfeldolgozás (neurális hálózattal öntanulás)
- Önkalibráció és tesztelés
- Automatikus méréshatár váltás
- Átlag- és hibaszámítás
- Időbeli instabilitások kompenzációja (fuzzy logika alkalmazása)
- Számítógéppel való kommunikáció

Intelligens érzékelő



Intelligens érzékelő: Trendek



Gépi látás

A gépi látás egy olyan általános gyűjtőfogalom eljárásokra és rendszerekre, amelyekkel (mozgó)kép alapú adatgyűjtés és kiértékelés után vagy annak hatására valamilyen vezérlési, szabályozási vagy gépi értelmezési mechanizmus indul be.
Pl.:

- Machine Vision
- Computer Vision

Machine Vision

- Emberi tényezőt meghaladó képességek géppel (= inkább hardver-orientált módon) való kiváltására
- Kiértékelés (minőség-ellenőrzés, hegesztési varrat minősítés, résméretek, gyógyszerminőség-ellenőrzése)
- Méretezés (tárgy modellezése, kalibráció, 3D rekonstrukció)
- Pozicionálás (futószalag vezérlése, forgatás, robotika)
- Jelenség felismerése (képi diagnosztika, betegség-felismerés, hőhidak felismerése, anyaghibák felderítése)
- Képi kódolás (vonalkód, QR-kód, pozíciókódolás)

Computer Vision

- Az emberi látáshoz köthető feladatok automatizálására, modellezésére (= inkább szoftver-orientált módon)
- Térérzékelés és térlátás (pozicionálás, mélység meghatározás, előtér-háttér szétválasztás, ortofotó automatikus előállítás, kép alapú vonalbíró rendszer)
- Számlálás (kép alapú forgalomszámlálás, belépésszámlálás, mozgás alapú hőterkép készítése)
- Objektumfelismerés (táblafelismerés, gyalogosfelismerés, ellenségfelismerés, távérzékelés)

Computer Vision

- Minta- és jelenségelemzés (csillagászati képelemzés, agyműködés elemzése elektromikroszkóppal, elhagyott tárgyak felismerése, önvezető autók közlekedési helyzetelemzése)
- Azonosítás (kép alapú biometrikus azonosítás, szám- és rendszámfelismerés)
- Nyomkövetés (sportoló által megtett út, lövéserő, elkövetői útvonal felderítése, forgalommodellezés)
- Mechanikai elemzés (testbeszéd alapú hazugságvizsgálat, képi hangulatelemzés, sportolói mozgáselemzés, tengelyterhelés becslése)

Gépi látás folyamatának lépései



Gépi látás

Előfeldolgozás:

- bemenet és a kimenet is egy-egy kép

Feladatok:

- Fölösleges információk eldobása → átalakítás szürkeárnyaltos képpé
- Zajszűrés
- Élesítés
- Kontraszt erősítése

Gépi látás

Előfeldolgozás:

- Színes kép átalakítása szürkeárnyaltos képpé

Általánosan használt formula: $0.21 R + 0.72 G + 0.07 B$



Gépi látás

Képszűrés:

- Digitális képfeldolgozás központi fogalma és legfontosabb művelete
- Lokális operátorok
- Legyen $f(x, y)$ a bemeneti (input) kép, $g(x, y)$ a kimeneti (output) kép
- Az (x, y) pontban az eredmény csak a pont környezetétől függ:
 $g(x, y) = T[f(x, y)]$, ahol T a környezeten definiált operátor.

