

Digitális képfeldolgozás

Hisztogram-alapú algoritmusok

Horváth András, SZE GIVK

v 0.95

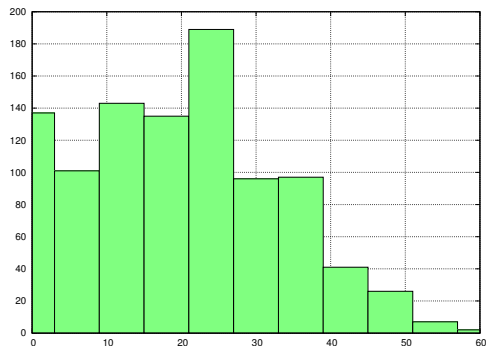
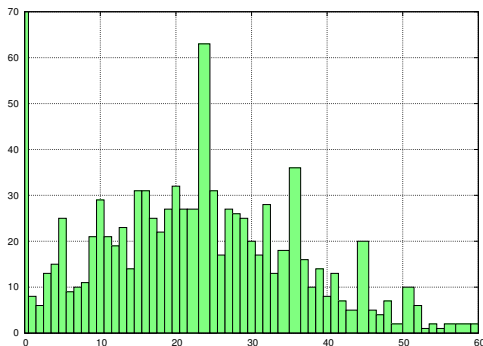


Oktatási célra szabadon terjeszthető

Ötlet

Hisztogram (általában): olyan diagram, mely megmutatja egy halmaz tagjai valamely mérhető tulajdonságának eloszlását.

Példa: fizikatörténet vizsgaeredmények. (max.pont: 60)



Lehet minden értéket is kijelezni vagy pl. 6-osával (10%) csoportosítani.

Hisztogram a képfeldolgozásban

Az egyik legfontosabb eszköz!

Tulajdonképp bármilyen értékből lehet hisztogramot készíteni.

Gyakori esetek:

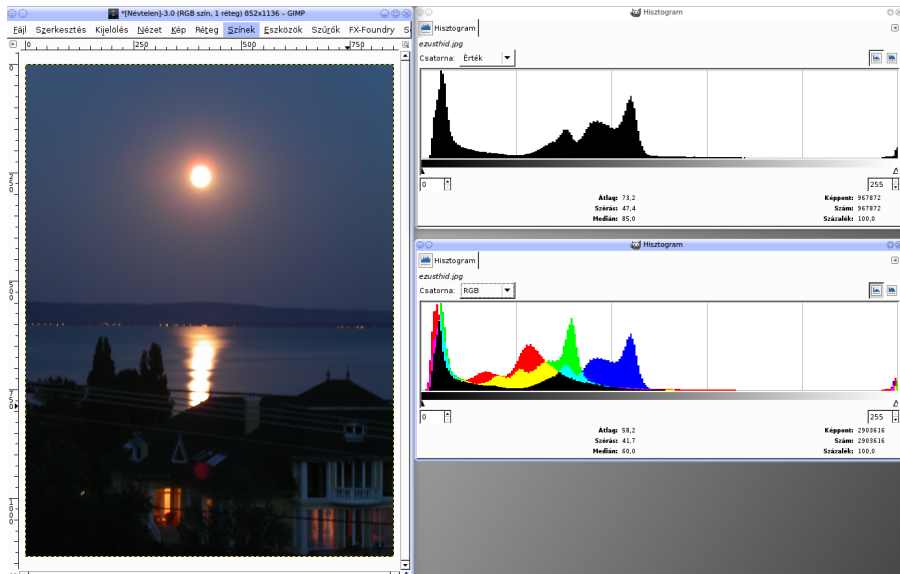
- Össz fényesség (Y)
- Value (HSV-ből) vagy „Érték”
- R, G, B értékek valamelyike
- R, G, B mindegyike egy hisztogramon.

Jobb fényképezőgépek a kijelzőjükön tudnak hisztogramot mutatni.

