

## **9. Sävyjen säätö**

Kirkkaus ja kontrasti

Lineaarinen / epälineaarinen kuvaus

Histogrammit ja ekvalisaatio

Värikuvan säätö

# Taustaa

- Alkuperäinen kuva huonolaatuinen:
  - Liian tumma/vaalea  
(esim. kohde valaistu takaapäin)
  - Huono kontrasti
  - Värit pielessä
- Korjaukset pikseleittäin, naapuripikseleistä riippumatta (vrt. *suodatus*: naapuripikselit vaikuttavat).
- Lähtökohtana harmaasävykuvan säätö

# Kirkkauden ja kontrastin määrittely

- Kirkkaus eli luminanssi
  - Näyttömonitoreissa yksikkönä  $\text{cd/m}^2$  (candela/neliömetri)
  - RGB-järjestelmässä pikselin luminanssi lasketaan ITU:n standardin mukaan värikomponenttien intensiteeteistä:  
$$Y = 0.2126 R + 0.7152 G + 0.0722 B$$
- Kontrasti (Michelsonin kaava):

$$\frac{I_{Max} - I_{Min}}{I_{Max} + I_{Min}}$$

missä  $I_{Max}$  on kuvan korkein ja  $I_{Min}$  matalin luminanssiarvo

# Lineaariset muunnokset

- *Kirkkauden säätö*:  $g(x,y) = f(x,y) + b$ 
  - Vakio  $b$  ns. *bias*
  - $b > 0$ : vaalennus,  $b < 0$ : tummennus
- *Kontrastin säätö*:  $g(x,y) = a \cdot f(x,y)$ 
  - Kerroin  $a$  ns. *gain*
  - $a > 1$ : kontrastin lisäys,  $a < 1$ : vähennys
- *Yhdistetty muunnos*:
  - $g(x,y) = a \cdot f(x,y) + b$
- Tuloksen rajaaminen välille  $[0, 255]$

