

3. Képkotás (mintavételezés és kvantálás)

Képalkotás

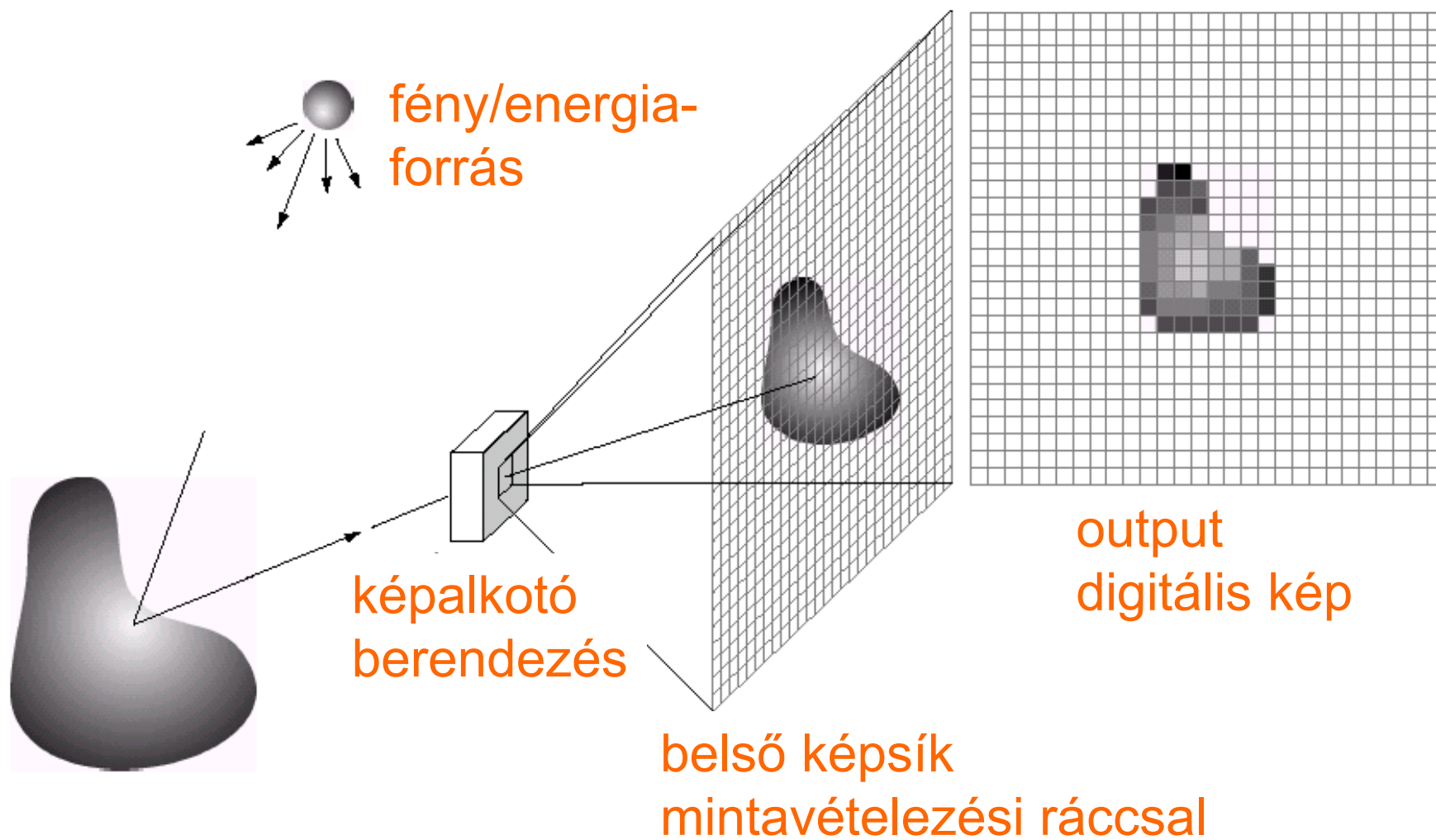
(Image Digitization/Acquisition)

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

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

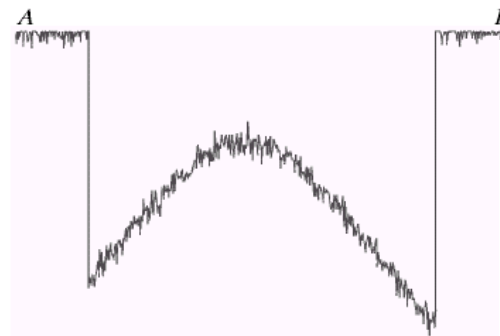
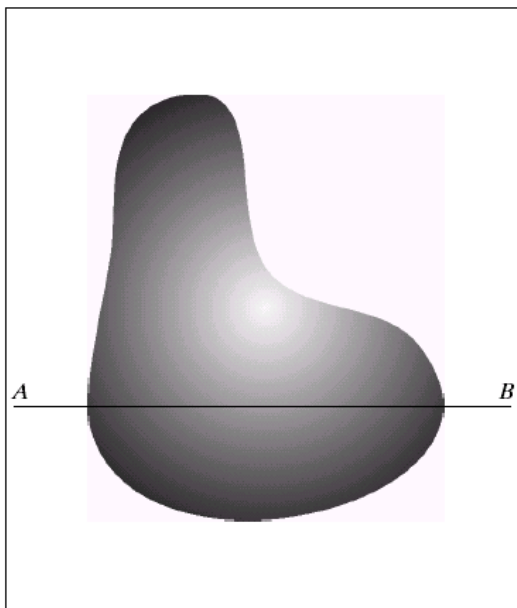
Az értelmezési tartomány A/C konverziója a **mintavételezés** (*sampling*), az értékkészleté pedig a **kvantálás** (*quantization*).