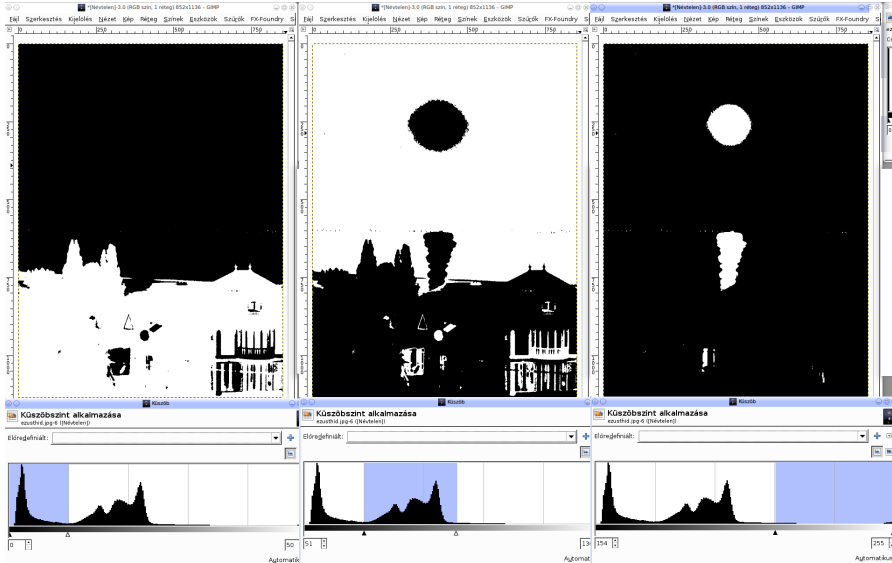
Mire jó ez az információ?

- a képalkotás paraméterein állítani
- képjavító eljárásokat tervezni

Példa (GIMP Színek / Információ / Hisztogram)



A tartományok (GIMP Színek/Küszöbszint)



Hisztogram-javítás ötlete

Egy jó képen általában a hisztogram nem csúszik túl le vagy túl fel.
(Nem dominálnak túlzottan a túl világos vagy sötét pixelek.)

Javítás:

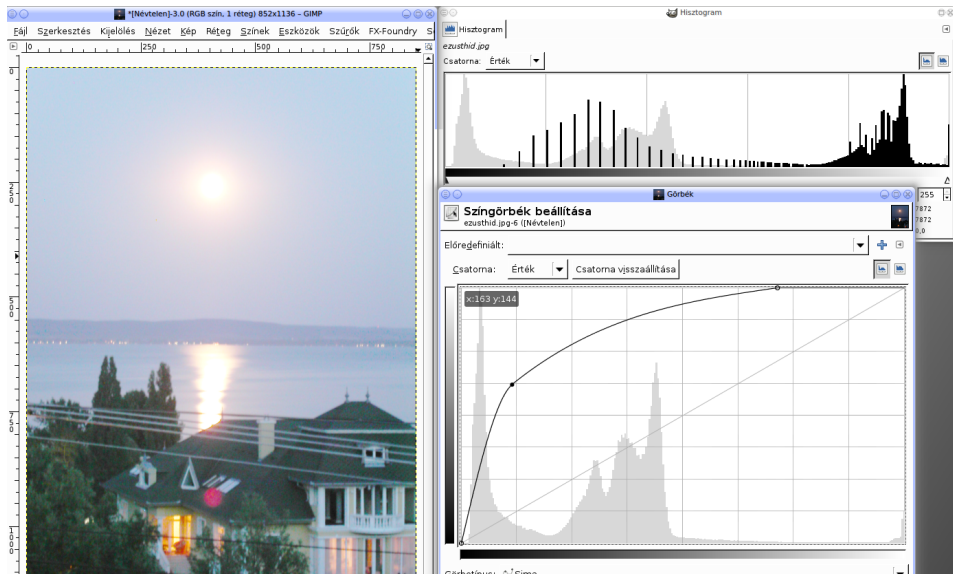
A kép minden pixelére ugyanazt a T transzformációs függvényt alkalmazzuk, hogy ne változzanak az alakok.

De mi legyen ez a függvény?

Ha túlzottan változékony, akkor a képet elrontjuk.

Érdemes egyszerű, sima függvényekkel próbálkozni, pl. lineáris, hatványfüggvény, stb.

Hisztogram-javítás: GIMP Színek / Görbék



Egyszerű hisztogram-transzformációk

A hisztogram-javítást célzó eljárások célja, hogy az ábrázolható tartományt jobban kihasználjuk.

- **Kontraszt-nyújtás** (contrast stretching)

Az új kép hisztogramja az eredetinek lineáris transzformáltja.