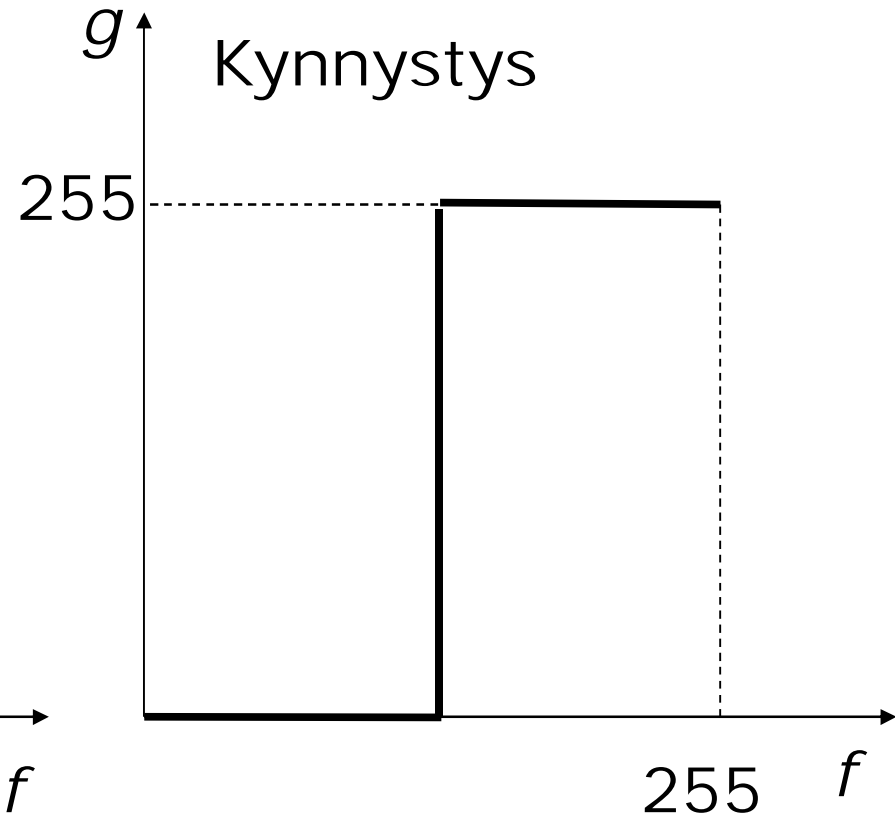
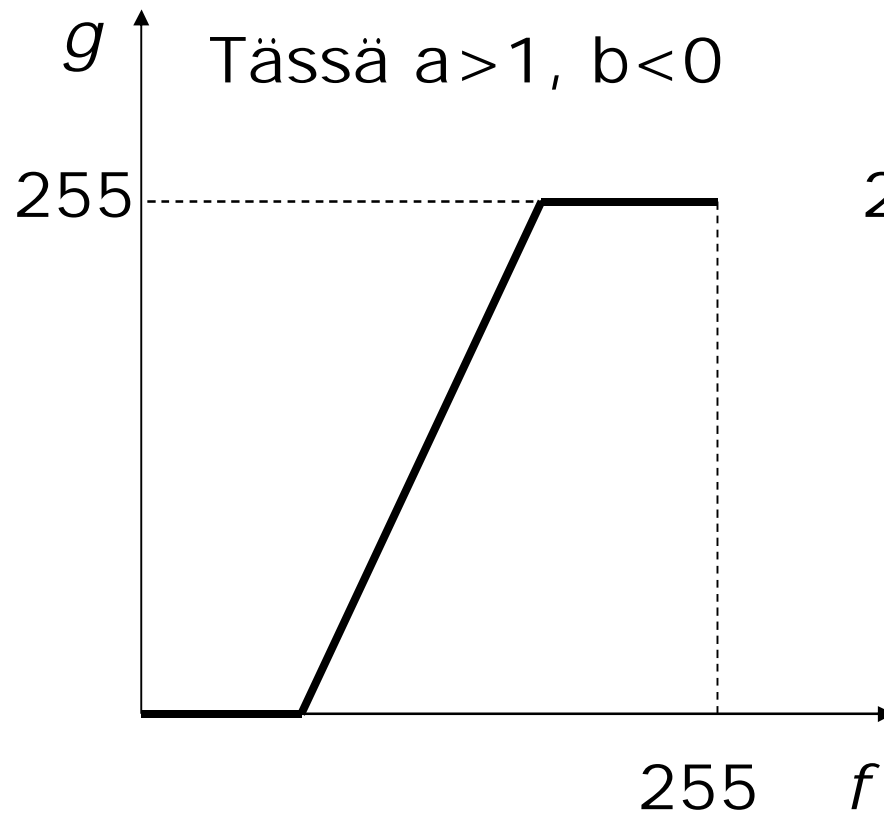
# Yleistetty lineaarinen muunnos

- Sävyalue  $[f_1, f_2]$  kuvataan alueeksi  $[g_1, g_2]$

$$g(x, y) = g_1 + \left( \frac{g_2 - g_1}{f_2 - f_1} \right) (f(x, y) - f_1)$$

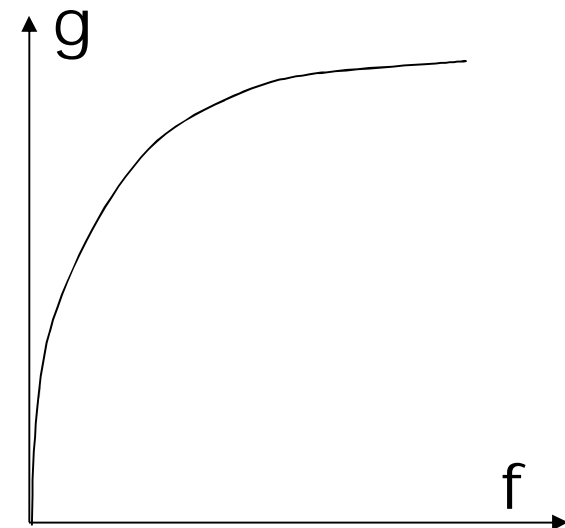
- Ääritapaus: *Kynnystys* (thresholding)
  - Arvo  $f \leq f_1$  kuvautuu 0:ksi,  $f > f_1$  kuvautuu 255:ksi
  - Tuloksena mustavalkokuva
- Toinen erikoistapaus:  $a = -1$ ,  $b = 255$ :  
*negatiivikuva*