Képkötő rendszer

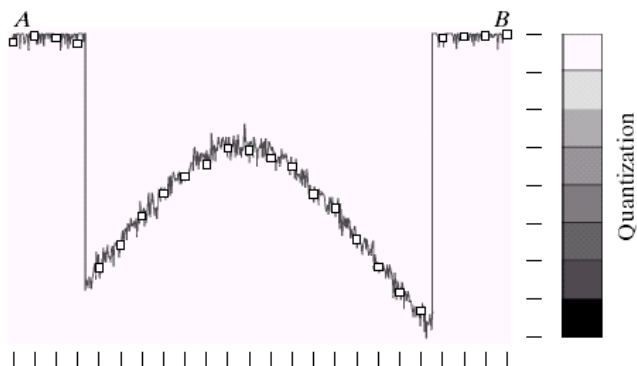


Képkotás

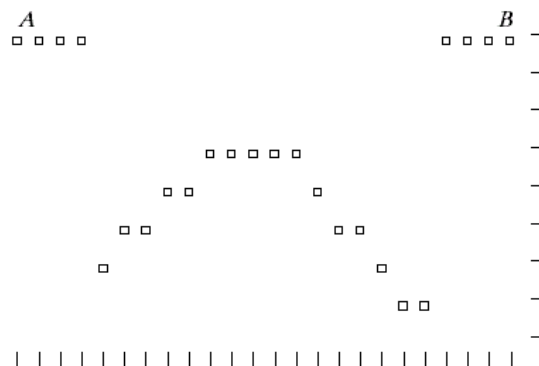
folytonos
kép



intenzitás-
változás
egy vonal
mentén

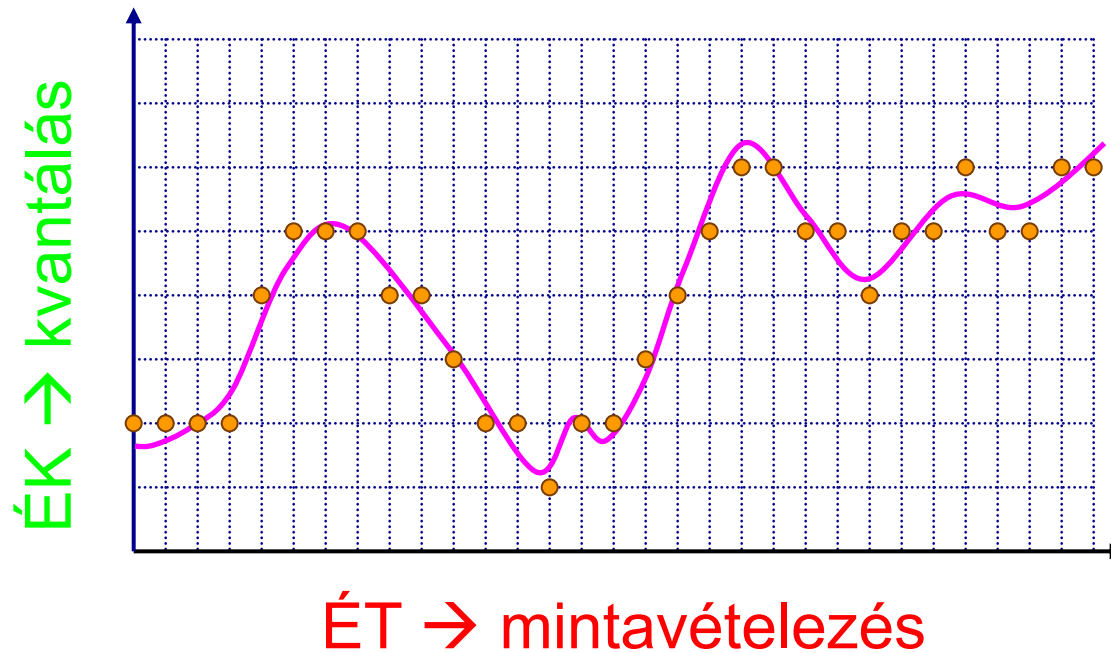


mintavételezés



kvantálás

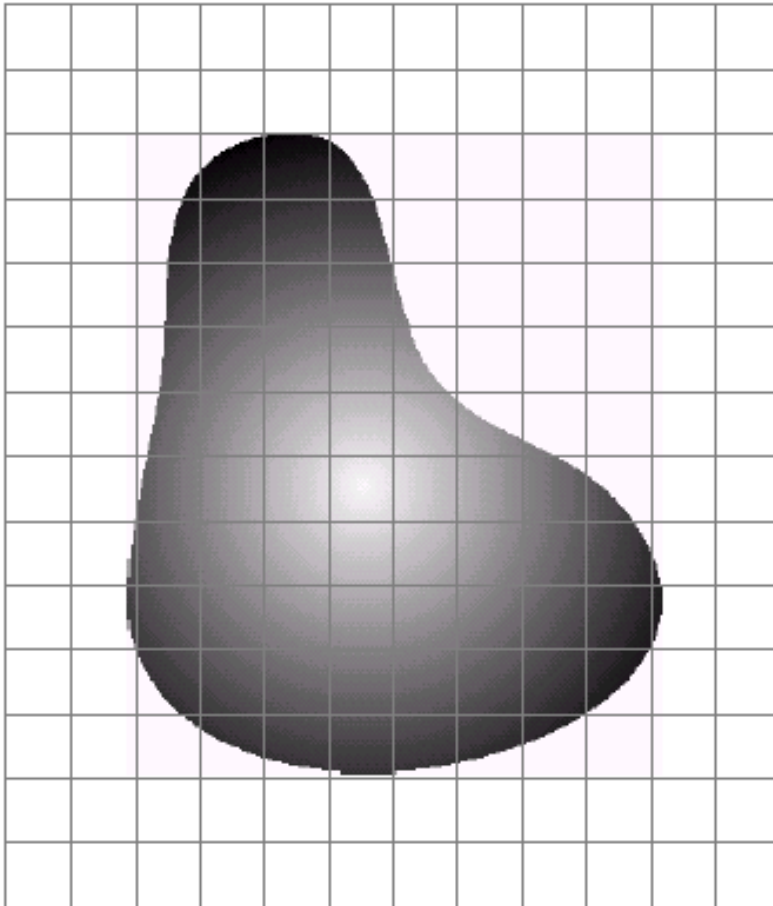
Képalkotás



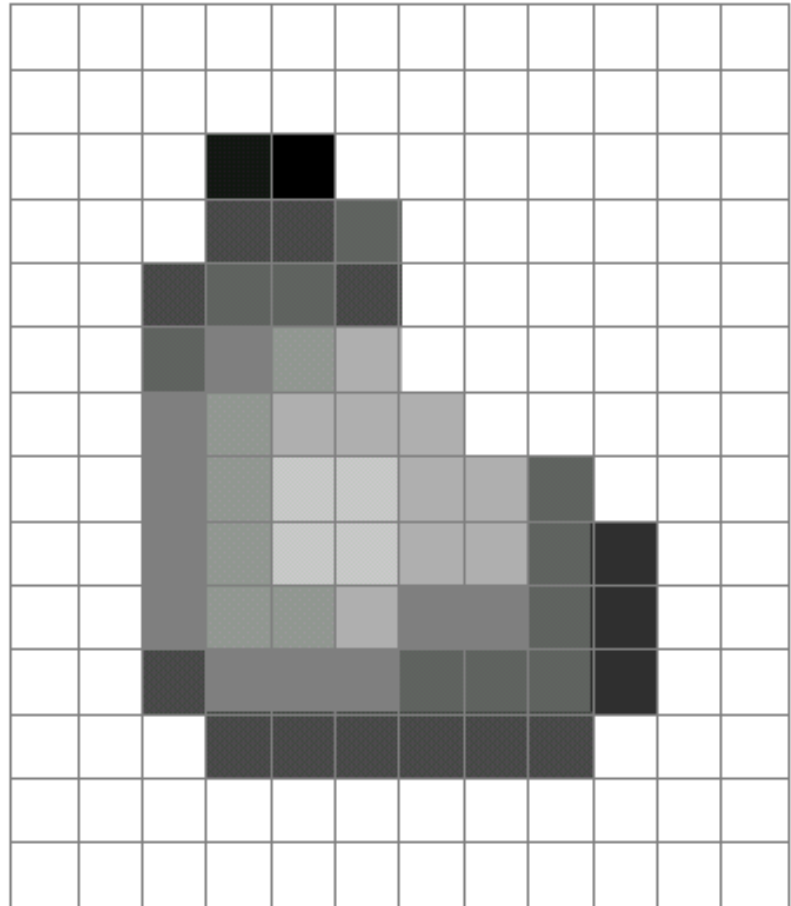
folytonos 1D
függvény

diszkrét/
digitális 1D
jelsorozat

Képalkotás



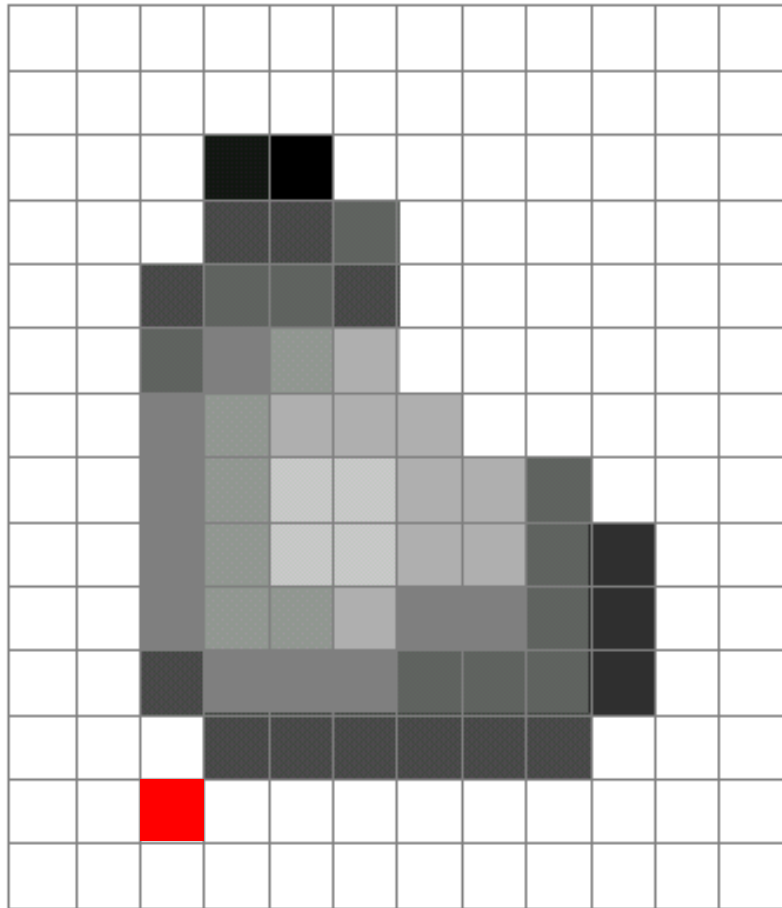
folytonos kép



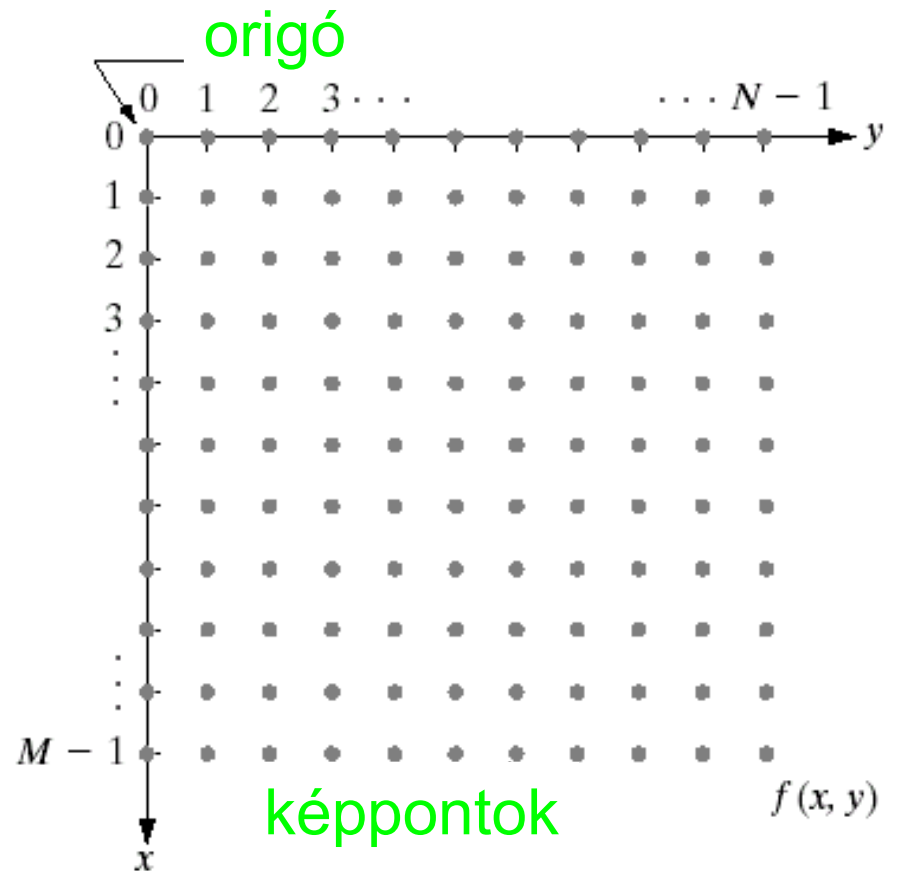
digitális kép

a szenzortömbre vetítve

Képpont és a képtömb indexelése



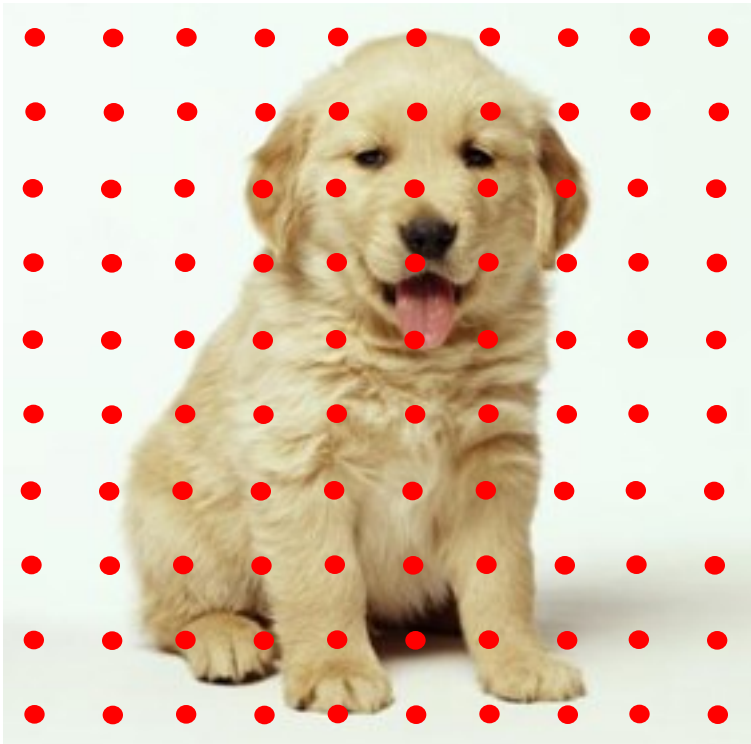
képpont (*pixel*)



Mintavételezési módok

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

Mintavételezési módok

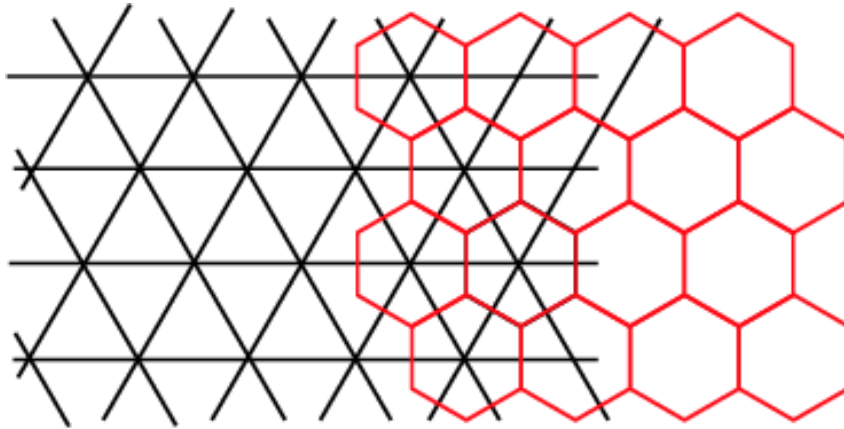


szabályos

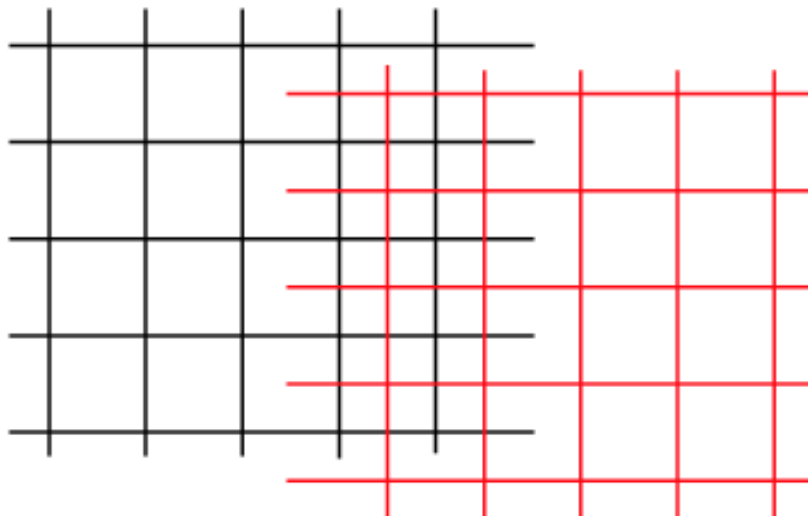


adaptív

Szabályos mozaikok/rácsok és duálisaik 2D-ben

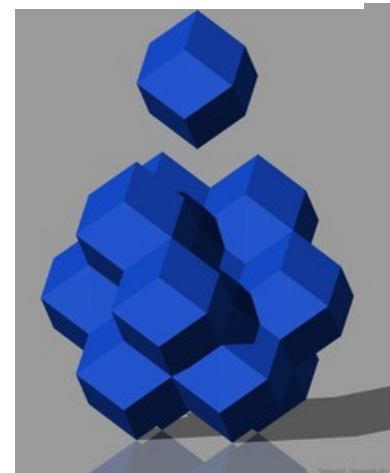
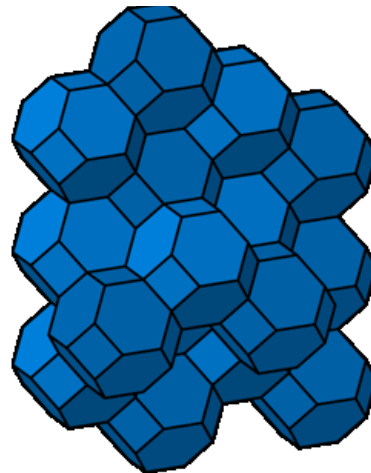
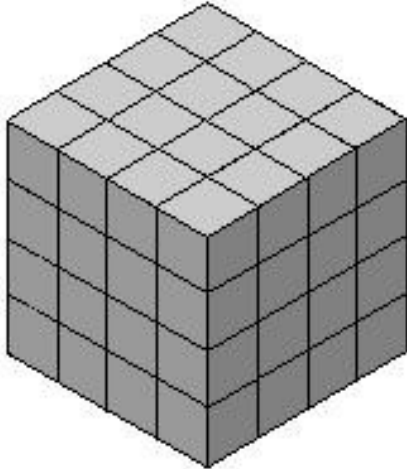
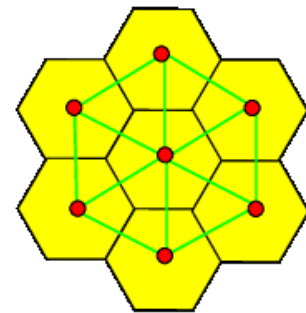
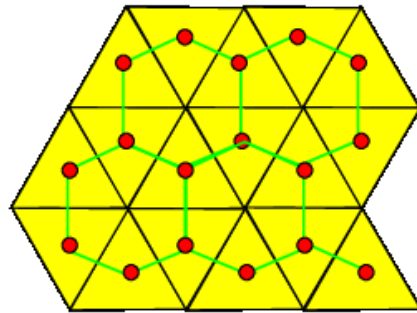
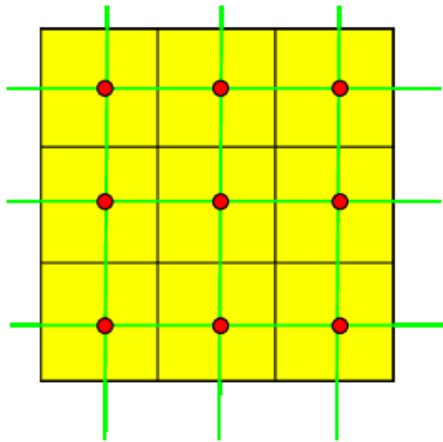


háromszög — hatszög



négyzet — négyzet
(önduális)