Vizuálisan is érzékelhető javulás, zavaró aránytalanságok nélkül.

- **Kiegyenlítés** (equalization)

Az új kép hisztogramja egyenletes lesz.

Minden sötétség-fokozat egyenletesen lesz használva.

Kiemeli a részleteket, de vizuálisan néha zavaró hatású.

- **Gamma-transzformáció**

Sima átviteli függvény, de képes a sötét vagy a világos részek kiemelésére túl/alul csordulás nélkül.

Jelölések

Jelölések:

- B : a színábrázolás bitszáma. (Ált. 8) Ábrázolható értékek: 0 és $2^B - 1$ között.
- $a[ix, iy]$: a vizsgált csatorna értéke az ix . sor iy . oszlopában
- $h[c]$: a csatorna hisztogramja. ($c \in [0, 2^B - 1]$)
 $h[c]$ megmutatja, hogy az ix, iy párok hányadrésze esetén lesz $a[ix, iy] = c$
- $H[c]$: integrált (vagy kumulált) hisztogram:
 $H[c]$ megmutatja, hogy az ix, iy párok hányadrésze esetén lesz $a[ix, iy] \leq c$.

Nyilván:

$$H[c] = \sum_{i=0}^c h[i]$$

(Valószínűség-számítás: h az sűrűség-függvény, H az eloszlás-függvény.)

Kontraszt-nyújtás egyszerűen

A hisztogram minimumát 0-ra, maximumát $2^B - 1$ -be tolja el lineáris transzformációval.
Formulákkal:

$$A_0 = \min_{ix, iy}(a[ix, iy]), \quad A_1 = \max_{ix, iy}(a[ix, iy])$$

Transzformációs függvény: (lineáris)

$$T_1(a) = \frac{a - A_0}{A_1 - A_0} \cdot (2^B - 1)$$

Hisztogram-nyújtás:

$$b[ix, iy] = T_1(a[ix, iy]), \quad ix = 0, \dots, nx - 1, \quad iy = 0, \dots, ny - 1$$

Kontraszt-nyújtás toleranciával

Az előző algoritmusban A_0 és A_1 -et már 1 pixel is teljesen más helyre teheti.
(Például: egyetlen hibás pixel a CCD-n, és A_1 mindig $2^B - 1$, de csak a hibás képpontban.)

Kontraszt-nyújtás toleranciával

Az előző algoritmusban A_0 és A_1 -et már 1 pixel is teljesen más helyre teheti.
(Például: egyetlen hibás pixel a CCD-n, és A_1 mindig $2^B - 1$, de csak a hibás képpontban.)
Ötlet: a leghalványabb és legfényesebb pixeleket 0-r ill. $2^B - 1$ -re transzformáljuk, és a köztes tartományt egyszerű kontrasztnyújtással húzzuk szét.

Kontraszt-nyújtás toleranciával

Az előző algoritmusban A_0 és A_1 -et már 1 pixel is teljesen más helyre teheti.
(Például: egyetlen hibás pixel a CCD-n, és A_1 mindig $2^B - 1$, de csak a hibás képpontban.)

Ötlet: a leghalványabb és legfényesebb pixeleket 0-r ill. $2^B - 1$ -re transzformáljuk, és a köztes tartományt egyszerű kontrasztnyújtással húzzuk szét.

A fenti A_0 és A_1 úgy lesz megválasztva, hogy elhagyhassunk néhány pixelt.

$$A_0 = H^{-1}[p_0], \quad A_1 = H^{-1}[p_1], \quad \text{ahol } 0 \leq p_0, p_1 \leq 1.$$

$$T_2(a) = \begin{cases} 0 & \text{ha } a < A_0 \\ 2^B - 1 & \text{ha } a > A_1 \\ \frac{a - A_0}{A_1 - A_0} \cdot (2^B - 1) & \text{különben} \end{cases}$$

$$b[ix, iy] = T_2(a[ix, iy]), \quad ix = 0, \dots, nx - 1, \quad iy = 0, \dots, ny - 1$$

Kontraszt-nyújtás toleranciával

Az előző algoritmusban A_0 és A_1 -et már 1 pixel is teljesen más helyre teheti.
(Például: egyetlen hibás pixel a CCD-n, és A_1 mindig $2^B - 1$, de csak a hibás képpontban.)

