

Digitális képfeldolgozás

Balog Dániel

2011. 09. 14.

Elérhetőségek:

Frei Zsolt

honlap: <http://www.zsolt-frei.net/Teaching/ip.html>

e-mail: frei@zsolt-frei.net

tel: 6317

Kedd, 10.⁰⁰-12.⁰⁰ 3.86 szoba

Tematika:

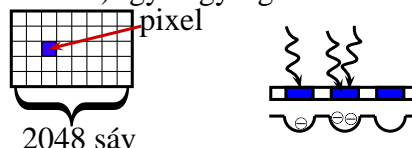
1. Bevezető, asztrofizikai példákkal. Alapfogalmak: a kép elemei, a felbontás, a színek. Az emberi látás. A fotóemulzió viselkedése. A CCD-k működése és alkalmazása.
2. Képtranzformációk: a 2D Fourier-, Hough-, Walsh-, és egyéb eljárások.
3. Képtranzformációk: diszkrét Fourier transzformáció; a szeparálható transzformációk. Konvolúció és korreláció.
4. Képjavítás térben: pont processzálas, maszk processzálas. Gamma korrekció, hisztogramm kiegyenlítés.
5. Képjavítás a frekvencia-térben: szűrés. A homomorf-szűrő. A szűrők térbeli (maszk) megfelelői. A Moore-Penrose általánosított inverz.
6. Kép-rekonstrukció: folytonos és diszkrét formalizmus. Példa: mozgás-elmosódott képek rekonstrukciója.
7. A színek: valódi- és pseudo-színes képek. A színmodellek. A kromacitás és intenzitás szétválasztása. A Gamut. Pseudo-színek hozzárendelése.
8. Képképzés számítógéppel: árnyékolás (szimpla, Gourand, Phong), textúrák, köd, távolság, stb. Raszterezés. Ray-casting. Ray-tracing. Radiosity.
9. A 3D képképzés. Sztereografikus és volumetrikus eljárások. Aktív sztereo, passzív sztereo és anaglif képek.
10. Képek tömörítése és átvitele. Az információelmélet alapjai. A redundanciák (kódolási, inter-pixel és

pszicho-vizuális). Veszteséges és veszteség-nélküli tömörítés. Különböző fileformátumok. A mozgóképek, MPEG1, MPEG2 és MPEG4.

11. Képek morfológiai elemzése, osztályozása. Az alakfelismerés alapjai. Példa: OCR eljárások.
12. Információ-vizualizáció. Az információ közlésének technikái: Színek hozzárendelése, válogatás, humán percepció megfontolások. A CAIDA példája.

Bevezetés:

A képfeldolgozás bármely megfigyeléssel járó természettudományoknál használják. Száz évvel ezelőtt még analóg képeket készítettek és ezt utána nagyító segítségével, szabad szemmel vizsgálták. Ezt mára felváltotta a CCD *Charge-coupled Device*. Ennek az a legfőbb oka, hogy számítógéppel elvégezhető bizonyos feladatok (*pl.: Galaxisok megkeresése*) így nagyságrendekkel több adat dolgozható fel.



A bal oldali ábrán látható egy CCD vázlata. A felület fel van osztva sorokra és oszlopokra, egy kis négyzet az ún. pixel (*picture element*), magyarul képpont. Ez a 2048×2048 -as CCD összesen 2048^2 darab pixelt tartalmaz.

Kitérő:

Az előbb említett pixelmennyiség mellett van a CCD-nek egy másik fontos adata, a pixelek fizikai mérete.

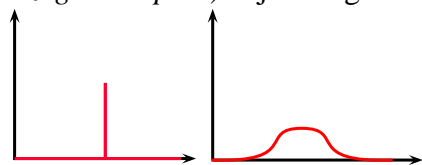
A jobb oldali ábrán látható egy CCD sor vázlata oldalról. A szilícium lapka alatt van valamiféle elektronika, aminek az a lényege, hogy minden egyes pixel alatt van egy potenciálgödör. A beérkező fény a félvezetőben kilök egy elektront, és ezt "elraktározzuk" a potenciálgödörben. Természetesen ha valahova több fény érkezik, akkor abban a potenciálgödörben több elektron lesz. Ha vége az expozíciónak, akkor bezár a blende, és ki kell olvasni a CCDt. Úgy olvassuk ki, hogy oldalra (2048 lépésben) léptetjük, és mindig megszámoljuk a legszélső gödörből kilépő elektronokat egy

ADU-val (*Analog to Digital Unit*) megszámloljuk, és ezt egy számítógép számára értelmezhető egész számmá alakítja. Sorban kiléptetjük az elektronokat, és ebből kapunk 2048 darab egész számot. Ha 0 másodperces záridővel dolgozunk, akkor is lesznek nullától különböző számok. Ez azért van, mert termikusan is keletkeznek elektronok, és az elektronikának is van valamekkora zaja. Mit szeretnénk csinálni?