Szabályos 2D és 3D mozaikok

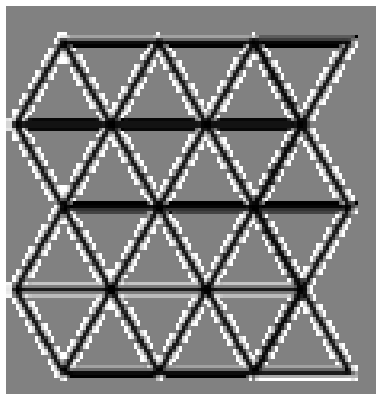


M.C. Escher



1898 - 1972

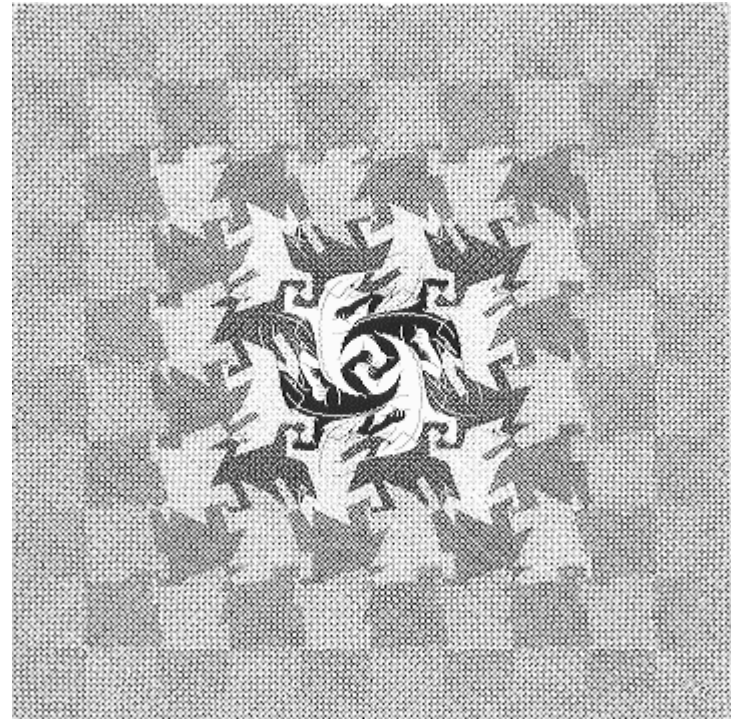
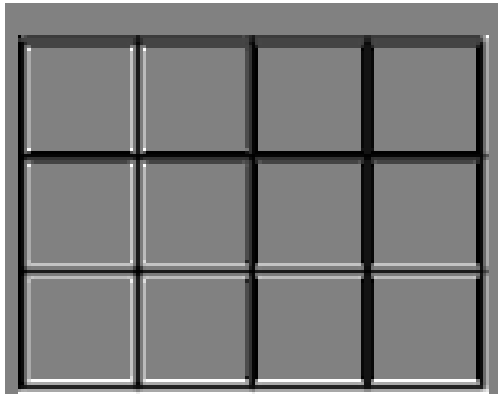
Szabályos mozaikok és Escher



Liberation (1955)

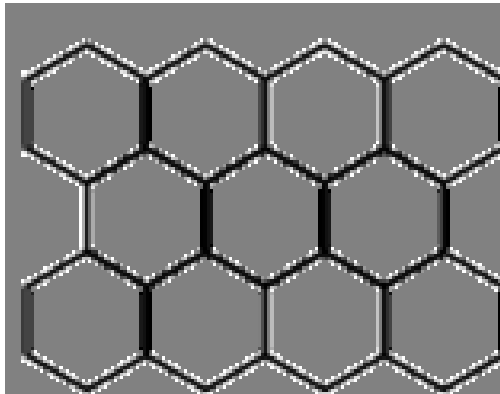


Szabályos mozaikok és Escher



Development 1 (1937)

Szabályos mozaikok és Escher



Reptiles (1943)

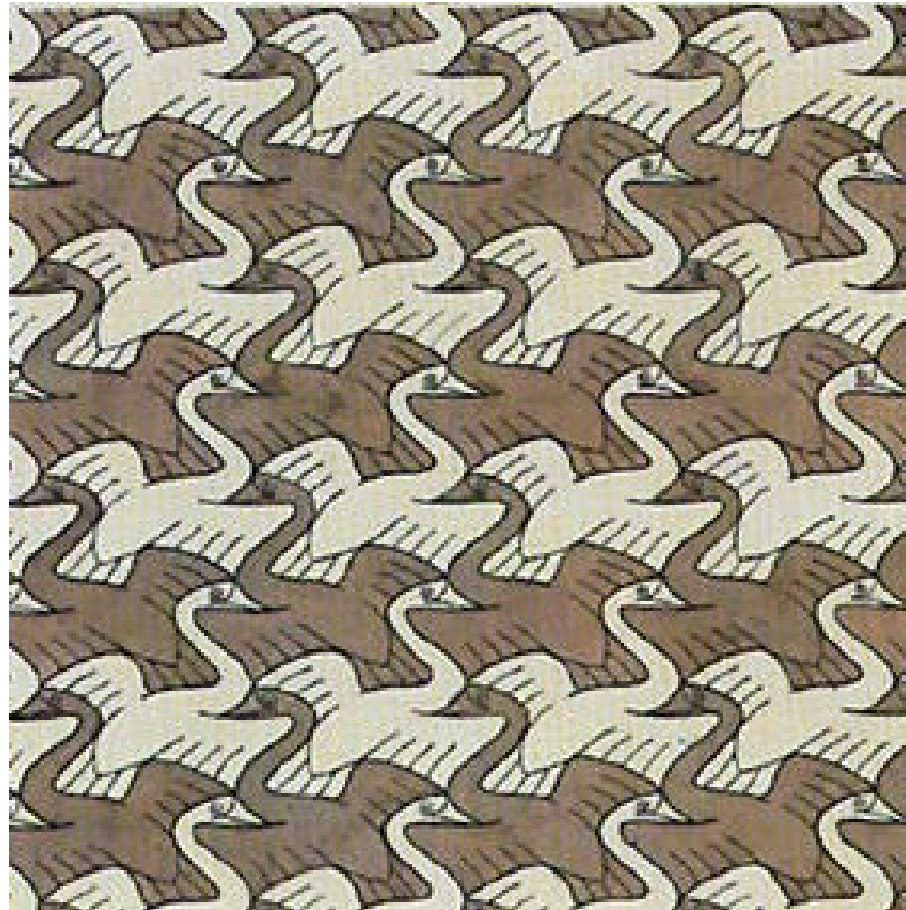
Escher mozaikok



Escher mozaikok



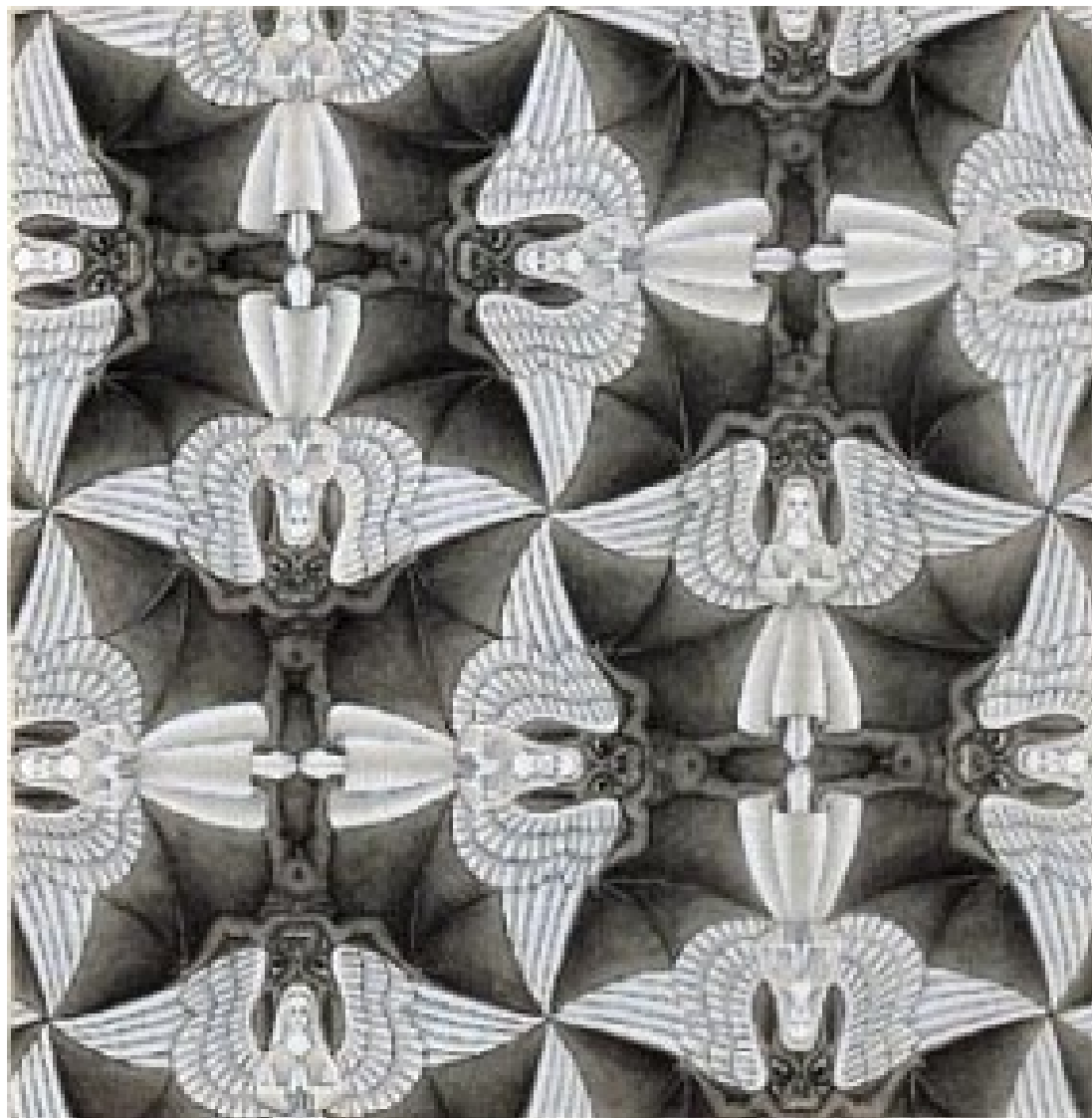
Escher mozaikok



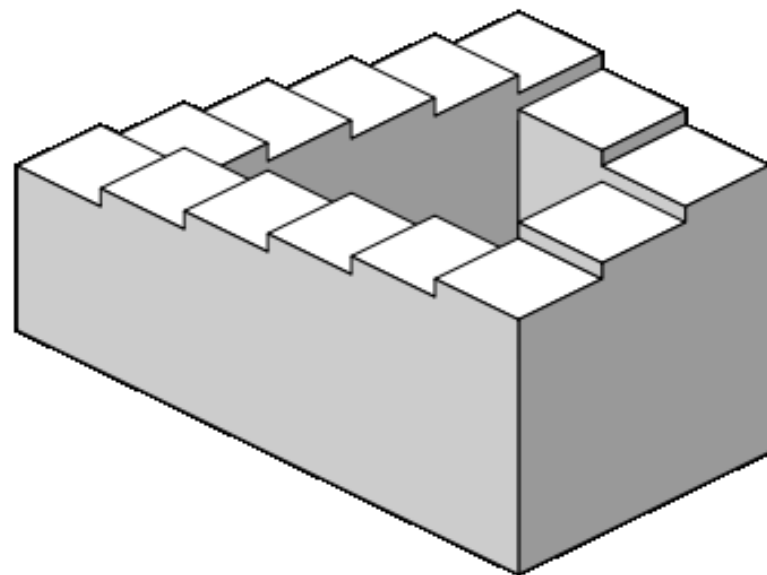
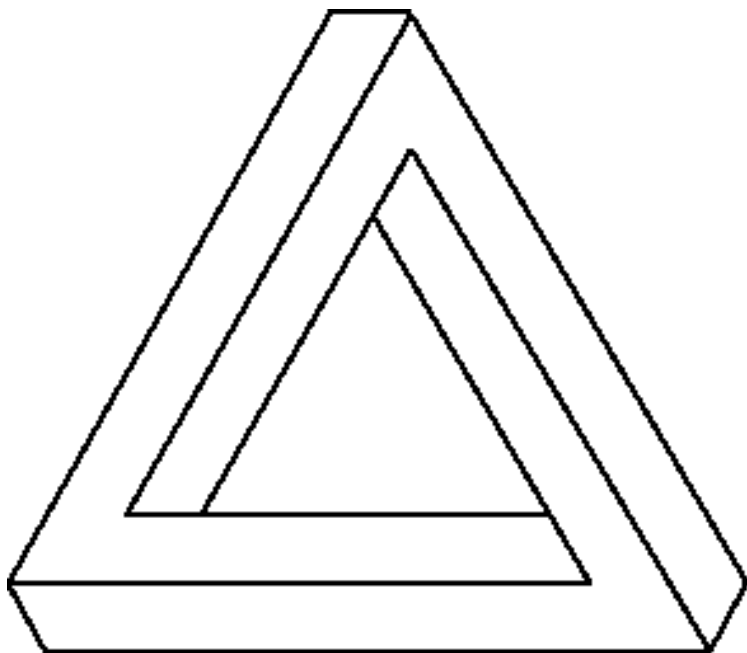
Escher mozaikok