Gépi látás

Képszűrés:

Példa konvolúciós szűrő alkalmazására

| | | | | | |
|----------|----------|----------|---|---|---|
| 3 | 2 | 8 | 7 | 8 | 8 |
| 2 | 2 | 7 | 8 | 7 | 7 |
| 2 | 3 | 9 | 9 | 8 | 8 |
| 1 | 2 | 9 | 9 | 7 | 8 |
| 2 | 2 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 2 | 3 | 7 | 7 | 9 | 7 |

$$\ast \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} =$$

| | | | | | |
|---|----------|----|----|----|---|
| — | — | — | — | — | — |
| — | 4 | .. | .. | .. | — |
| — | .. | .. | .. | .. | — |
| — | .. | .. | .. | .. | — |
| — | .. | .. | .. | .. | — |
| — | — | — | — | — | — |

| | | | | | |
|---|----------|----------|----------|---|---|
| 3 | 2 | 8 | 7 | 8 | 8 |
| 2 | 2 | 7 | 8 | 7 | 7 |
| 2 | 3 | 9 | 9 | 8 | 8 |
| 1 | 2 | 9 | 9 | 7 | 8 |
| 2 | 2 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 2 | 3 | 7 | 7 | 9 | 7 |

$$\ast \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} =$$

| | | | | | |
|---|----------|----------|----|----|---|
| — | — | — | — | — | — |
| — | 4 | 6 | .. | .. | — |
| — | .. | .. | .. | .. | — |
| — | .. | .. | .. | .. | — |
| — | .. | .. | .. | .. | — |
| — | — | — | — | — | — |

Gépi látás

Zajtípusok:

- **Additív képfüggetlen, azaz fehér zaj:**

$$g(x, y) = f(x, y) + v_{\text{add}}(x, y)$$

ahol $f(x, y)$ az inputkép, $g(x, y)$ az outputkép, $v(x, y)$ a zaj. Ez a tipikus csatornazaj (jeltovábbítási zaj, transmission noise).

- **Nemkorrelált multiplikatív zaj:**

$$g(x, y) = f(x, y) \cdot v_{\text{mult}}(x, y).$$

Ez a televíziós rásztersorokra jellemző amplitudó-moduláció (változás).

Zajtípusok:

- **Kvantálási zaj** (hiba):

$$v_{\text{kvant}}(x, y) = g_{\text{kvant}}(x, y) - f_{\text{eredeti}}(x, y)$$

Az eredeti jelérték folytonos, a kvantált jelérték diszkrét, a különbség véletlen zajként jelenik meg.

- **Só-és-bors zaj** (salt-and-pepper, vagy peak noise): Ez a pontszerű, a képpel nem korreláló, véletlen zaj legtöbbször szélsőértékű (fekete és fehér). Jellemző egyes fajta űrfelvételekre.

Átlagszűrő:

- Képtérben működő lineáris simítószűrő
- A súlyok nem negatívak, nem nőnek a középponttól való távolsággal, és 1 az összegük
- A gyakorlatban a súlyok gyakran egész számok, és a maszk alkalmazása után a súlyok összegével normálják az eredményt.

Gépi látás

Átlagszűrők típusai:

- **Dobozszűrő** (box filter): a legegyszerűbb és a leggyorsabb, azonos súlyokkal rendelkező átlagszűrő

Egy $(2M + 1) \times (2N + 1)$ -es méretű ablakban az eredmény a képértékek egyszerű, nem súlyozott átlaga:

$$g(x, y) = \frac{1}{(2M + 1) \times (2N + 1)} \sum_{x'=-M}^M \sum_{y'=-N}^N f(x + x', y + y')$$

