

3. Képkötés (mintavételezés és kvantálás)

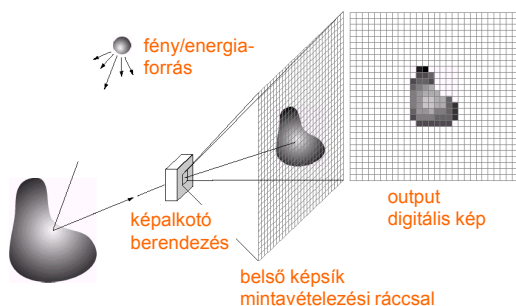
Képkötés (Image Digitization/Acquisition)

A való világ analóg: a képfüggvények értelmezési tartománya és értékkészlete egyaránt folytonos.

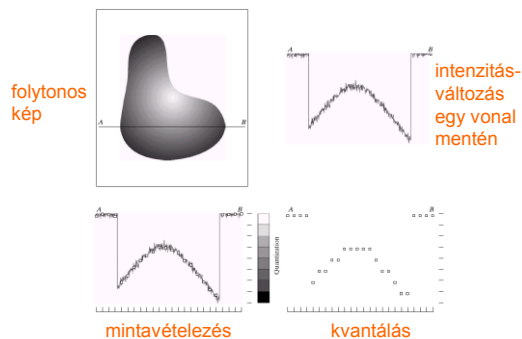
A számítógép diszkrét adatokkal dolgozik, így a folytonos képeket digitalizálni kell.

Az értelmezési tartomány A/C konverziója a **mintavételezés** (*sampling*), az értékkészlet pedig a **kvantálás** (*quantization*).

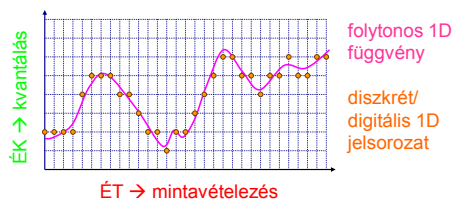
Képkötő rendszer



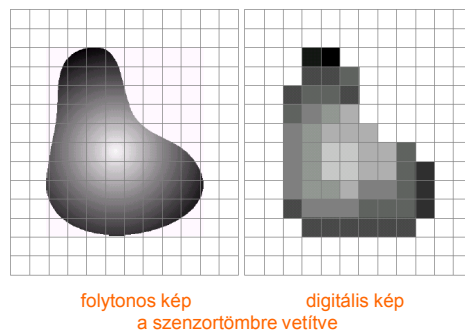
Képkötés



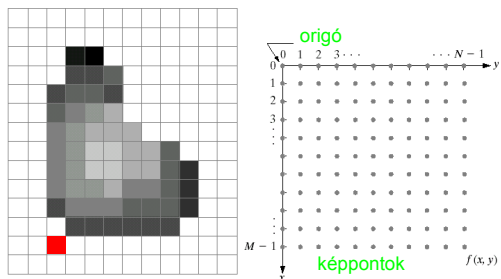
Képkötés



Képkötés



Képpont és a képtömb indexelése

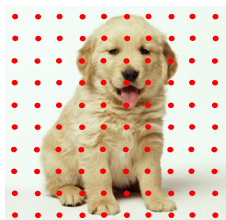


képpont (pixel)

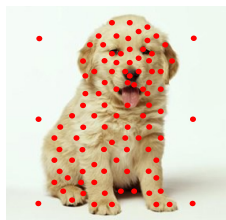
Mintavételezési módok

- **Uniform:**
szabályos mozaikon/rácson, ugyanazon mintavételezési léptékkel
- **Adaptív:**
sűrűbben vett minták a részletgazdag területeken