Escher mozaikok

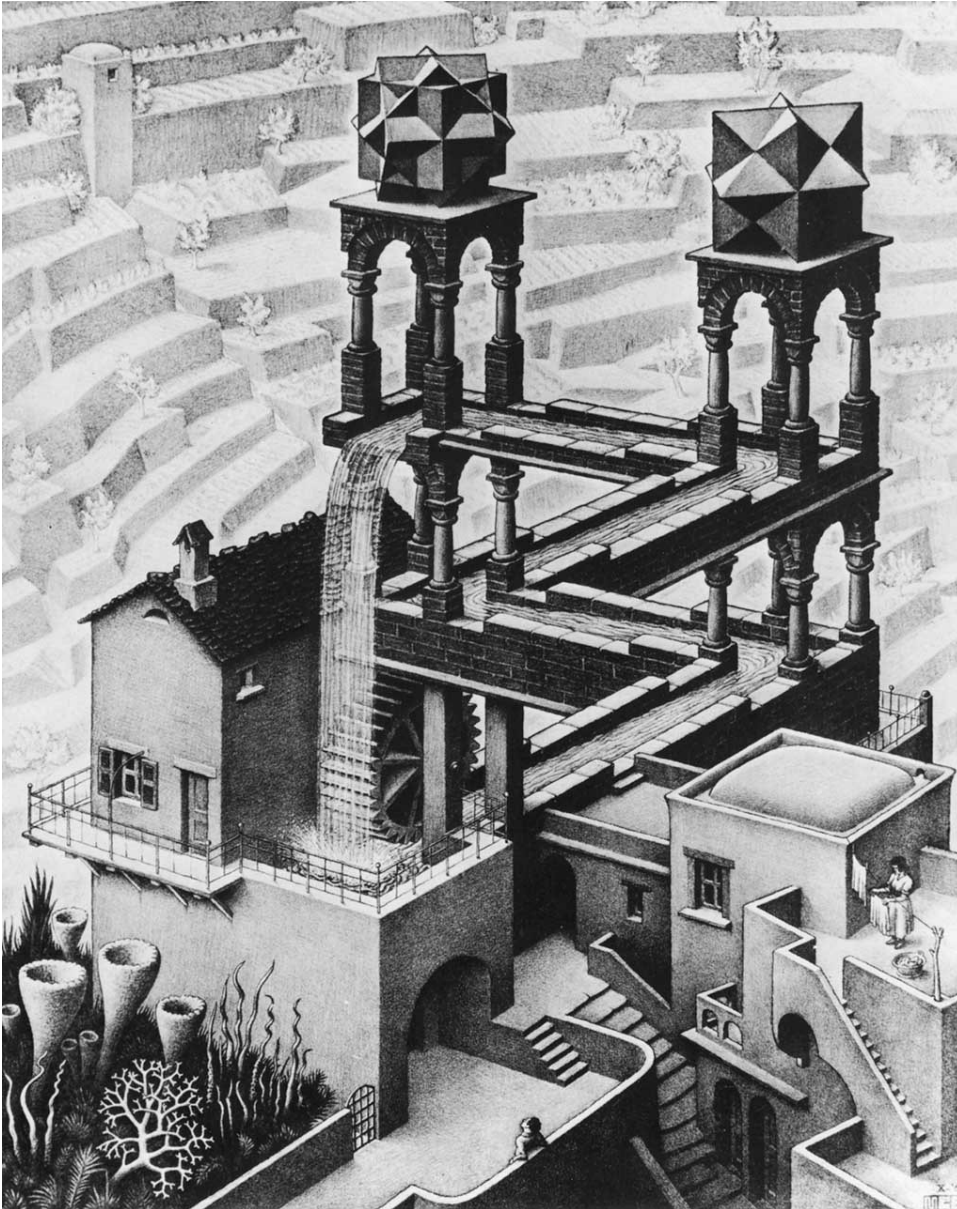


Lehetetlen tárgyak



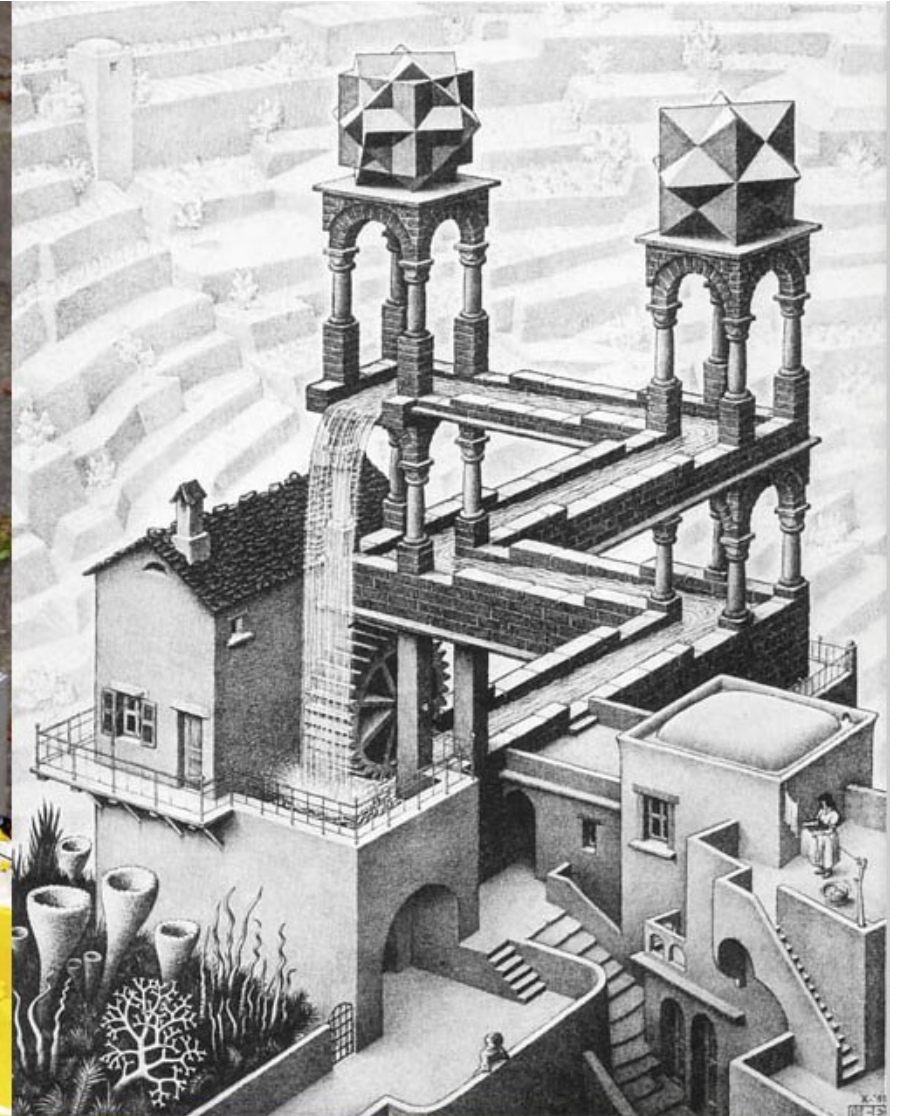
Penrose lépcső

Escher és a lehetetlen



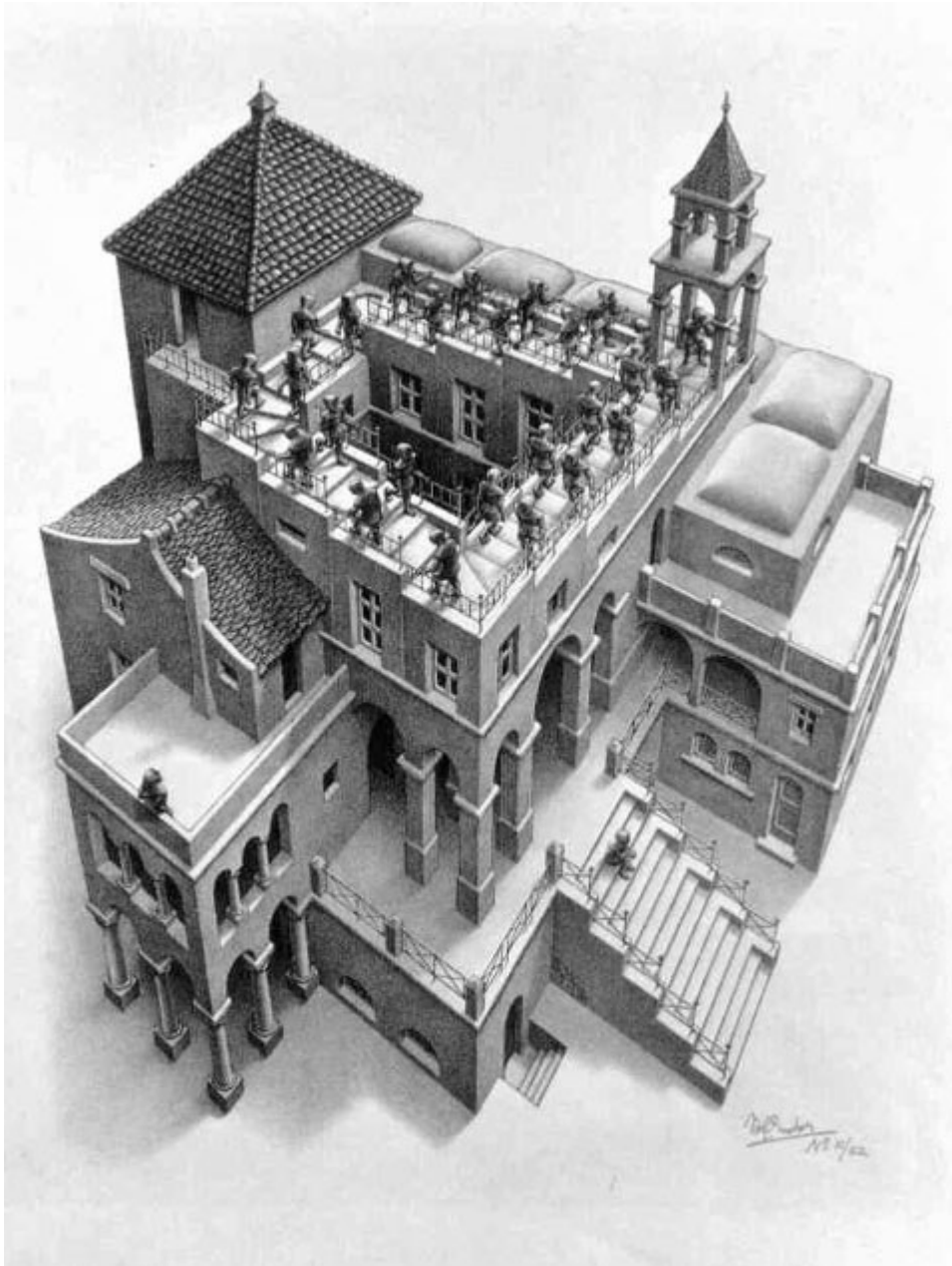
Waterfall (1961)

Escher és a lehetetlen



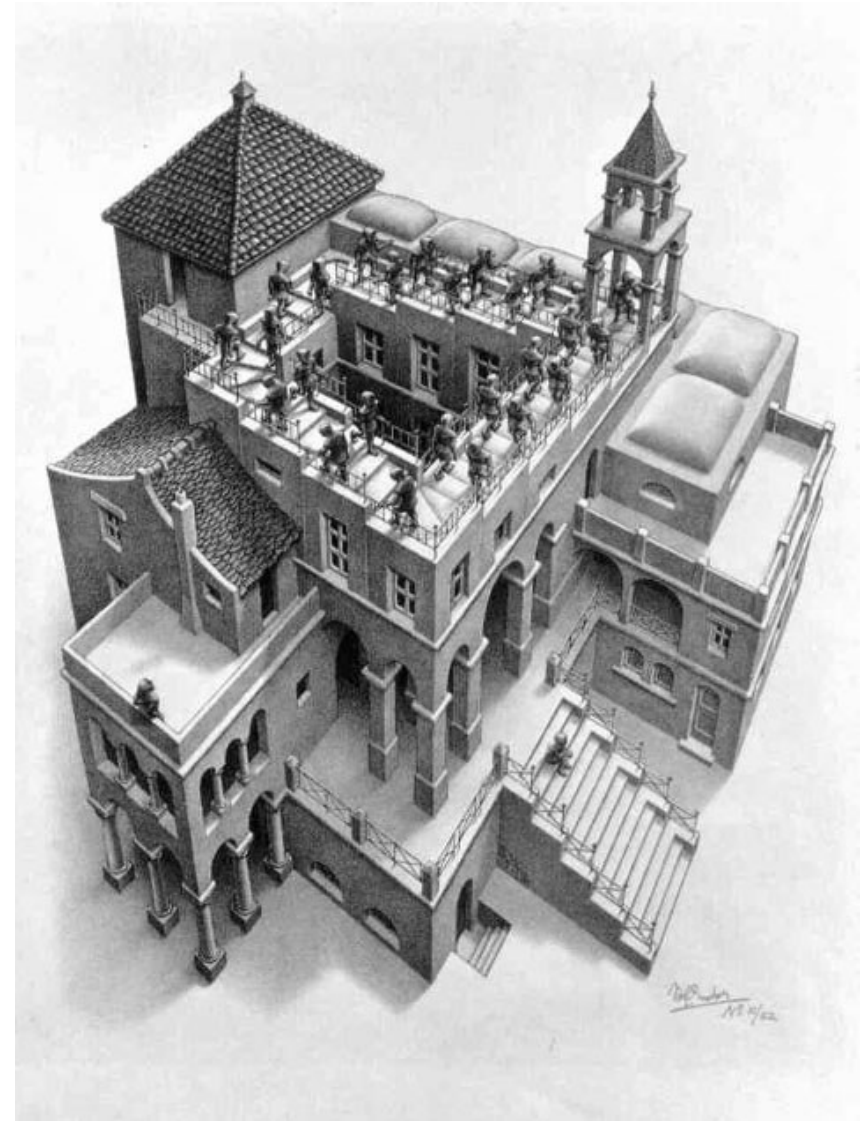
<http://www.andrewlipson.com/lego.htm>

Escher és a lehetetlen



Ascending and
Descending (1960)