Gépi látás

Átlagszűrők típusai

- **Gauss-szűrő:** legelterjedtebb átlagszűrő

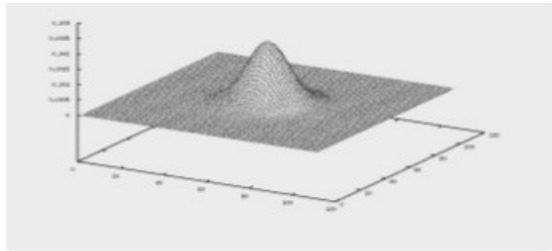
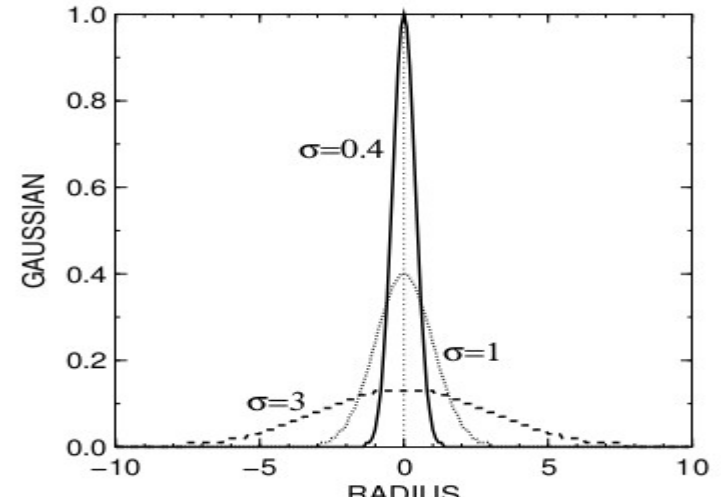
Súlyokat a normáleloszlás (Gauss-eloszlás) adja:

$$w_G(x, y) = \frac{1}{\sum_{(x,y) \in W} e^{-\frac{r^2(x,y)}{2\sigma^2}}} e^{-\frac{r^2(x,y)}{2\sigma^2}}$$

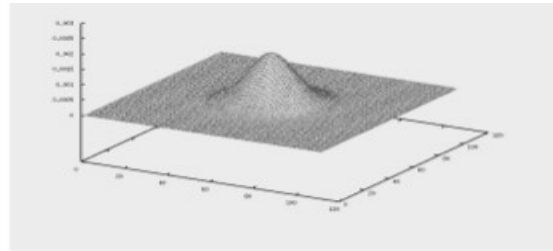
Gépi látás

Átlagszűrők típusai:

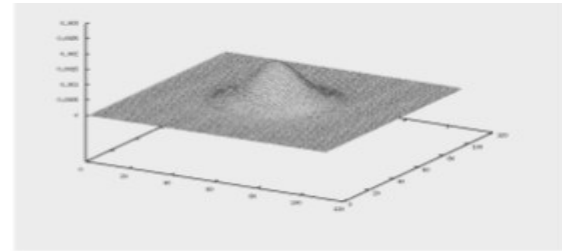
- Gauss-szűrő



$\sigma = 9$



$\sigma = 10$



$\sigma = 11$

Gépi látás

Mediánszűrő:

A mediánszűrő eredménye az ablakban levő értékek mediánja

Példa: egy 3×3 -as ablakban az értékek:

(1, 1, 3, 2, 5, 4, 4, 12, 11)

akkor a rendezett sorozat:

(1, 1, 2, 3, 4, 4, 5, 11, 12)

és a medián a 4.

Mediánszűrő:

- A medián meghatározása **nemlineáris művelet** P és Q számsorozatra

$$Med(\alpha P) = \alpha Med(P), \text{ de}$$

$$Med(P + Q) \neq Med(P) + Med(Q)$$

- Az átlaggal ellentétben a medián **robustus statisztikai mennyiség** (robust statistics). Ha a hibás adatok aránya kevesebb mint 50%, nem befolyásolják az eredményt.

Gépi látás

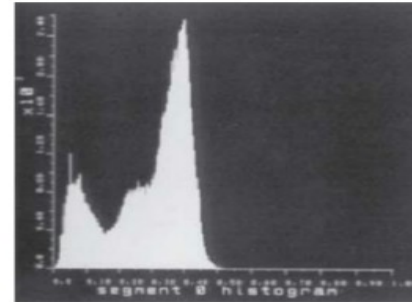
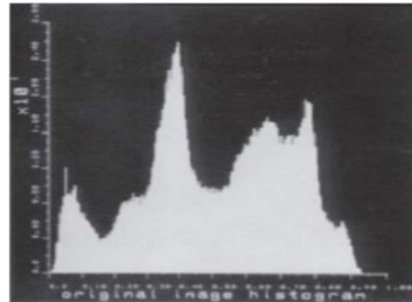
Szegmentálás:

- Fontos területek kiválasztása: kép érdekes és érdektelen részeinek meghatározása
- Legtöbbször szín és világosság alapján
- Navigációs alkalmazásoknál például nem érdekes az égbolt, forgalomszámlálásnál az útfelület

Gépi látás

Szegmentálás:

- Intenzitás alapján, küszöbözéssel: Nagy homogén területek egyenletes intenzitás-értékek



Gépi látás

Szegmentálás:

- **Régió alapú szegmentálás** célja felosztani az I képet n darab R_1, \dots, R_n összefüggő és homogén régióra.
- Egy régió homogén, ha valamelyik teljesül:
 - $|I_{\max} - I_{\min}|$ kicsi;
 - bármelyik $I(x, y) \in R$ pixelre $|I(x, y) - I_{\text{mean}}|$ kicsi, ahol I_{mean} a régió átlaga;
 - a σ_R intenzitás szórás a régióban kicsi.

Leggyakrabban alkalmazott eljárások:

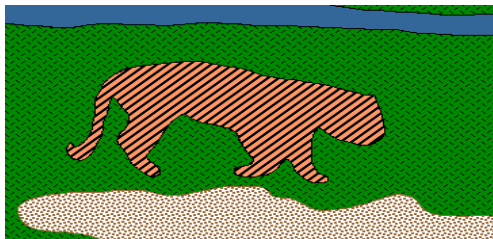
- Régió növesztés
- Régiók darabolása és egyesítése

Gépi látás

Régió alapú szegmentálás:

A szegmentálás eredménye a következőktől függ:

- milyen képi tulajdonságokat használunk
⇒ intenzitás, szín, textúra
- hogyan hasonlítjuk össze a tulajdonságokat
- mekkora változásokat tolerálunk régió belül



Régió alapú szegmentálási eljárások:

Pixel-felhalmozás

1. Inicializálás

- Kiválasztunk N darab s_i magpontot és egy T küszöböt.
- Magpontokkal inicializálunk N régiót: $R_i^{(0)} = s_i$.
- Inicializáljuk a régiók átlagértékeit: $M_i^{(0)} = I(s_i)$.

2. Iteráció, k -ik lépés

- Megvizsgáljuk az összes $R_i^{(k)}$ minden **határpixelének** 8-szomszédjait.
- Ha van olyan új szomszéd, p , amelyre $|I(p) - M_i^{(k)}| \leq T$, akkor p -t hozzáadjuk $R_i^{(k)}$ -hez.

3. **Megállunk**, ha nem tudunk tovább növesztetni; különben, felfrissítjük az összes $M_i^{(k)}$ -t és iterálunk.

Gépi látás

Régió alapú szegmentálási eljárások:

Vágás és egyesítés

1. Fölről lefelé (top-down)

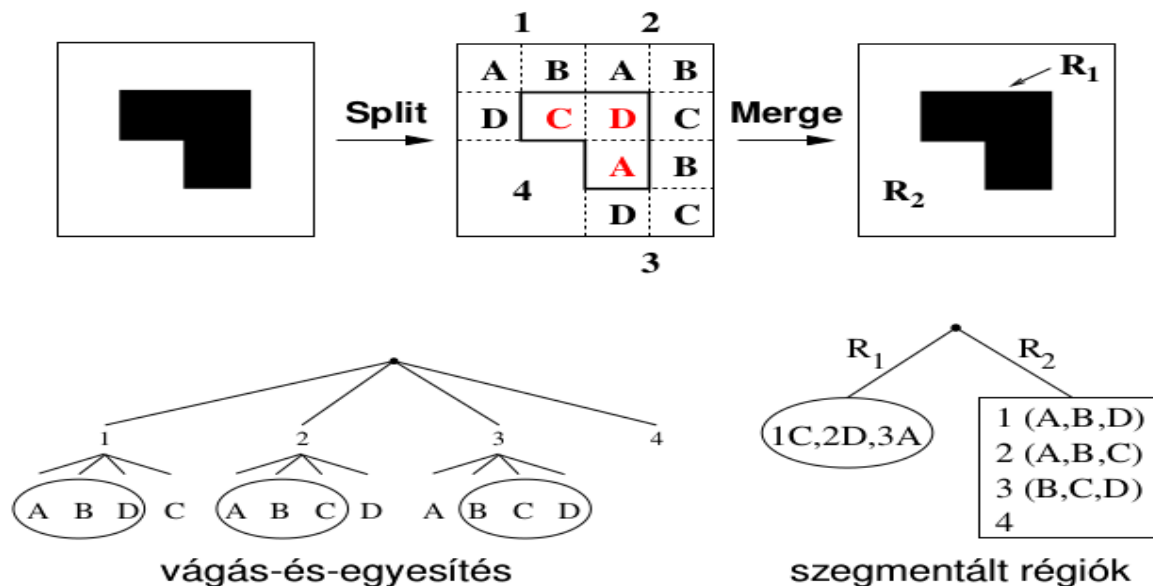
- felosztjuk a képet egyre csökkenő méretű R_i kockákra
- megállunk, ha az összes kocka homogén: $P(R_i) = \text{TRUE}$
 \Rightarrow az eredmény egy négyesfa

2. Lentől fölfelé (bottom-up)

- minden szinten egyesítünk két szomszédos R_i és R_j régiót,
- ha $P(R_i \cup R_j) = \text{TRUE}$

3. Iteráljuk a két fázist, amíg van új felosztás vagy egyesítés

Régió alapú szegmentálási eljárások: Vágás és egyesítés



Egyéb szegmentálási módszerek:

- **Él alapú:** objektumok kontúrkeresése élkövetéssel
- **Textúra, szín alapú:** régiók textúráját, színét használják
- **Mozgás alapú:** objektumok szegmentálása mozgás alapján

Gépi látás

Feature detekció:

Egyes feladatok jelentősen különböző featureök kinyerését igénylik

Példák:

- Arcfelismerés: hasonlóság különböző biometria értékek – szemek, orr, áll távolsága, arc szélessége, homlok magassága – alapján
- Nyomtatott vagy kézzel írt szöveg, ujjlenyomatok felismerése: karakterisztikus jegyek keresése
- Jellemző feladatok: élek, kontúrok, sarkok detektálása

Gépi látás

Él: egy nagyobb, a kontúrra merőleges intenzitás-változás

Sarok: egy hirtelen forduló a kontúron

Vonal: egy keskeny, hosszú régió

Folt: egy kompakt régió



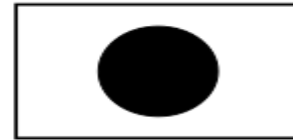
edge



corner



line

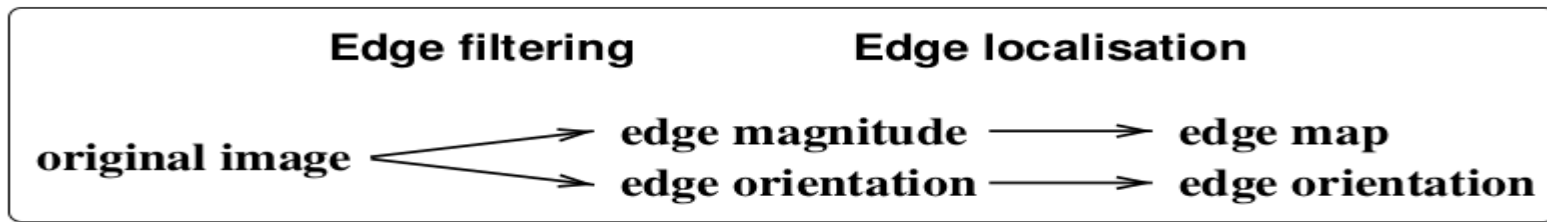


blob

Gépi látás

Éldetektálás folyamata:

- 1. élszűrés:** élszűrő élekre reagál, vagyis felerősíti az éleket és elnyomja a kis változású régiókat.
- 2. éllokalizáció:** utófeldolgozás eltünteti a zajos és ún. fantom éleket



Gépi látás

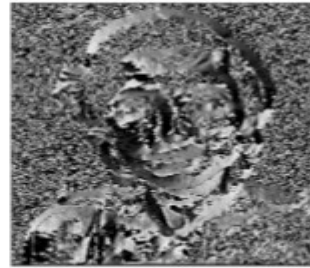
Éldetektálás folyamata:



eredeti kép



élerősség



élorientáció



élkép



felső vonal



alsó vonal

Élszűrők:

alkalmazzák a képfüggvény deriváltjait, hogy felerősítsék az élre merőleges intenzitás-változásokat és elnyomják az ilyen változásokat nem tartalmazó régiókat

Leggyakoribb operátorok:

- gradients operátor

$$\nabla f(x, y) \doteq \left(\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right)$$

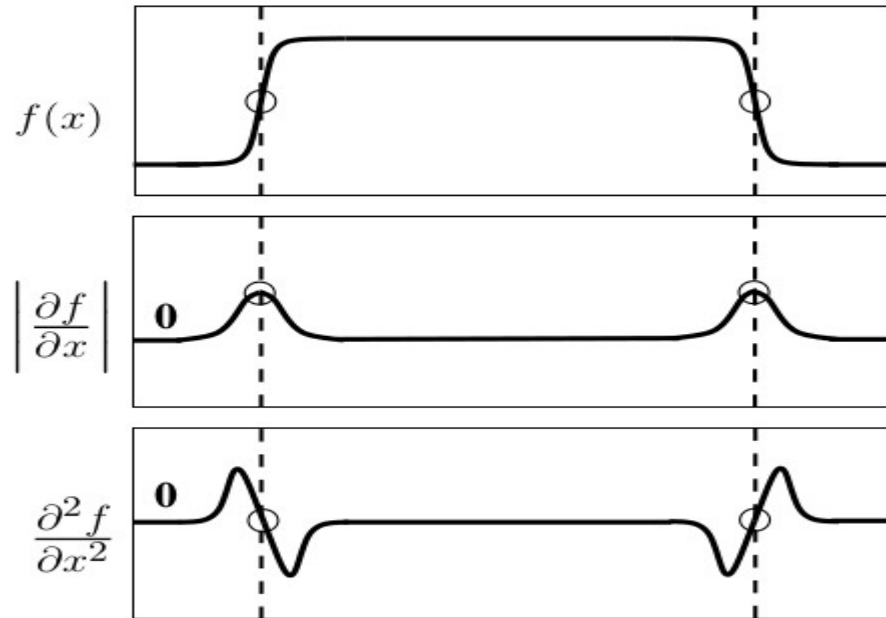
- Laplace-operátor

$$\Delta f(x, y) \doteq \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

Gépi látás

Élszűrők:

Élek és deriváltak kapcsolata



Gépi látás

Élszűrők:

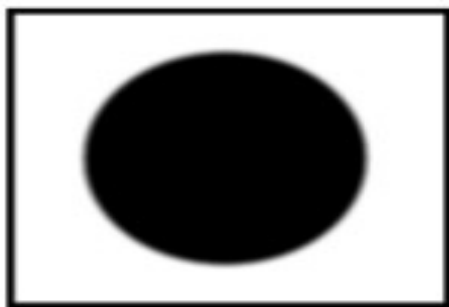
Jó lineáris élszűrő kritériumai:

1. Legyen nulla az eredmény ott, ahol nincs képváltozás.
2. Legyen jó a detektálás, azaz legyen minimális az alábbi események előfordulása:
 - hamis, zajos élek detektálása (false positives)
 - valós élek elvesztése (false negatives)
3. Legyen jó a lokalizálás: a detektált él a lehető legközelebb legyen a tényleges élhez.
4. A szűrő legyen izotróp: az eredmény ne függjön az él orientációjától.
5. A szűrő egy élet csak egyszer jelezzon (single response): legyen minimális a valós él körüli hamis lokális maximumok száma.