Az ún. *S/N (jel/zaj)* viszonyt szeretnénk maximalizálni, tehát a jel nagy legyen, a zaj pedig kicsi. Amennyiben nagyon kicsi területre sok pixelt zsúfolunk be, akkor adott megvilágítás mellett, egy adott pixelre kisebb intenzitás, azaz kevesebb kilépő elektron jut. Tehát a jel csökken, a zaj viszont állandó marad. Emiatt romlik a jel/zaj viszony.

Egy telefon fényképezőjének a lencséje optikailag nem képes egy sok megapixeles képet leképezni. Ezt oversamplingnek hívják, feleslegesen sok mérést végzünk egy adott jel információmennyiségéhez képest.

A földön lévő távcsöveknek a légkör zavaró hatása miatt van egy maximális elérhető felbontása. A felbontást természetesen itt nem pixeleken, hanem látószögben értendő. Főlegesen egy ilyen megkülönböztethető pontot sok pixellel lefedni, ez az előbb említett oversampling. Csillagászatban See-íngnek nevezik a felbontást. A definíció az, hogy egy pontszerű objektum képe, mekkora elkenődött pacának látszik. A méretet természetesen angulárisan (*pl.: szögmásodperc*) adják meg.



A két ábra mutatja egy pontszerű objektumról készült kép egy sorát. A bal oldali ábra mutatja az elméleti képet, egy delta függvényt. Ezzel szemben a jobb oldali kép mutatja a valóságot, egy szétkenődő "haranggörbét". A légkörben áthatoló fotonok egy kicsit szóródnak, ez főleg a turbulenciának és a páratartalomnak az oka. Megmérjük a haranggörbe félérték szélességét, és hogy ez mekkora szög alatt látszódik. Egy pontszerű forrásnál tipikusan jó eredmény az 1" (*szögmásodperc*). Az egész lényege az, hogy egy ilyen haranggörbét elég mondjuk 3 (*erre van a Nyquist-tétel, hogy mennyi az optimális*) pixellel megfigyelni, főlegesen rá több.

A képfelbontás definíciója:

Ha a kép *N* magas, és *M* széles, (*ahol az egység a pixel*), akkor a kép felbontása *M x N*. Ez a definíció alapvetően nem pontos, hiszen a felbontáson azt kell érteni, hogy mekkora térrészt képez le a fényképező egy pixelbe. De lévén a képet mi csak feldolgozzuk, a kép méretét kell felbontás alatt érteni.

Van egy másik fontos adat, hogy hány színárnyalatot

lehet megkülönböztetni. A mi általunk főleg használandó definíció egy pixel 1 byte-os fekete-fehér (8 bit = 0-255). Természetesen lehet több adatot tárolni (színek, több szint).

Megjegyzés:

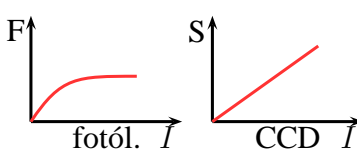
Érdekes kérdés, hogy mikor mi fontosabb, a méret, vagy a színmélység?

Ez tudományos méréseknél pont nem szempont, de egy hétköznapi képnél (*pontosabban soknál*) jó lenne helyet megtagarítani. Ez pedig legegyszerűbben veszteséges tömörítéssel lehetséges. Ezért szeretnénk tudni, hogy mit szabad eldobni, és mit nem?

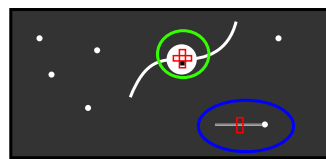
Portrénál fontosabb a sok szürkeszint, de nem annyira kényes a felbontásra. Egy tömegképnél hatalmas szürkeugrások vannak így a finom átmenetek nem annyira fontosak, cserébe a felbontás fontos, mivel szeretnénk a részleteket látni.

A CCD működésének következményei:

A CCD és fotólemez közötti legfontosabb különbség a linearitás.