Ötlet: a leghalványabb és legfényesebb pixeleket 0-r ill. $2^B - 1$ -re transzformáljuk, és a köztes tartományt egyszerű kontrasztnyújtással húzzuk szét.

A fenti A_0 és A_1 úgy lesz megválasztva, hogy elhagyhassunk néhány pixelt.

$$A_0 = H^{-1}[p_0], \quad A_1 = H^{-1}[p_1], \quad \text{ahol } 0 \leq p_0, p_1 \leq 1.$$

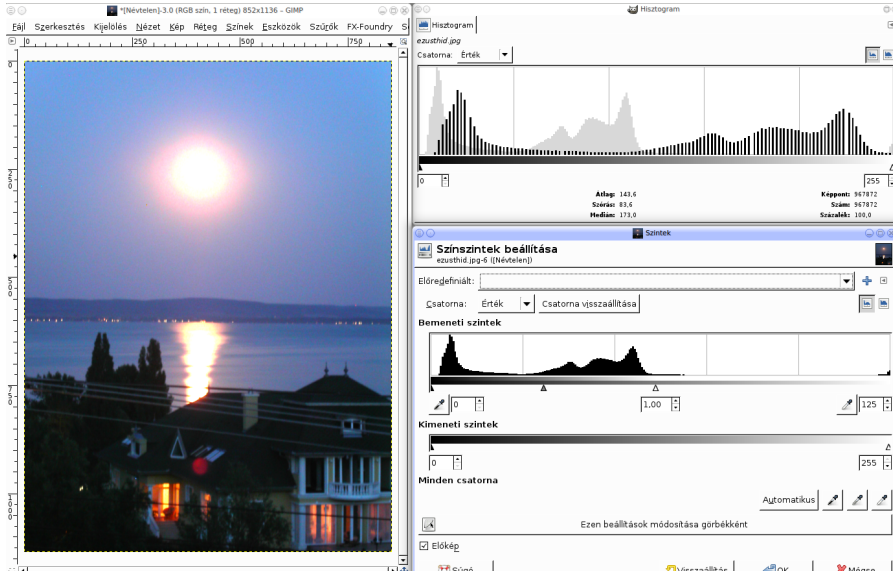
$$T_2(a) = \begin{cases} 0 & \text{ha } a < A_0 \\ 2^B - 1 & \text{ha } a > A_1 \\ \frac{a - A_0}{A_1 - A_0} \cdot (2^B - 1) & \text{különben} \end{cases}$$

$$b[ix, iy] = T_2(a[ix, iy]), \quad ix = 0, \dots, nx - 1, \quad iy = 0, \dots, ny - 1$$

Megjegyzés: $p_0 = 0$, $p_1 = 1$ esetén $T_2 = T_1$

Tipikus választás: $p_0 = 0,01$, $p_1 = 0,99$: ekkor alul-felül 1–1%-ot dobunk el.

Kontraszt-nyújtás: GIMP / Színek / Szintek



Kiegyenlítés

Olyan transzformáció kell, hogy az új hisztogram konstans legyen.

$$T_3(a) = H[a] \cdot (2^B - 1)$$

Kiegyenlítés

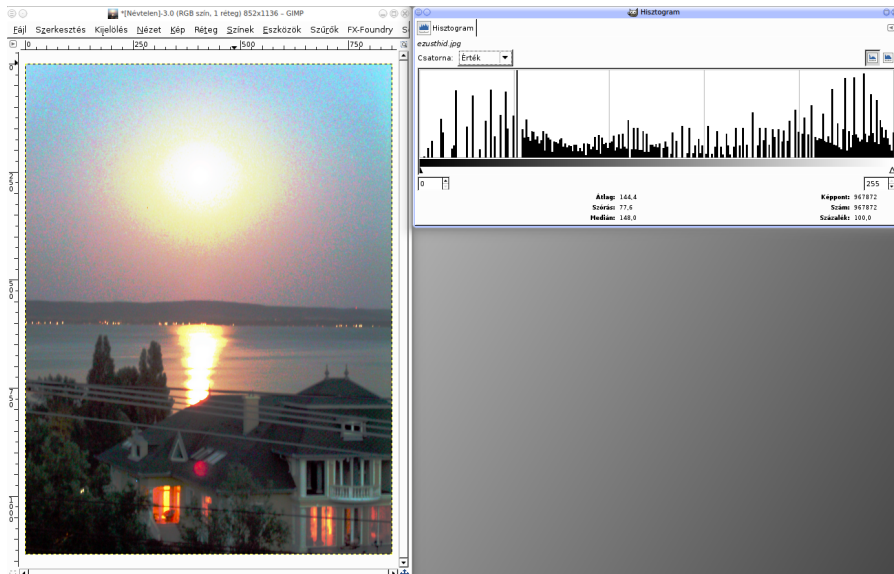
Olyan transzformáció kell, hogy az új hisztogram konstans legyen.