Mintavételezési módok

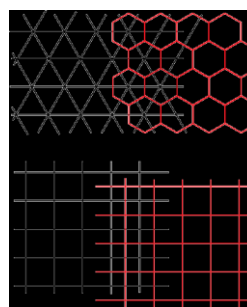


szabályos



adaptív

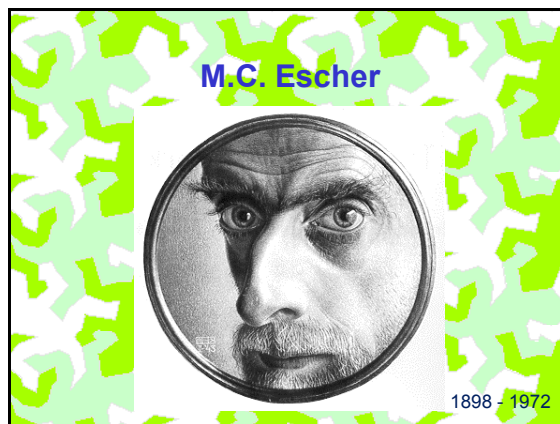
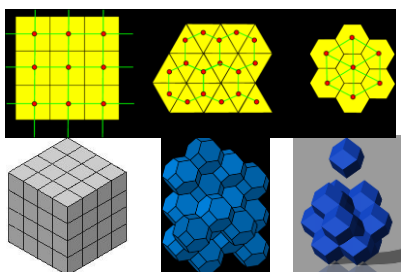
Szabályos mozaikok/rácsok és duálisaik 2D-ben



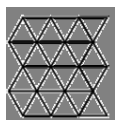
háromszög — hatszög

négyzet — négyzet
(önduális)

Szabályos 2D és 3D mozaikok



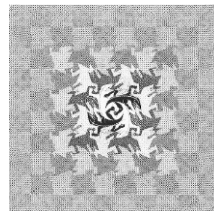
Szabályos mozaikok és Escher



Liberation (1955)

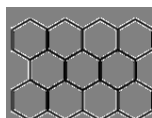


Szabályos mozaikok és Escher



Development 1 (1937)

Szabályos mozaikok és Escher



Reptiles (1943)

Escher mozaikok



Escher mozaikok



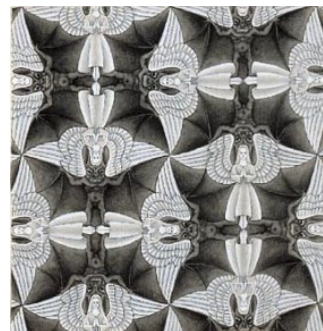
Escher mozaikok



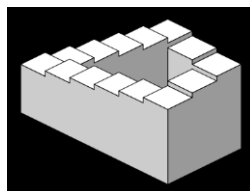
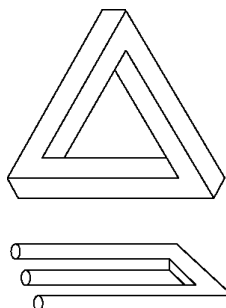
Escher mozaikok



Escher mozaikok

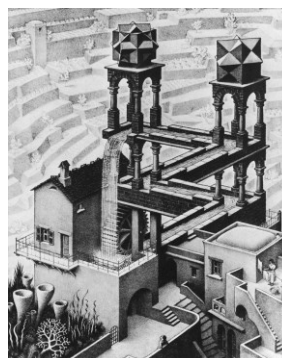


Lehetetlen tárgyak



Penrose lépcső

Escher és a lehetetlen



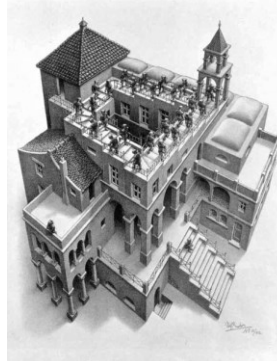
Waterfall (1961)

Escher és a lehetetlen



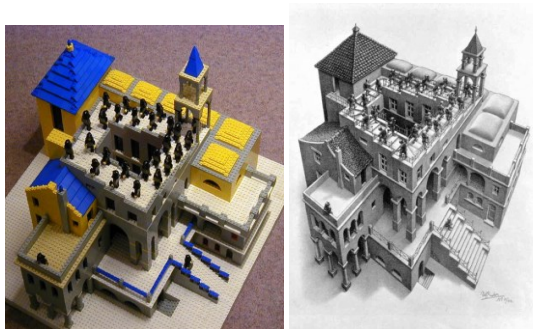
<http://www.andrewlipson.com/lego.htm>

Escher és a lehetetlen



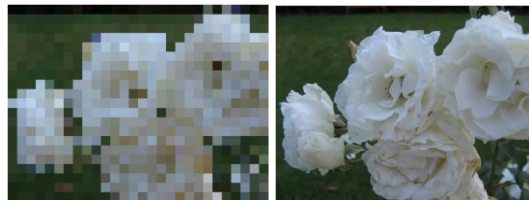
Ascending and Descending (1960)