# Muunnos graafisesti



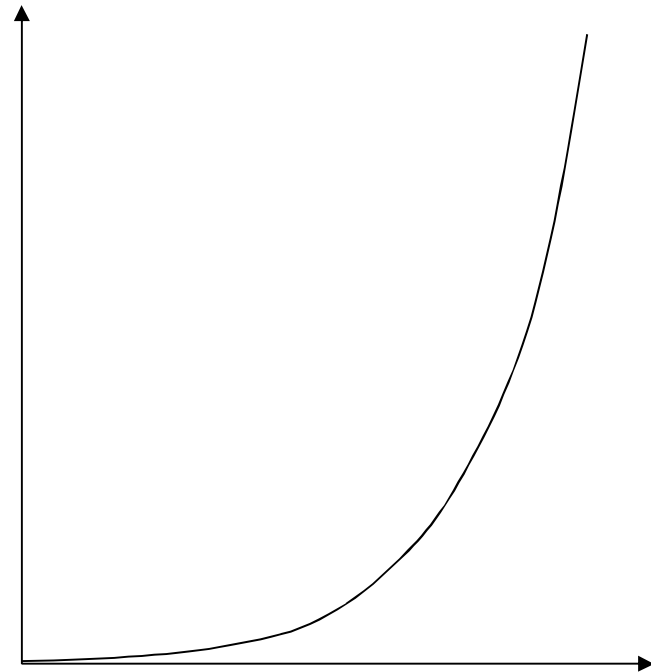
# Epälineaarinen muunnos

- Kuvauksen  $f \rightarrow g$  ei tarvitse olla lineaarinen, mutta yleensä monotonisesti kasvava.
- Kuvausfunktion derivaatta = kuvaajan tangentin kulmakerroin = lokaalinen gain-arvo
- Esim.  $g = p \log(qf+1)$   
lisää kontrastia  
tummalla alueella  
ja vähentää  
vaalealla alueella



# Muita epälineaarisia muunnoksia

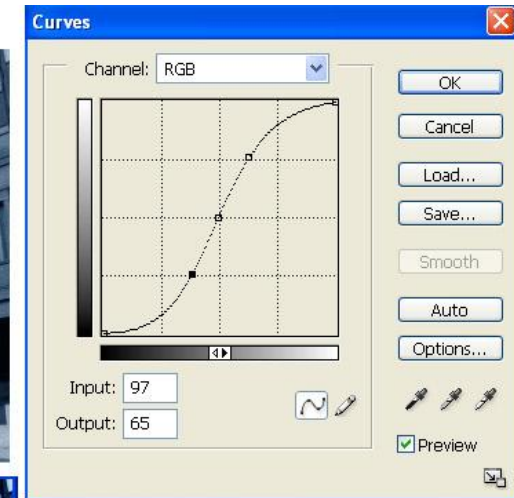
- $g = p \sqrt{f}$ : Vastaava vaikutus kuin log-funktiolla
- $g = p (\exp(f)-1)$ : lisää kontrastia kirkkaalla alueella, vähentää tummalla
- Huom. Tarvittavat 256 g-arvoa kannattaa laskea valmiiksi taulukkoon