$$T_3(a) = H[a] \cdot (2^B - 1)$$

Vigyázat!

- Általában $B = 8$, azaz $2^B - 1 = 255$. Ekkor a kerekítésekből fakadóan a transzformáció után nem kapunk pontosan kiegyenlített hisztogramot. (Elvben nem lehet!)
- A kiegyenlített kép az emberi szem számára sokszor idegenül hat, de képelemzéshez jól emeli ki a részleteket.
- Alkalmazásfüggő, hogy a színcsatornákra külön-külön végezzük vagy az összfényesség alapján számolunk H -t és ez alapján transzformáljuk az összes csatornát.

Kiegyenlítés: GIMP / Színek / Automatikus / Kiegyenlítés



Gamma-transzformáció

Már találkoztunk ezzel a képtárolási módszereknel. Ugyanaz a gondolat a kép fényesség szerinti eloszlásán is javíthat.

$$T_4(a) = \left(\frac{a}{2^B - 1} \right)^{1/\gamma} \cdot (2^B - 1)$$

(Csak a $[0; 1]$ intervallumba való transzformálás miatt bonyolódik el.)

Gamma-transzformáció

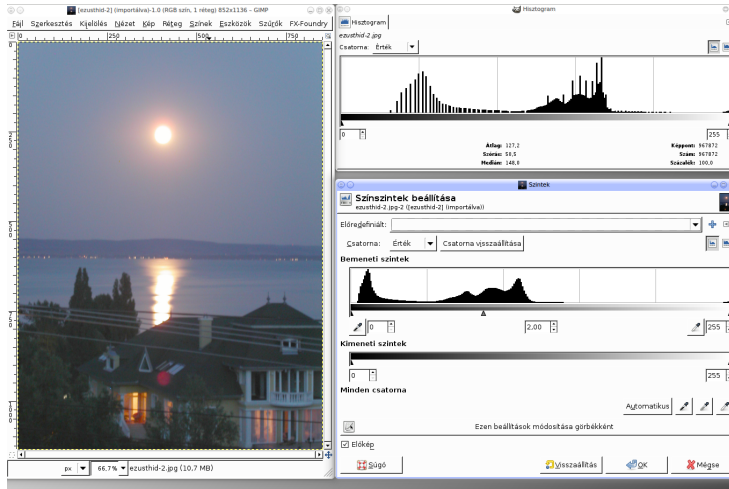
Már találkoztunk ezzel a képtárolási módszereknel. Ugyanaz a gondolat a kép fényesség szerinti eloszlásán is javíthat.

$$T_4(a) = \left(\frac{a}{2^B - 1} \right)^{1/\gamma} \cdot (2^B - 1)$$

(Csak a $[0; 1]$ intervallumba való transzformálás miatt bonyolódik el.)

Sima, túlcsordulástól és alulcsordulástól mentes megoldás és csak 1 paraméteres.

Gamma-transzformáció: GIMP / Színek / Szintek



A hisztogram alatti csík középső háromszög alakú jelölőjével lehet γ -t beállítani. (Most ez 2,00.)

További transzformációk

Elképzeltetők és néha hasznosak más transzformációk. Pl:

- A fentiek kombinálása.
- Kiegyenlítés a Hue koordinátában.
- Hisztogram-javítás a pixelek egy környezetének hisztogramja alapján.
- Csak az alsó, középső vagy felső tartományok átállítása.
- Színcsatornánként eltérő transzformáció.
- ...

Ezekkel sokszor könnyebben felismerhetővé tehetünk bizonyos részleteket.

(De teljesen el is szúrhatjuk a képet.)

Az eljárások Python/OpenCV-ben könnyen beprogramozhatók, illetve be vannak építve.