Escher és a lehetetlen



<http://www.andrewlipson.com/lego.htm>

Változó mintavételezési lépték



21 x 28

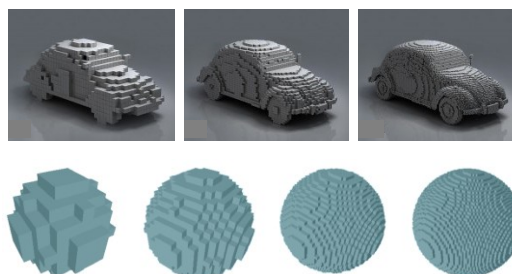
528 x 704

Változó mintavételezési lépték



dpi / DPI : dots per inch

Változó mintavételezési lépték



Változó mintavételezési lépték



Változó mintavételezési lépték



forgalomszámláláshoz
alkalmas felbontás

rendszámfelismeréshez
alkalmas felbontás

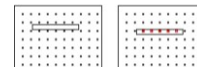
Nyomtatási felbontás

Common print sizes	Good quality	Acceptable quality
6 × 4 inches (15 × 10 cms)	2.2MP	1.0MP
7 × 5 inches (18 × 12 cms)	3.2MP	1.4MP
10 × 8 inches (25 × 20 cms)	7.2MP	3.2MP

Mintavételezési hiba

Ha „durva” a mintavételezés, akkor:

– a kis objektumok eltűnhetnek,



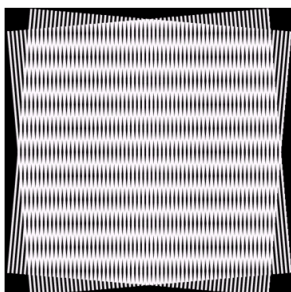
– hosszú, vékony objektumok széttöredezhetnek,



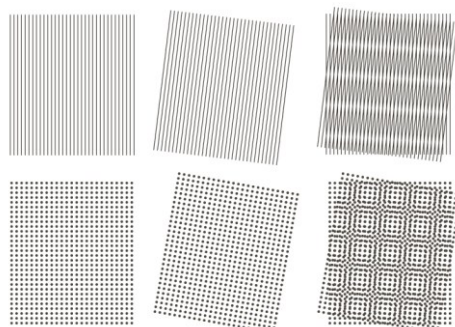
– hamis kontúrok léphetnek fel.



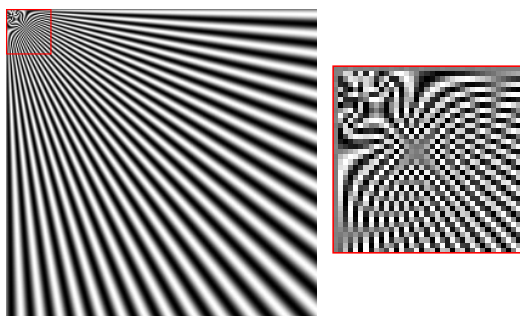
Moiré-minta effektus



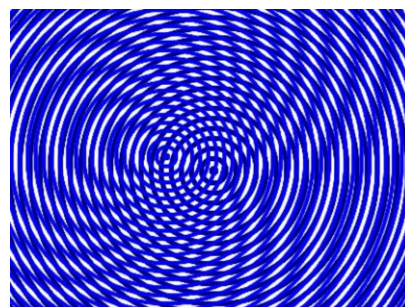
Moiré-minta effektus



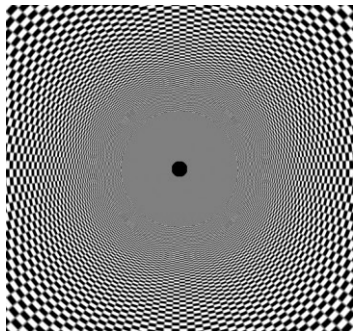
Moire-minta effektus



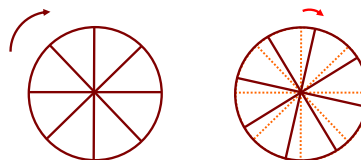
Moire-minta effektus



Moire-minta effektus



Időbeli mintavételezési hiba

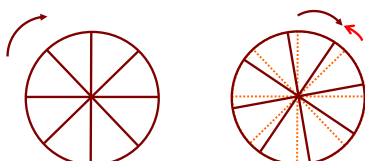


frame 1

frame 2

Ha két frame között a 8-küllös kerék $1/16$ -nál ($\pi/8$ -nál) kevesebbet fordul, akkor a kerék **előre (jobbra)** forgónak tűnik.