Escher és a lehetetlen



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

Változó mintavételezési lépték

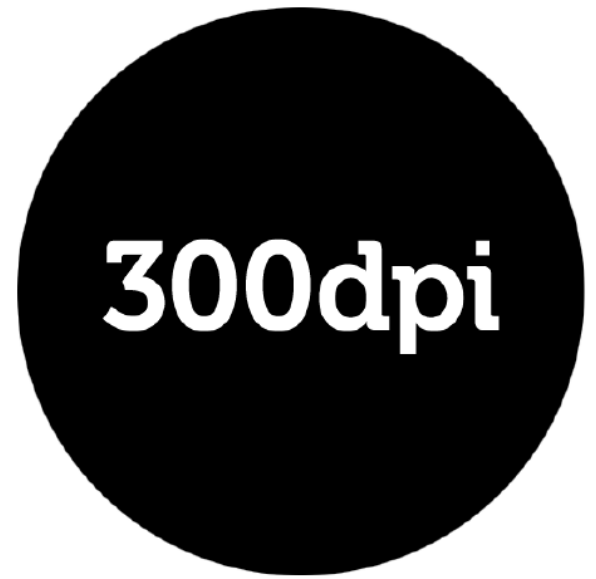


21 x 28



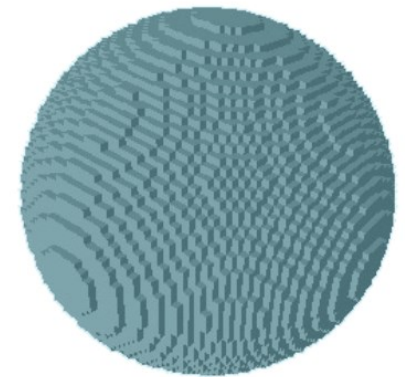
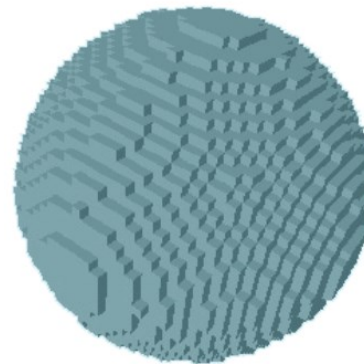
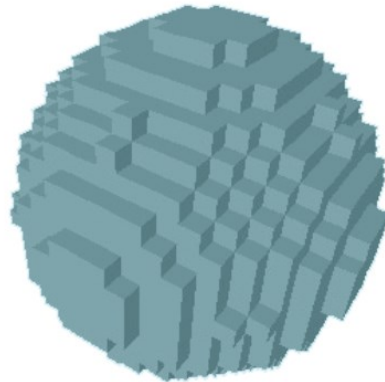
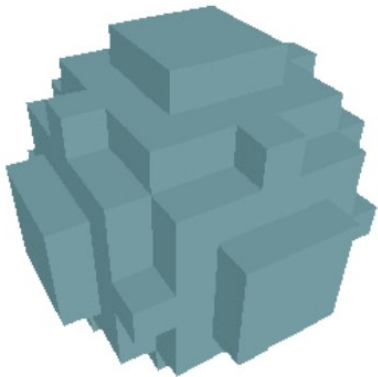
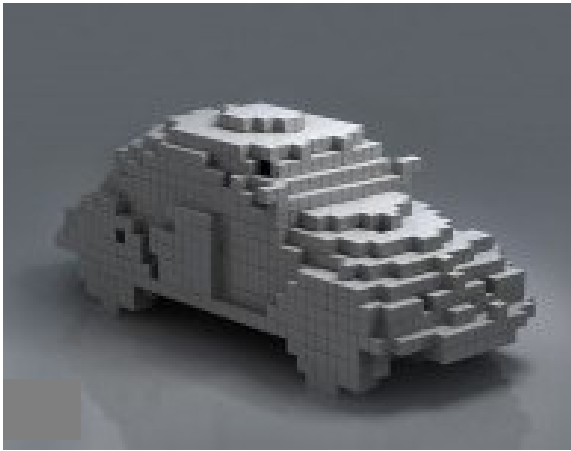
528 x 704

Változó mintavételezési lépték



dpi / DPI :dots per inch

Változó mintavételezési lépték



Változó mintavételezési lépték



1024



512



256



128



64

Változó mintavételezési lépték



forgalomszámláláshoz
alkalmas felbontás



rendszámfelismeréshez
alkalmas felbontás

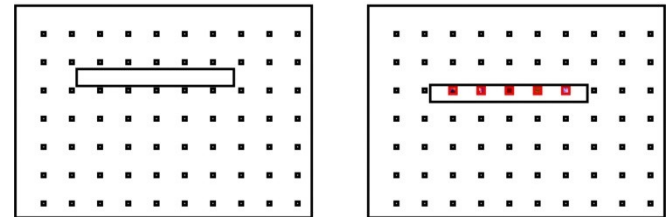
Nyomtatási felbontás

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

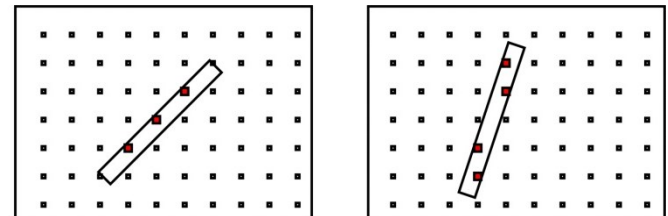
Mintavételezési hiba

Ha „durva” a mintavételezés, akkor:

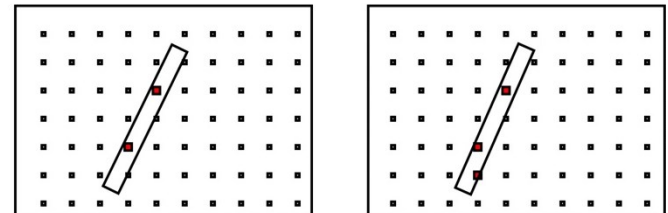
– a kis objektumok eltűnhetnek,



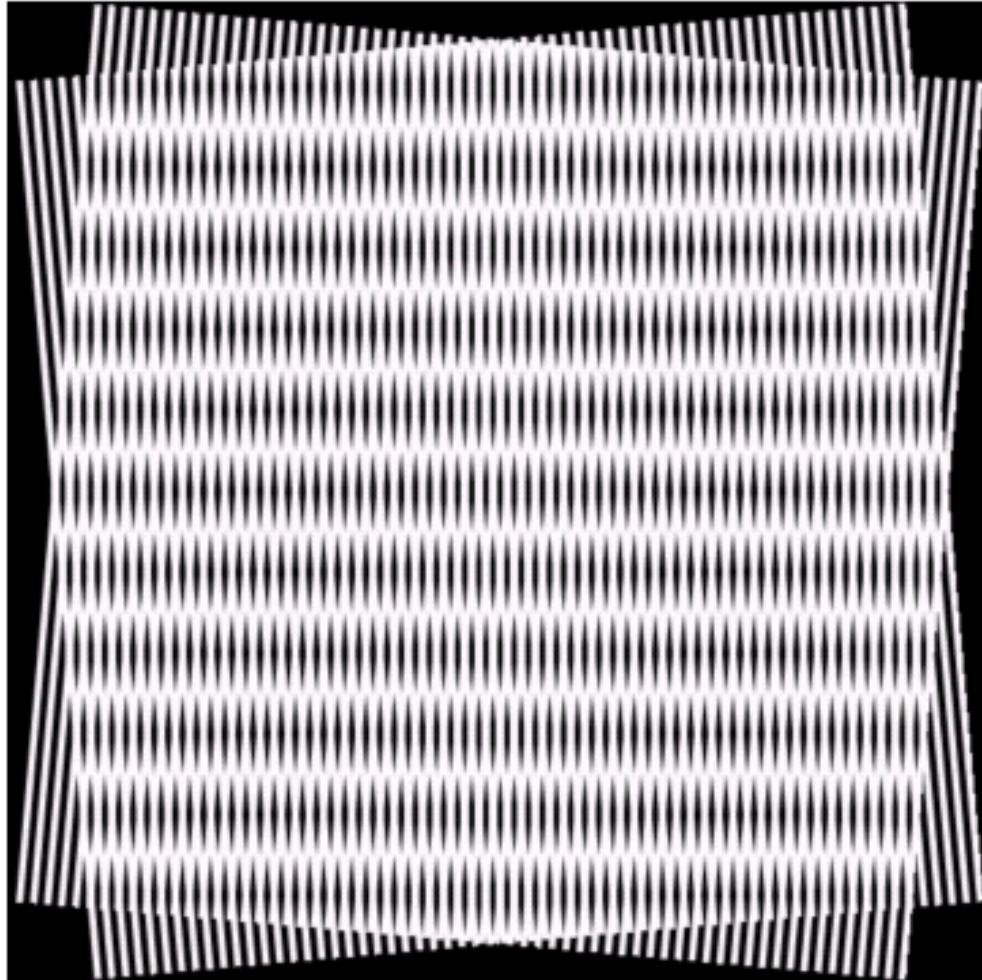
– hosszú, vékony objektumok széttöredezhettek,



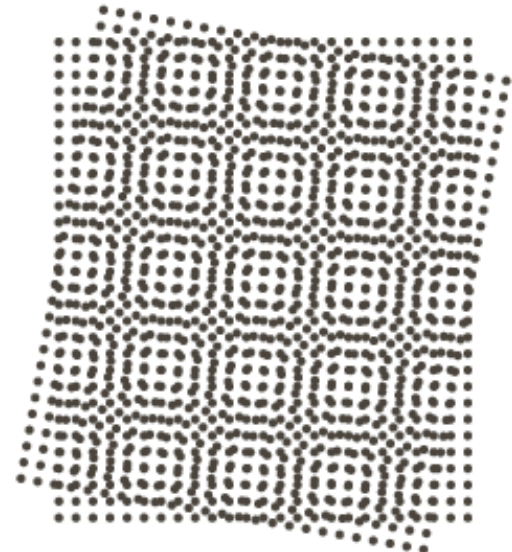
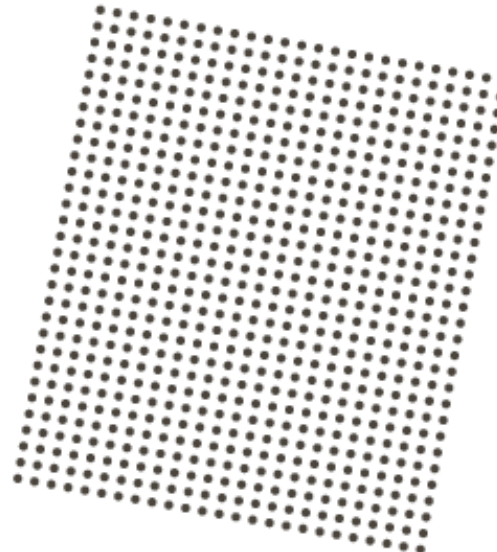
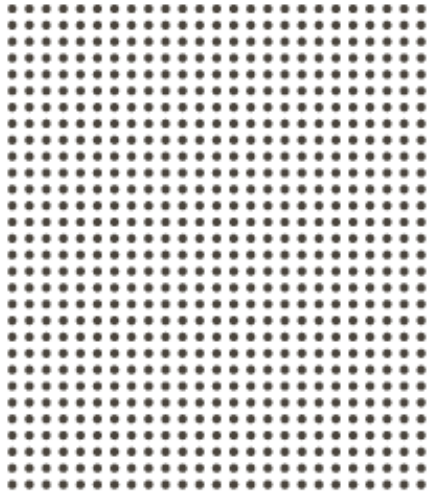
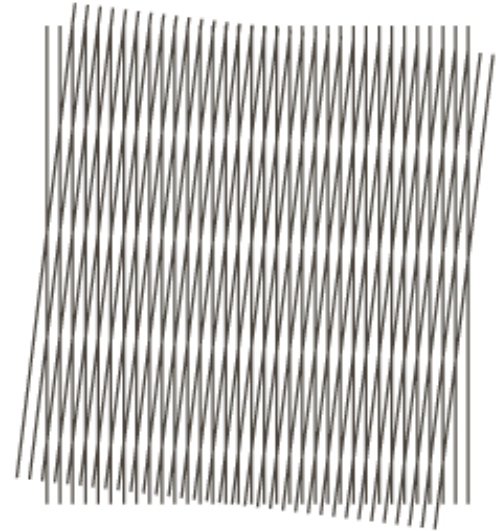
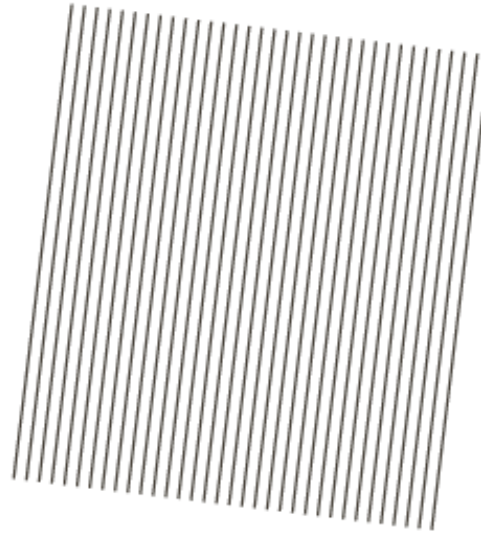
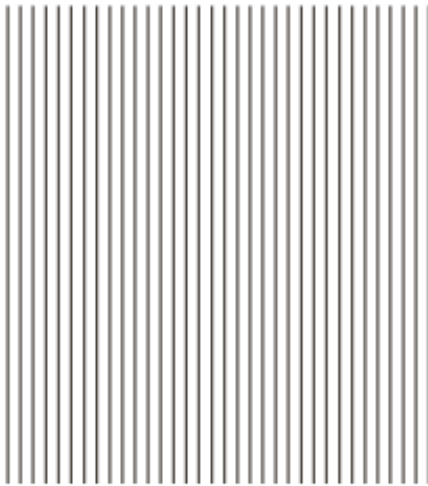
– hamis kontúrok léphetnek fel.