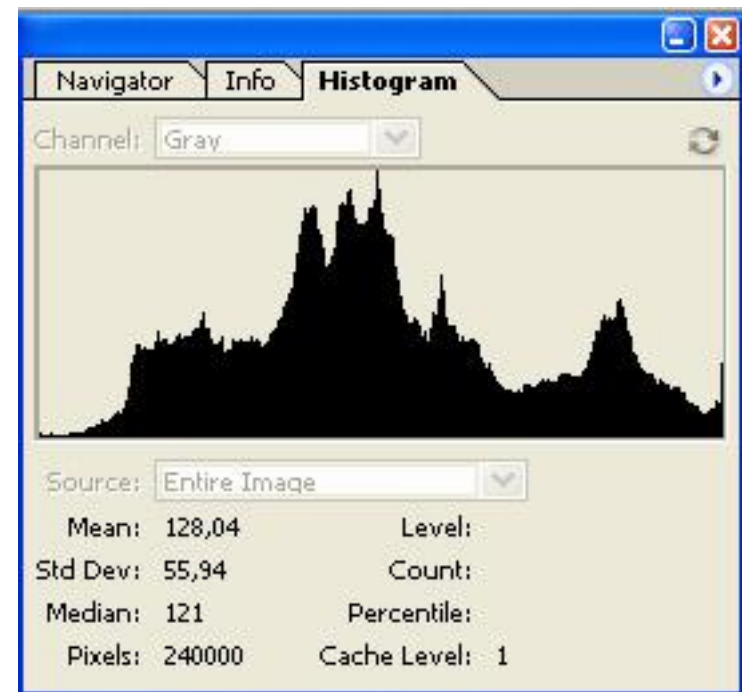
# Sävyjen muunnosfunktio Photoshopissa

- Valikosta Image > Adjustments > Curves
- Käyrän muokkaus 'raahaamalla' tai piirtämällä
- Esim. keskisävyjen kontrastin lisäys:



# Histogrammit

- Harmaasävykuvan histogrammi esittää sävyjen jakautuman kuvassa
- 256 pylvästä, kukin kertoo ao. sävyisten pikselien määrän
- *Normalisointi*: jaetaan frekvenssit pikselien kokonaismäärällä
  - Pylväät edustavat todennäköisyyksiä
  - Mahdollistaa erikokoisten kuvien histogrammien vertailun



# Histogrammin muunnokset

- Sävy säädön tarve voidaan usein nähdä suoraan histogrammista: vino jakautuma.
- Mutta: histogrammi ei kerro eri sävyjen spatiaalista jakautumaa (kuvan eri osissa).
- *Vakiobias*: Histogrammi siirtyy vasemmalle tai oikealle; muoto säilyy
- *Vakiogain a*:
  - $a > 1$  venyttää histogrammia tasaisesti
  - $a < 1$  tiivistää histogrammia tasaisesti
- *Epälineaarinen kuvaus*:
  - Osa histogrammista 'venyy', osa tiivistyy

# Ekvalisaatio

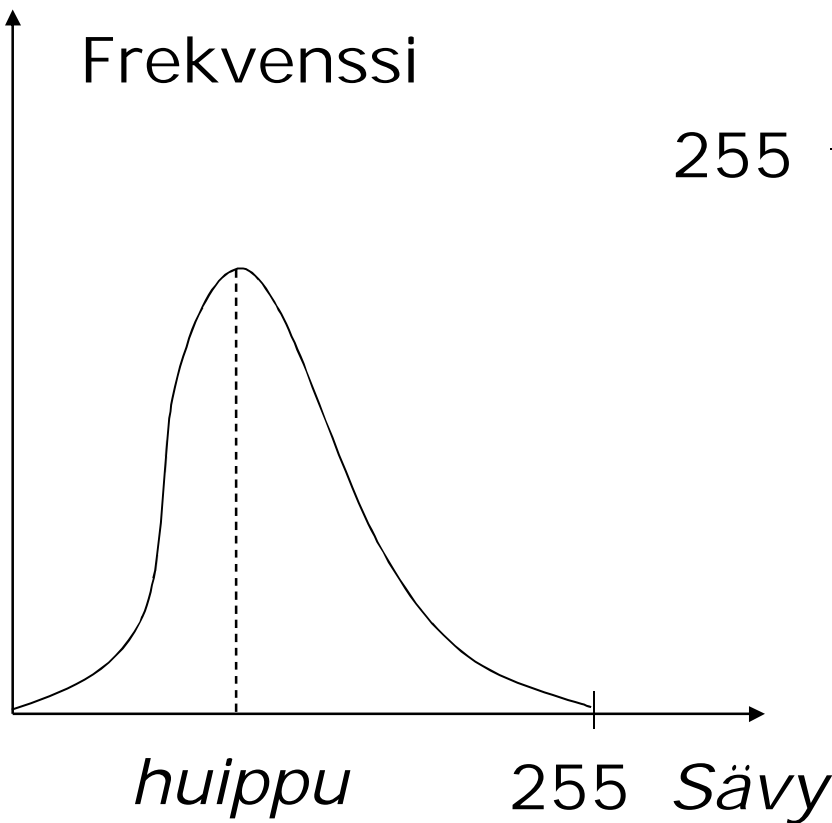
- Pyrkii optimaaliseen kontrastiin
- Pyrkii tasaiseen frekvenssijakautumaan
  - Korkeille histogrammialueille lisää harmausasteita, matalille vähemmän
- Voi paljastaa kuvasta vaikeasti havaittavia yksityiskohtia.
- Etu: yleinen, ei parametreja
- Joskus voi olla jopa haittaa; riippuu kuvan luonteesta.