A fotólemez fényintenzitás hatására "elfekedik". Az első szakasz nagyjából lineáris, de utána elkezdi telítődni, és elér egy maximális feketeséget. A CCD ezzel szemben lineáris, nagyobb intenzitáshoz lineárisan nagyobb jel tartozik. A problémát az okozza, hogy ha egy adott pixel túl sok fotont kap, akkor felmelegszik (*beég*), és elkezdi termikus elektronokat termelni. A szaturálás jobban árt a CCD-nek, mint a fotólemeznek, hiszen a fotólemezen csak teljesen elfeketedik az az egy pont, míg a CCD-n mikor a kiléptetés zajlik, a forró pixel sorban feltölti az alatta elhaladó jeleket. Ez az ún. *saturation trail* (*az ábrán késsel körberajzolt*)



Ezt úgy lehet javítani, hogy megnézzük a fölötte és alatta lévő pixelt, és abból számolunk adatot a beégett pixel helyére. Ez úgy történik, hogy veszünk néhány pixelt, átlagoljuk, és megnézzük a szórást. Ezt az átlagot hozzáadjuk a szórás és egy $[-1; +1]$ véletlen szám szorzatához.

Megjegyzés:

A csillagászok ezt úgy szokták elkerülni, hogy csinálnak egy nagyon rövid expozíciójú képet, majd ezen megnézik a legfényesebb pontot. A CCD maximális (*még biztosan beégés nélküli*) fényességértékét elosztjuk a legfényesebb pont fényességével, és megkapjuk hogy a tesztzáridőnél

hányszor hosszabb expozíciós időt lehet biztonsággal használni.

Fontos probléma még a halott pixel (*ez zölddel van bekarikázva.*)

Megjegyzés:

A CCD méretének növelésével exponenciálisan nő az ára. Azért, mert kozmikus sugárzás folyamatosan bombázza a földet. Miközben növesztik a szilícium egykristályt, amiből gyártják majd a CCDt, ebben a kristályban a sugárzás hibát okoz. Ha kicsi CCDt akarnak gyártani, akkor egy adott darabból mondjuk száz CCDt lehet készíteni, és 10% az esély a hibára. Ha tízszer nagyobb CCD-t csinálnak, akkor csak 10 darab készül el, és lévén a hiba esélye arányos a felülettel, tehát mindet ki lehet dobni. Vagy ha jó napot fogtak ki, akkor jó lesz egy, esetleg kettő.

Az a pixel, ami gyári hibás, azt ki lehet tapasztalni, és kapásból javítani. De emellett vannak olyan pixelek, amik a fénykép készítése alatt "romlanak el", nagyon fehérek/feketék.

Másik probléma, hogy nem ugyanolyan érzékeny a teljes felületen. Ez a távcsöveknél használt CCD problémája, azokat ugyanis savval vékonyítják, mert ahhoz hogy nagyon távoli (*tehát halvány*) galaxis lehessen lefényképezni, nagyon érzékeny, tehát vékony szilícium lap kell. A távoli galaxisok másik problémája a vöröseltolódás, mert az infravörös fény kisebb energiájú, mint a látható, így nehezebben lök ki elektront. A megoldás az, hogy egy homogén forrásról csinálnak egy képet, és ezzel normálják a később készített fényképeket (*Ez a flat fielding*).

Erre egy megoldás az, hogy keresnek egy üres részt az égen, és azt fényképezik le. Ezt persze megcsinálják párszor, mert hiba nagyjából üres, lehet hogy mégis van ott valami. Fogják ezeket a képeket, minden egyes pixelre megnézik a képek mediánját, és azt használják a flat fieldinghez.

Hogyan fókuszálnak egy távcsővel?

Egy csillagról próbafelvételeket csinálnak ugyanarra a képre (*időnyerés miatt*), majd megnézik hogy milyen beállítás mellett volt a legkisebb a félértékszélesség.

Hogyan tesznek össze egy mozaik CCD-t?

Úgy, hogy két CCD között majdnem egy egész CCD-nyi távolság van. Csinálnak két képet, és a kettőt összevágják. Esetleg azt is lehet csinálni, hogy a képet optikával széttolják, hogy a CCDk közötti részre ne is essen fény.

Scanning üzemmód:

Ennek az a lényege, hogy olyan sebességgel olvassák ki a CCD-t amilyen sebességgel mozog a csillag. (*természetesen ilyenkor nem követik a távcsővel*)