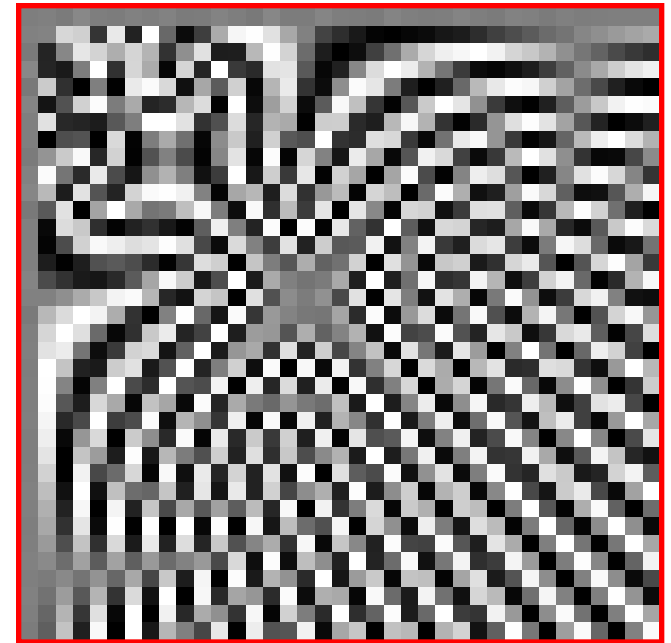
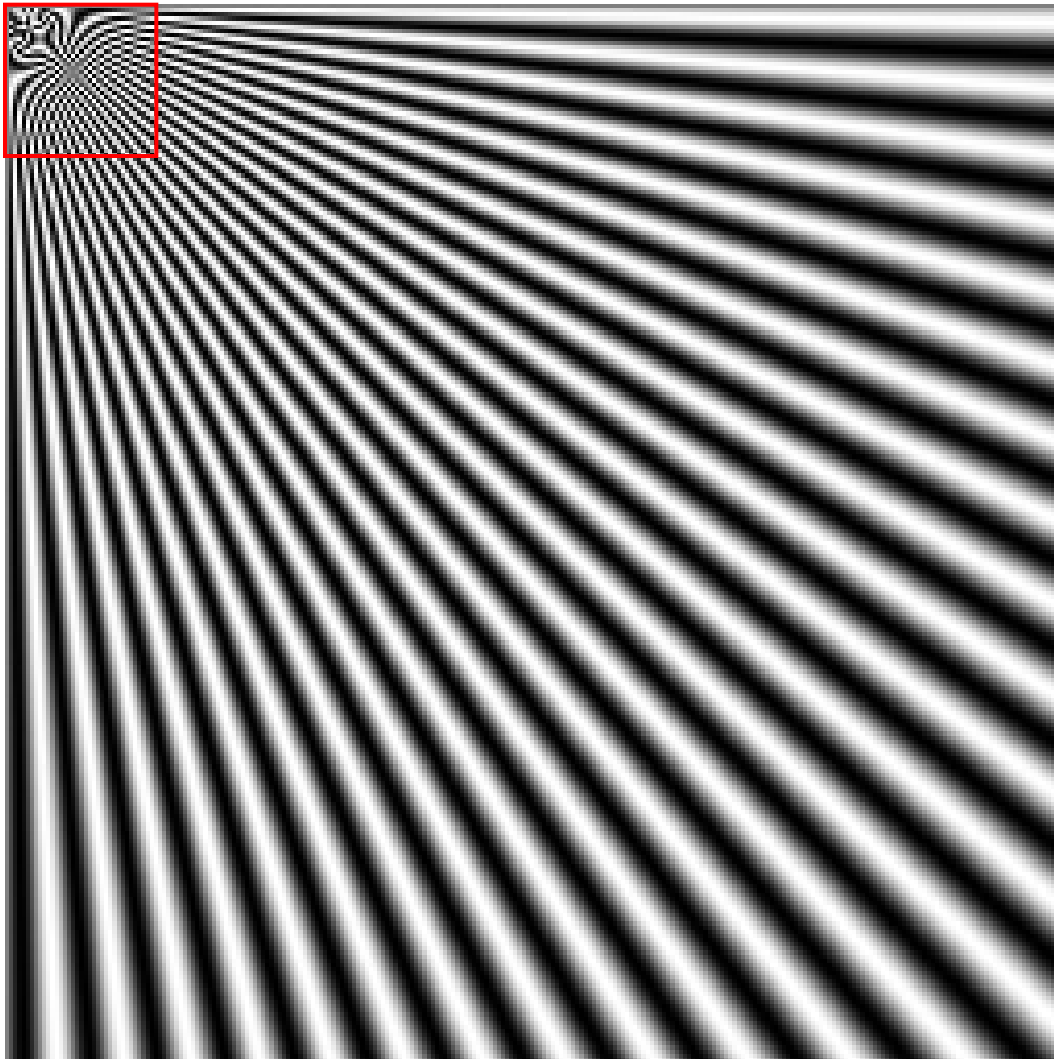
Moiré-minta effektus