# Ekvalisaation toteutus

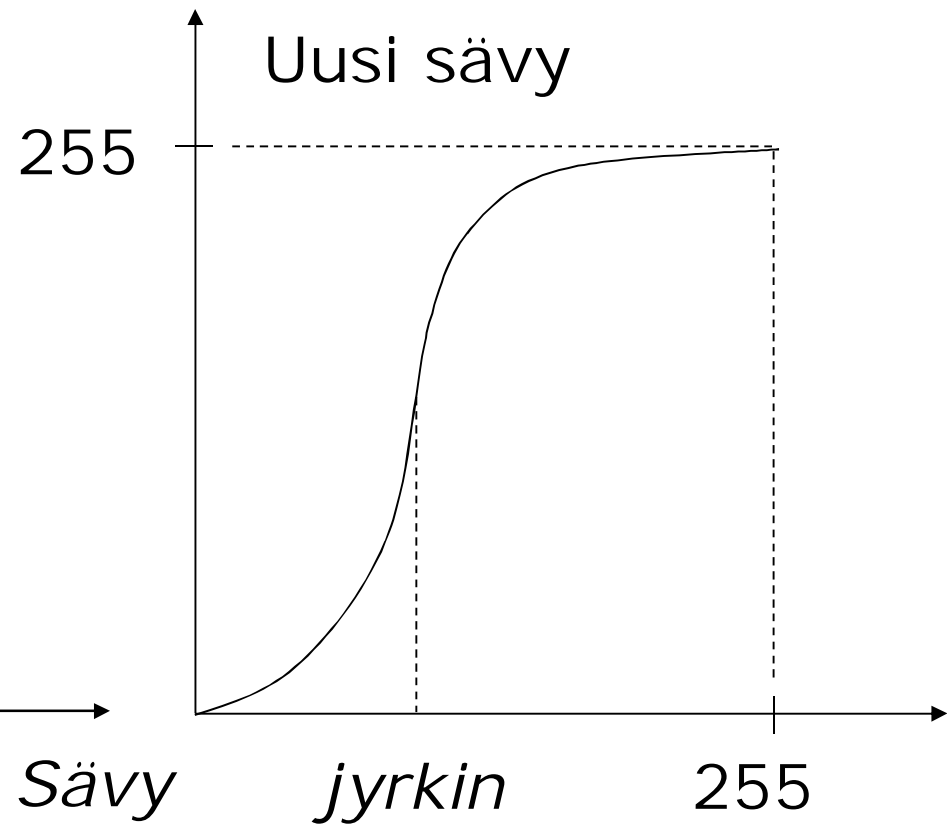
- Tarvitaan kuvausfunktio, jonka jyrkkyys  $a > 1$  histogrammin korkeilla alueilla ja  $a < 1$  matalilla.
- *Kumulatiivisella histogrammilla* on tämä ominaisuus.
- Skaalataan kumulatiivinen histogrammi välille 0..255, ja saadaan kuvaus lähtöharmaasävyistä tulossävyihin.
- Skaalauskerroin =  $255/\text{pikselimäärä}$