Időbeli mintavételezési hiba

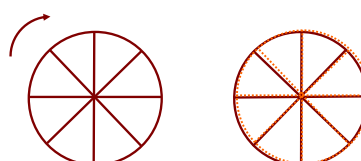


frame 1

frame 2

Ha két frame között a 8-küllös kerék $1/16$ -nál ($\pi/8$ -nál) többet, de $1/8$ -nál ($\pi/4$ -nél) kevesebbet fordul, akkor a kerék **hátra (balra)** forgónak tűnik.

Időbeli mintavételezési hiba

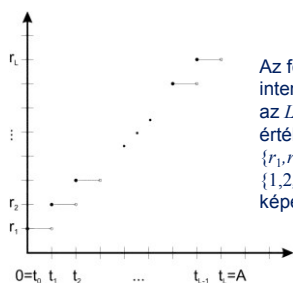


frame 1

frame 2

Ha két frame között a 8-küllös kerék pontosan $1/8$ -ot ($\pi/4$ -et) fordul, akkor a kerék **állnak (mozdulatlannak)** tűnik.

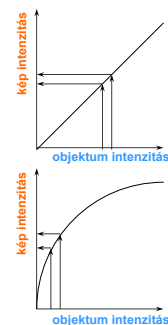
Kvantálás



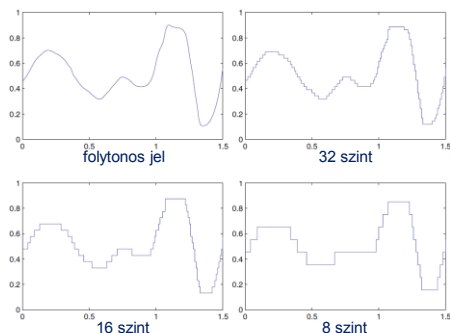
Az folytonos kép $[0, A]$ intenzitástartományát az L -elemű, diszkrét értékekből álló $\{r_1, r_2, \dots, r_L\}$ (pl. a $\{1, 2, \dots, L\}$) halmazra képezzük le.

Kvantálási módok

- **Uniform/lineáris:**
a folytonos kép intenzitásait lineárisan képezzük le
- **Nemlineáris (pl. logaritmikus):**
nagyobb intenzitásbeli lépték a sötét területeken



Változó számú kvantálási szint



Változó számú kvantálási szint

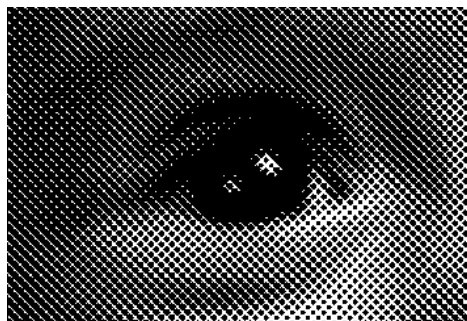


Kvantálás bináris képekre

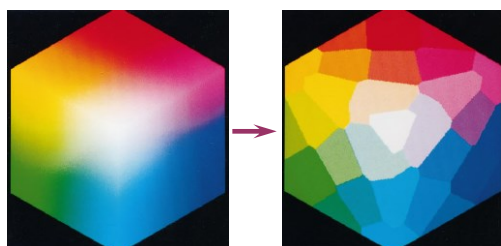
A féltónusos (*halftone*) képeken az adott területre eső fekete és fehér pontok aránya kelti a változó szűrkeségérzetet a szemben.



Halftone képek



A kvantálás mint klaszterezés



A kvantálás alaptípusai

Az eredeti színtér régiókra bontása (ahol az egy régióba eső színeket/intenzitásokat a *colormap* ugyanazon színébe képezzük le) az alábbi módokon történik:

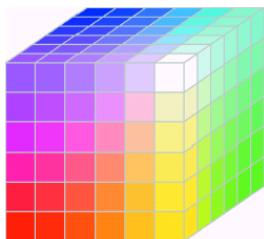
Uniform (képfüggetlen):

az eredeti színteret egyforma méretű régiókra bontjuk.