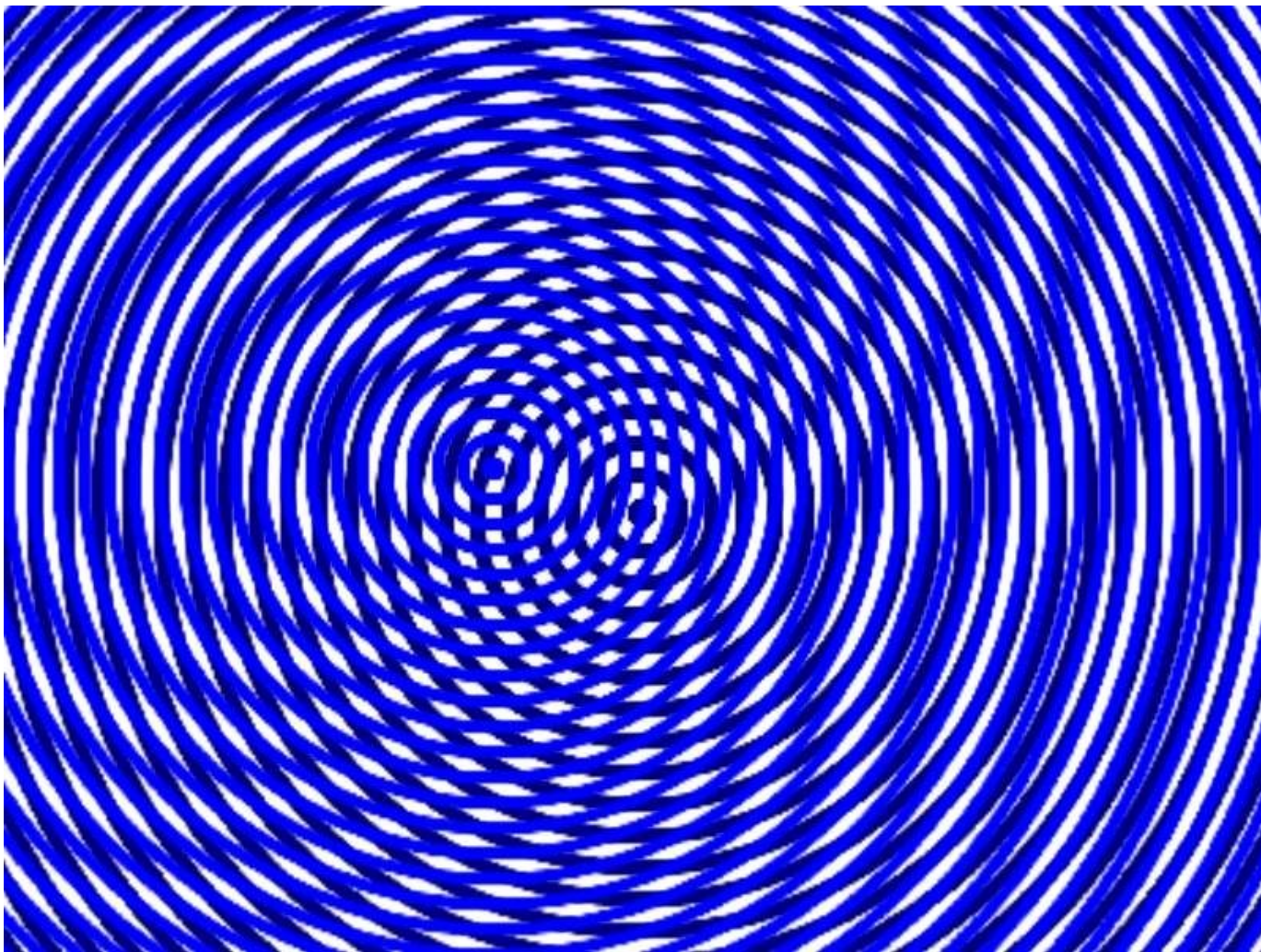
Moiré-minta effektus



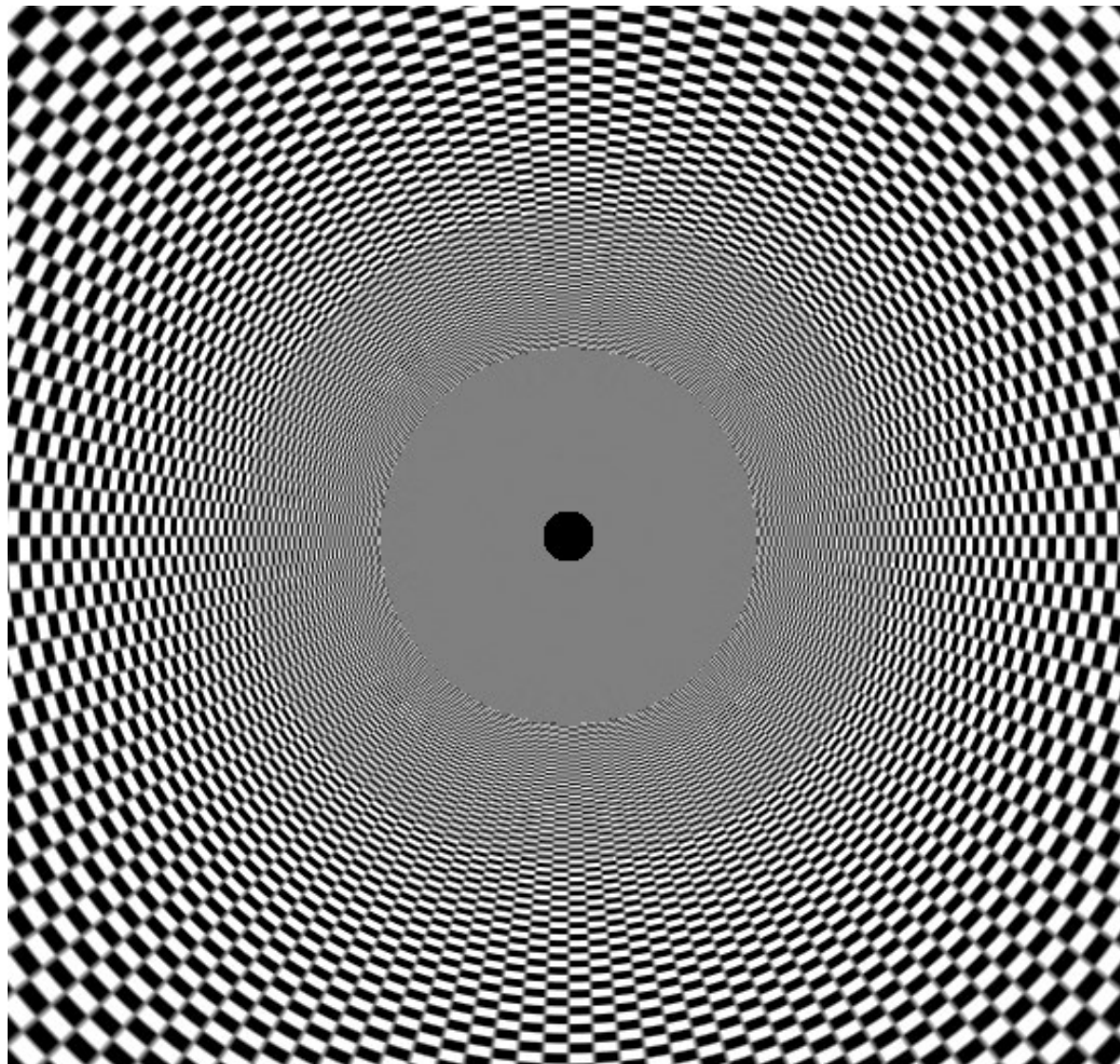
Moire-minta effektus



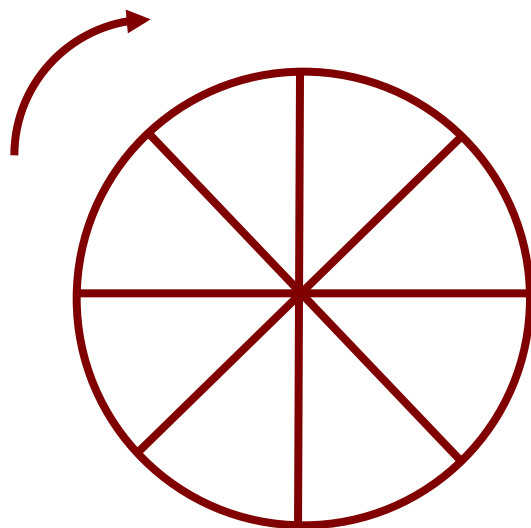
Moire-minta effektus



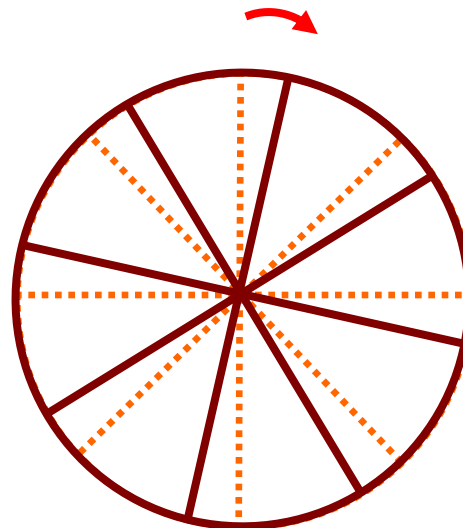
Moire-minta effektus



Időbeli mintavételezési hiba



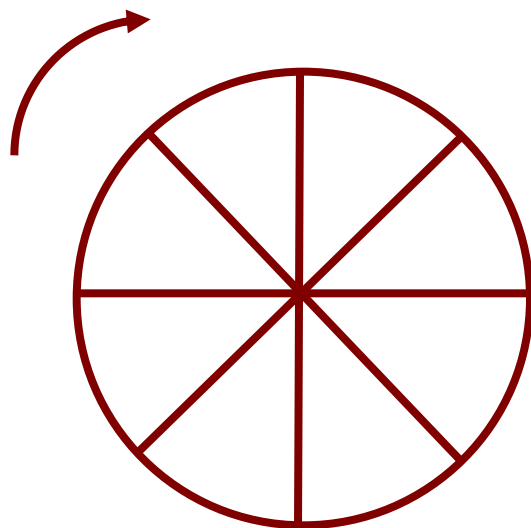
frame 1



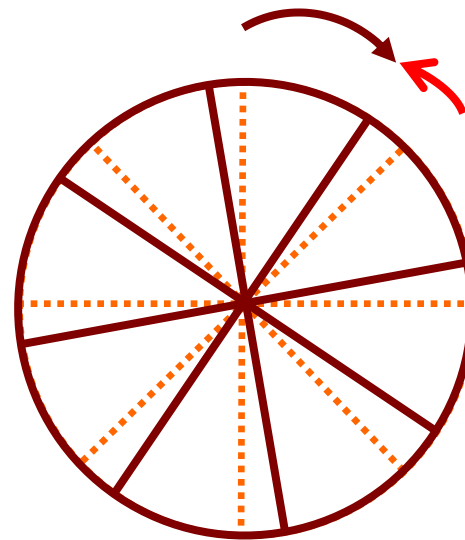
frame 2

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

Időbeli mintavételezési hiba



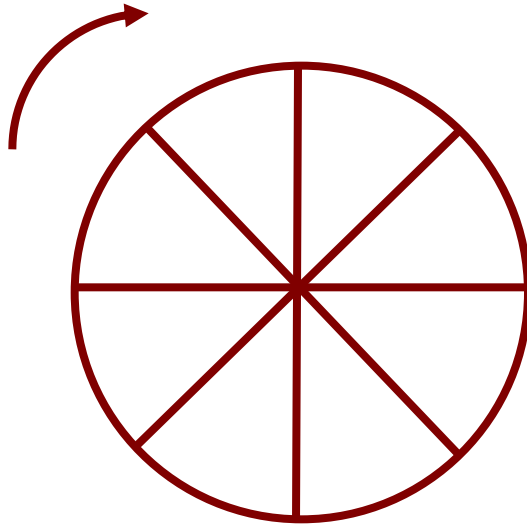
frame 1



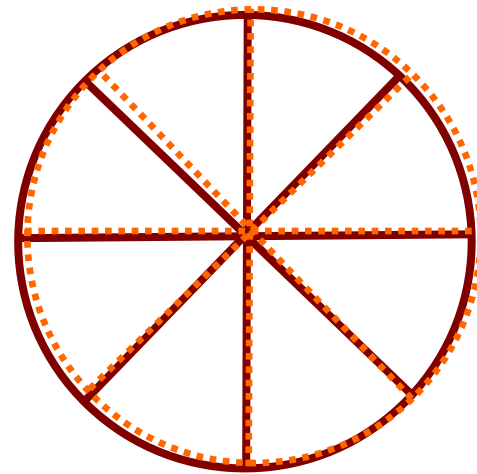
frame 2

Ha két frame között a 8-küllős 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



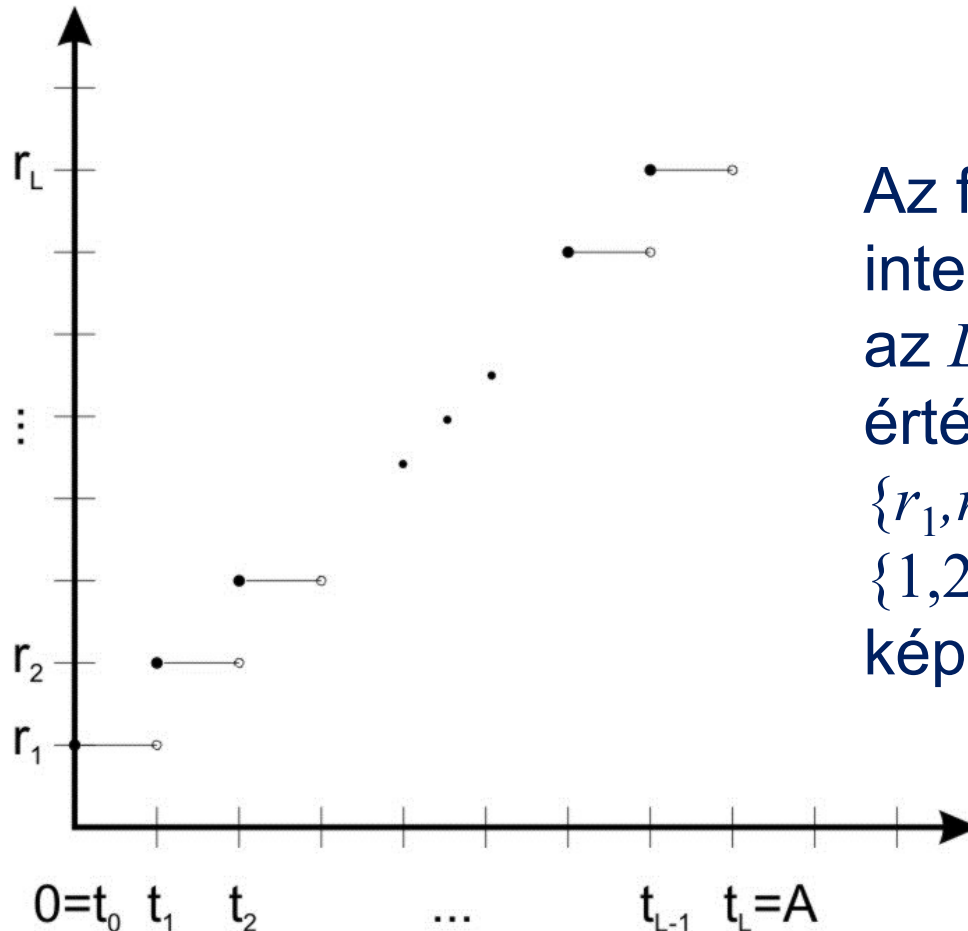
frame 1



frame 2

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

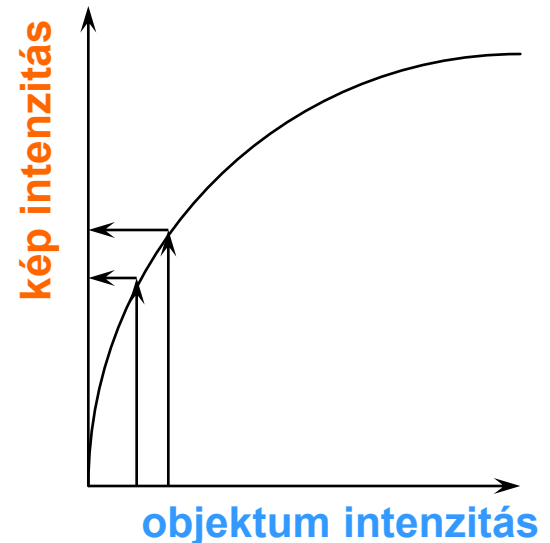
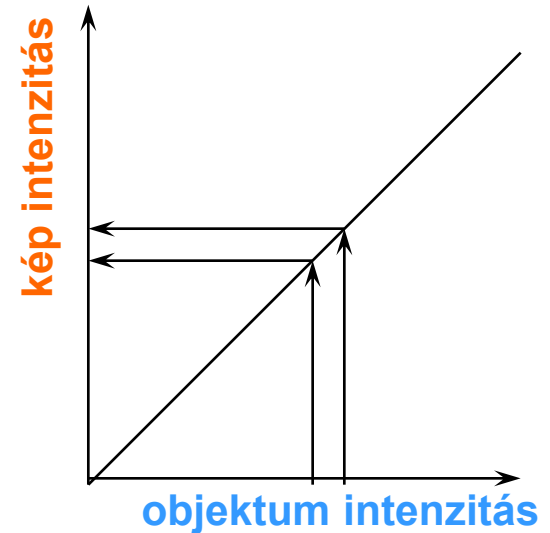
Kvantálás



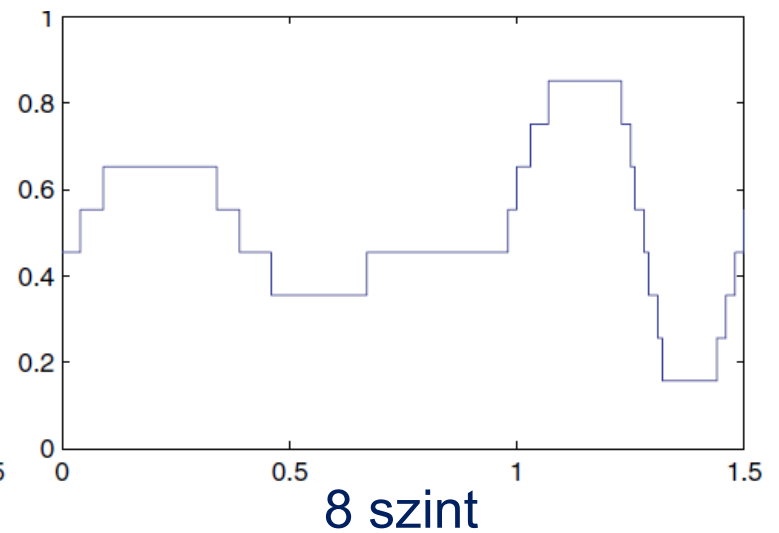
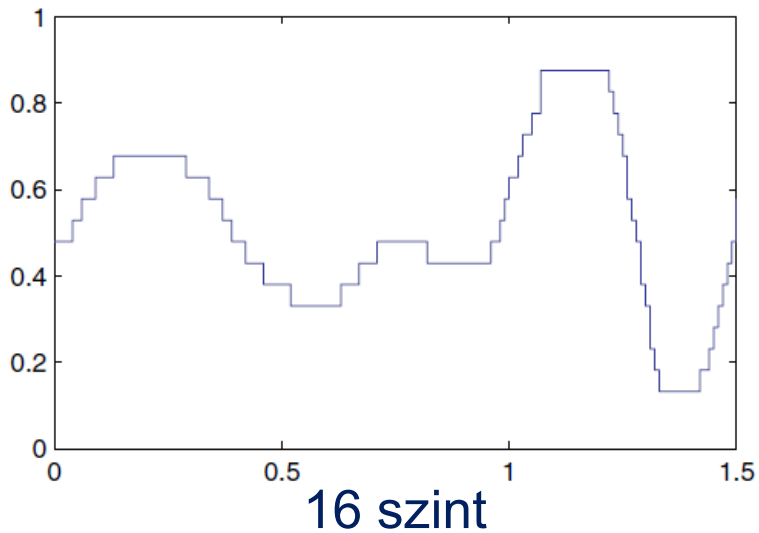
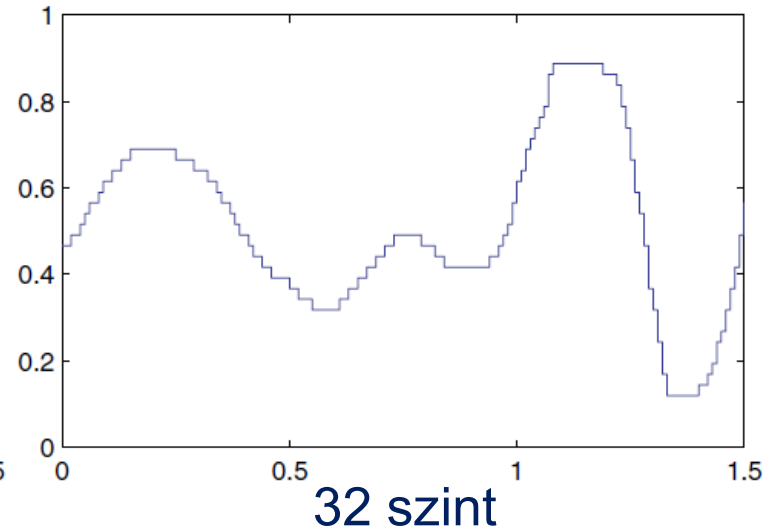
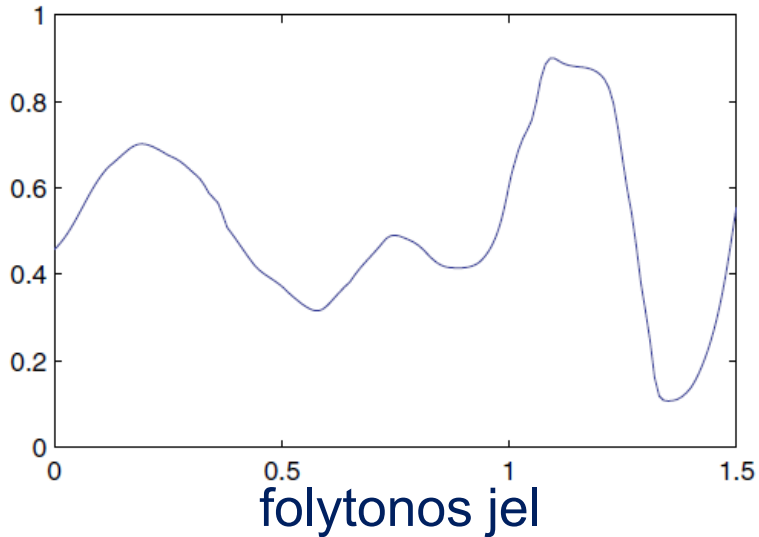
Az folytonos kép $[0, A]$ intenzitástartományát az L -elemű, diszkrét értékekből álló $\{r_1, r_2, \dots, r_L\}$ (pl. a $\{1, 2, \dots, L\}$) halmazra képezzük le.

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



256 szint



32 szint



16 szint



8 szint



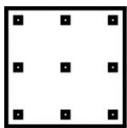
4 szint



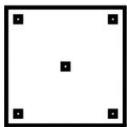
2 szint

Kvantálás bináris képekre

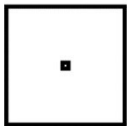
A féltónusos (*halftone*) képeken az adott területre eső fekete és fehér pontok aránya kelti a változó szürkeségérzetet a szemben.