# Esimerkki

## Sävyhistogrammi



## Skaalattu kumulatiivinen histogrammi

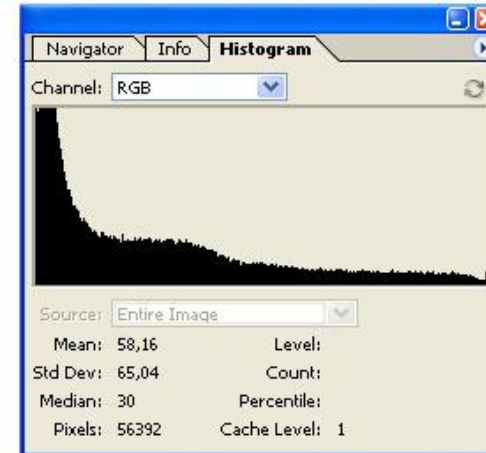


# Ekvalisoitu histogrammi

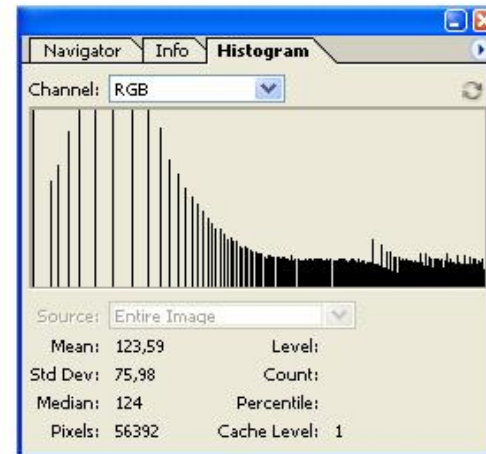
- Ekvalisaatio linearisoi kumulatiivisen jakautuman (karkeasti).
- Ei ole täysin tasainen
  - Matalat pylväät yhdistyvät
  - Korkeiden pylväiden ympärille tyhjää
- Hienostuneempi menetelmä: 'Liikaa' toistuvan harmausasteen jako kahdeksi
  - Vaatii valintasäännön (esim. lokaalisesti naapuripikselien perusteella)
  - Monimutkainen, ei yleensä käytetä

# Esimerkki ekvalisoidusta histogrammista

- Ennen



- Jälkeen





# Histogrammin 'spesifikaatio'

- Yleistys ekvalisaatiosta
- Sävyjen frekvenssijakautuma halutaan tietyn muotoiseksi (ei välttämättä tasaiseksi)
- Toteutus:
  - Ensin ekvalisaatio
  - Sitten käännteiskuvaus halutun muotoiseksi jakautumaksi

# Värikuvien säätö

- Yksinkertaisin mahdollisuus: kullekin värikanavalle erikseen
  - Sopii väritasapainon säätöön
  - Ei sovi kontrastin säätöön (kirkkaudet muuttuvat toisistaan riippumatta; värit muuttuvat)
- Kontrastin säätö HSI-värimallilla:
  - 1) RGB  $\rightarrow$  HSI
  - 2) Manipuloidaan I-komponenttia  $\rightarrow$  HSI'
  - 3) HSI'  $\rightarrow$  RGB

# Muita säätöjä

- Värisävyn muutos
  - H-komponentin säätö
  - Periaatteessa käännetään väriympyrää
- Väripuhtauden muutos:  
S-komponentin säätö
  - S:n kasvatus lisää värin puhtautta
  - S:n vähennys lisää harmaan osuutta

# Värikuvien histogrammit

- Periaatteessa kullekin RGB-yhdelmälle oma pylväänsä →  
yli 16 milj. pylvästä
- Käytännössä kullekin värille erikseen (3 x 256 pylvästä)
- Kuvankäsittelyohjelmissa voidaan yleensä säätää kunkin värikanavan histogrammia erikseen.
- Myös kaksidimensioiset histogrammit mahdollisia (yhdelmät RG, RB ja GB).