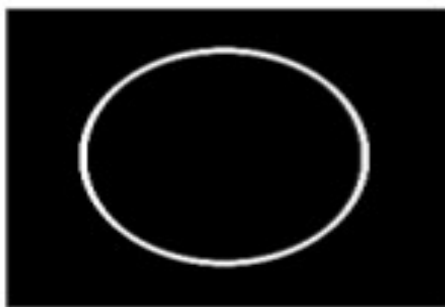
Gépi látás

Élszűrők:

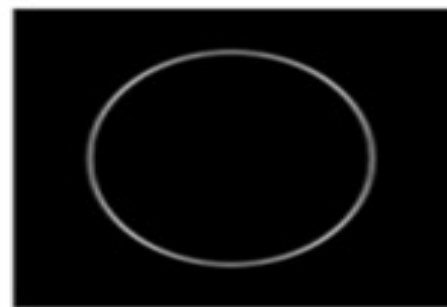
- Izotrópia-kritérium



eredeti kép



izotróp élszűrő

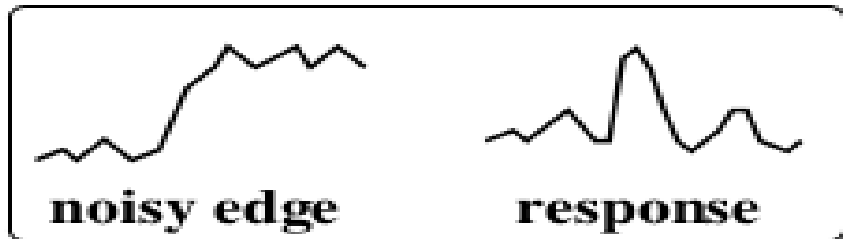
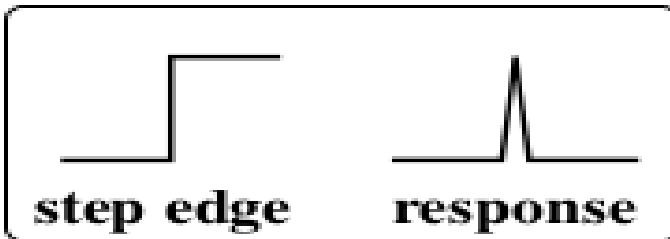


anizotróp élszűrő

Gépi látás

Élszűrők:

- egy zajos, elmosott él több szomszédos maximumot produkál



Gépi látás

Gradiens élszűrők:

- Feltételezzük, hogy a képfüggvény deriválható és minden pontban meghatározzuk a gradiensvektort

$$\nabla f(x, y) \doteq \left(\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right) = (f_x, f_y)$$

- A gradiensvektor magnitúdója és szöge

$$\begin{aligned} M(x, y) &= \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \\ \Theta(x, y) &= \arctan \frac{f_x}{f_y} \end{aligned}$$

- $\Theta(x, y)$ a leggyorsabb intenzitás-növekedés iránya, $M(x, y)$ a növekedés nagysága

Gradiens élszűrők:

- A legkisebb méretű 3×3 -as gradiensszűrők esetén a parciális deriváltakat különbségekkel közelítjük, ezzel az X és Y irányú, G_x és G_y deriváltmaszkokat kapjuk:

$$f * G_x = f_x$$

$$f * G_y = f_y$$

ahol G_y a G_x 90-fokos elforgatottja.

Gépi látás

Gradiens élszűrők:

- 3x3-as maszk szűrők Gx komponensei

$$\frac{1}{3} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Prewitt

$$\frac{1}{4} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Sobel

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

izotróp

Gépi látás

Felismerés:

- Legjobban illeszkedő elem megtalálása az adatbázisból
- Feature vektor összehasonlítása az adatbázisban található feature vektorokkal
- Gyakori a tanulási algoritmusok használata (például neurális hálók)

Köszönöm a figyelmet!