Nem uniform (képfüggő):

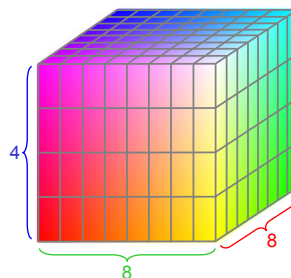
az eredeti színtér felosztása függ a színek eloszlásától az adott képen.

Uniform kvantálás – példa



Az RGB kocka felbontása
 $6 \times 6 \times 6 = 216$ színre/régióra
 (Web-Safe Colors)

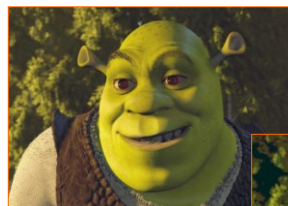
Uniform kvantálás – példa



A true-color RGB kocka
 felbontása $8 \times 8 \times 4 = 256$
 színre/régióra
 (az R- és a G-
 komponens 3-3-bites, a
 B-komponens 2-biten
 ábrázolt)



Uniform kvantálás – példa

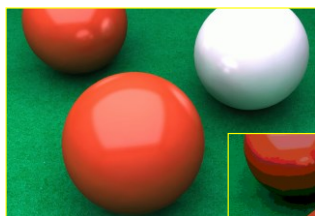


true-color

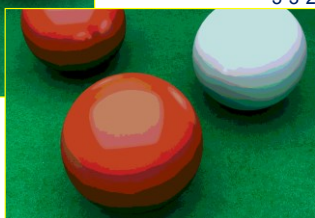


3-3-2

Uniform kvantálás – példa



true-color

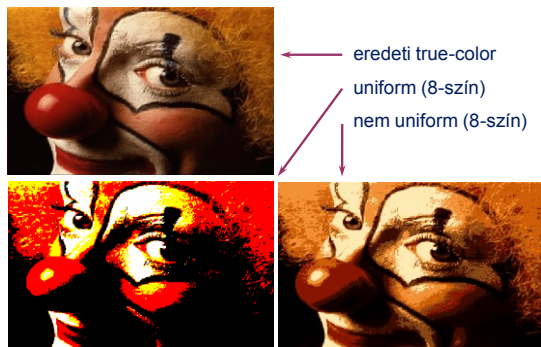


3-3-2

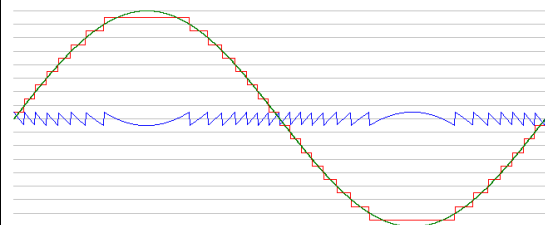
A nem-uniform kvantálás menete

1. Végezzünk statisztikai elemzést az eredeti képre.
2. A statisztika alapján válasszuk ki a *colormap*-et.
3. Határozzuk meg valamennyi eredeti szín *colormap*-beli reprezentánsát (adjuk meg a leképezést, a CLUT-ot (*color look-up table*)).
4. Képezzük a kvantált képet.

Uniform ↔ nem uniform



Kvantálási hiba



A kvantálási hiba minimalizálása a cél.

Kvantálási hiba csökkentése

Ha a kvantálási szintek száma „túl kevés”, akkor hamis kontúrok léphetnek fel, amit kismérvű mesterséges zaj hozzáadásával (*dithering*) mérsékelhetünk.

Tapasztalat szerint egyenletes kvantálás mellett elegendő 256 szürkeségi szint (8 bit/pixel).

Kvantálási hiba csökkentése



256-árnyalatú kép



16-árnyalatú kép



16-árnyalatú kép + zaj

Kvantálási hiba csökkentése



true-color

16-szín

dithering (16-szín)



"Gala contemplating the Mediterranean Sea which at twenty metres becomes the portrait of Abraham Lincoln."

Salvador Dali (1976)