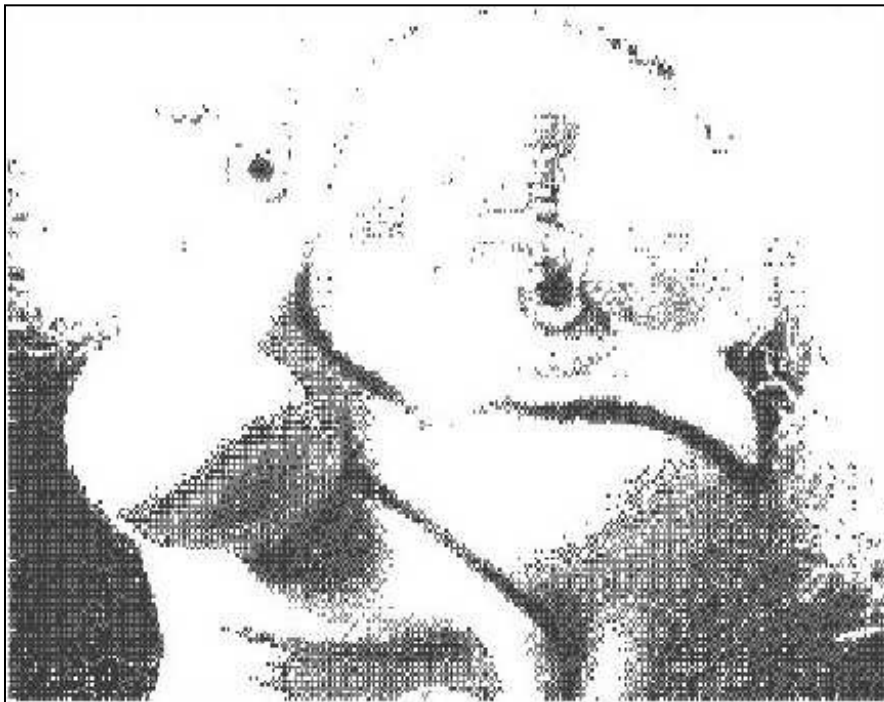
fekete



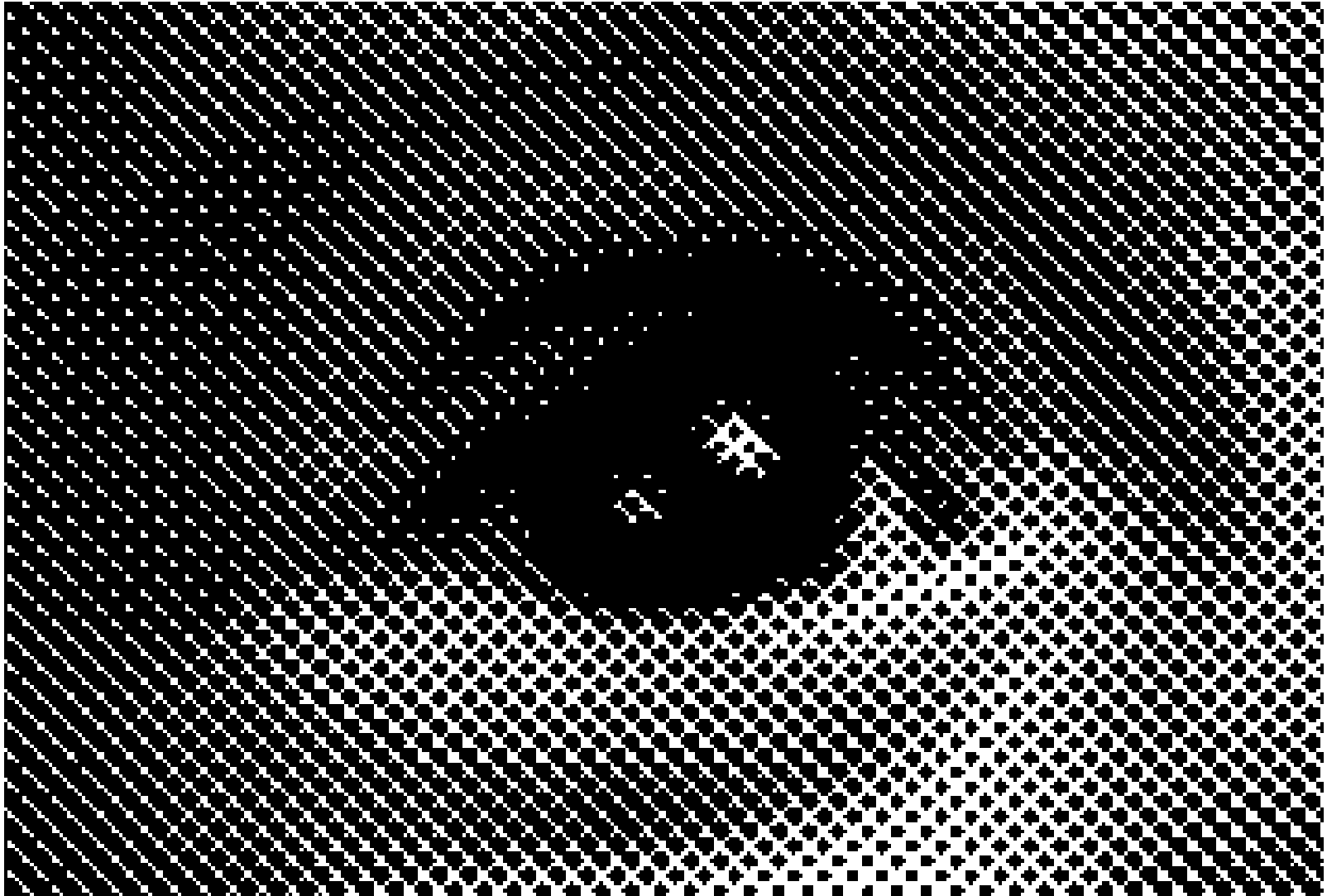
szürke



fehér



Halftone képek



A kvantálás mint klaszterezés



eredeti színtér



kvantált értékek a
klaszterközpontok

A kvantálás alaptípusai

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

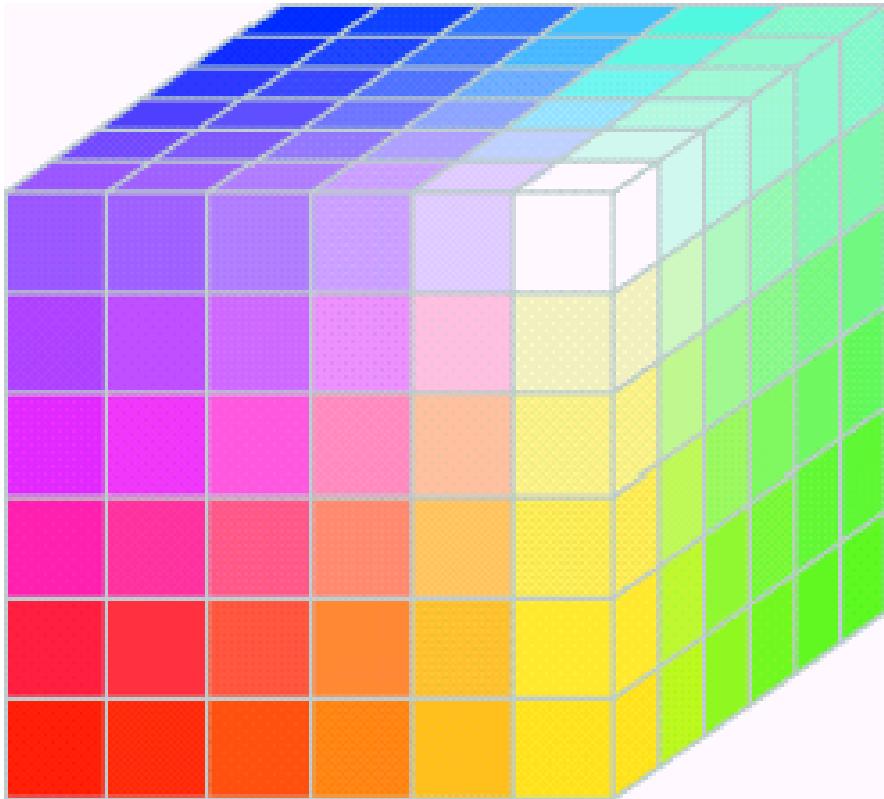
Uniform (képfüggetlen):

az eredeti színteret egyforma méretű régiókra bontjuk.

Nem uniform (képfüggő):

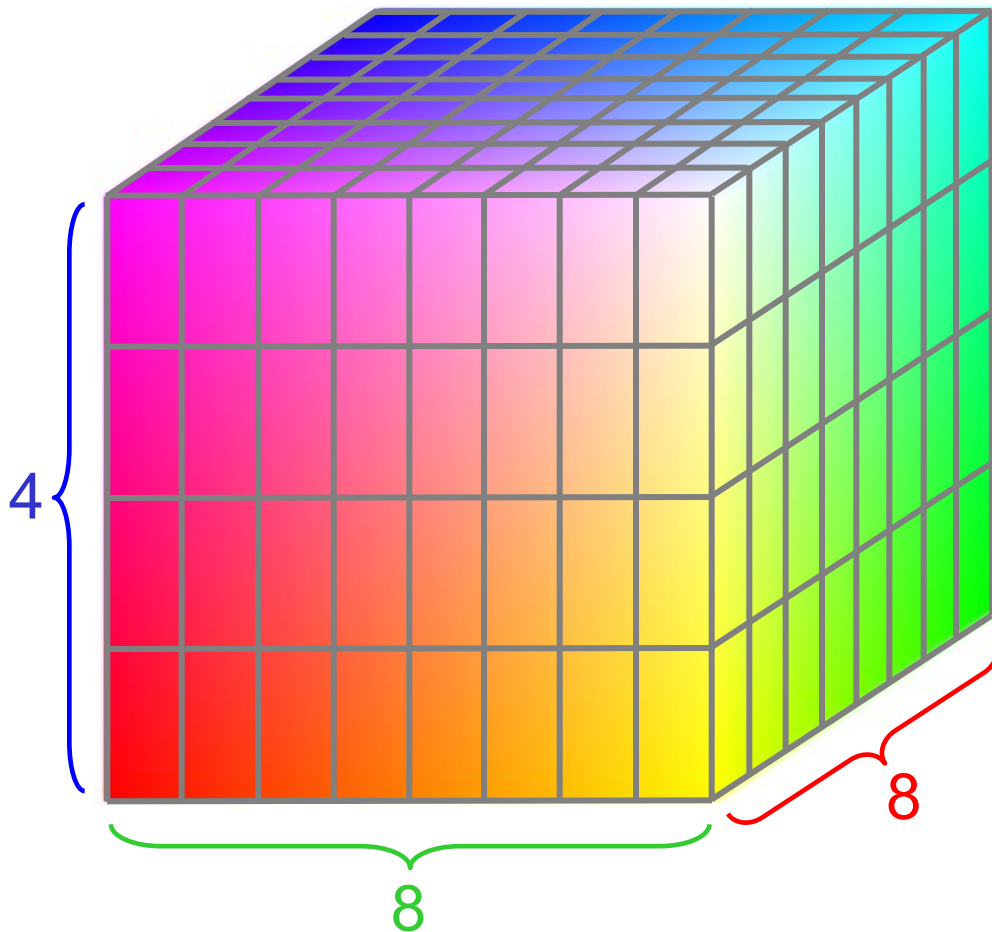
az eredeti színtér felosztása függ a színek eloszlásától az adott képen.

Uniform kvantálás – példa



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

Uniform kvantálás – példa



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



Uniform kvantálás – példa

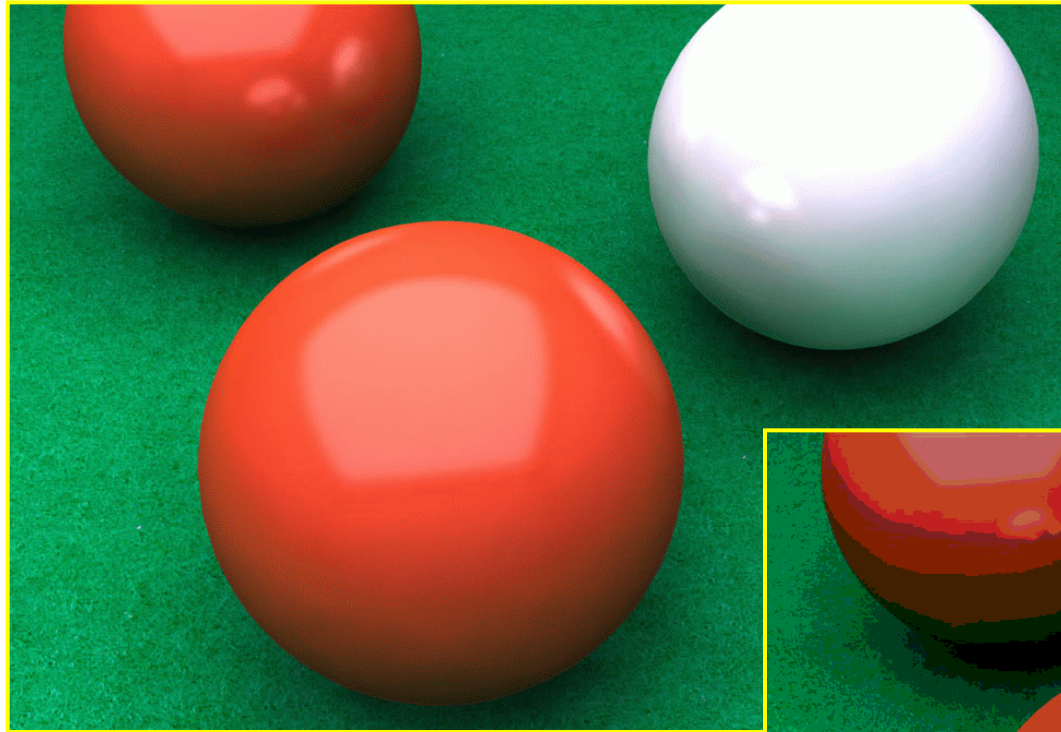


true-color

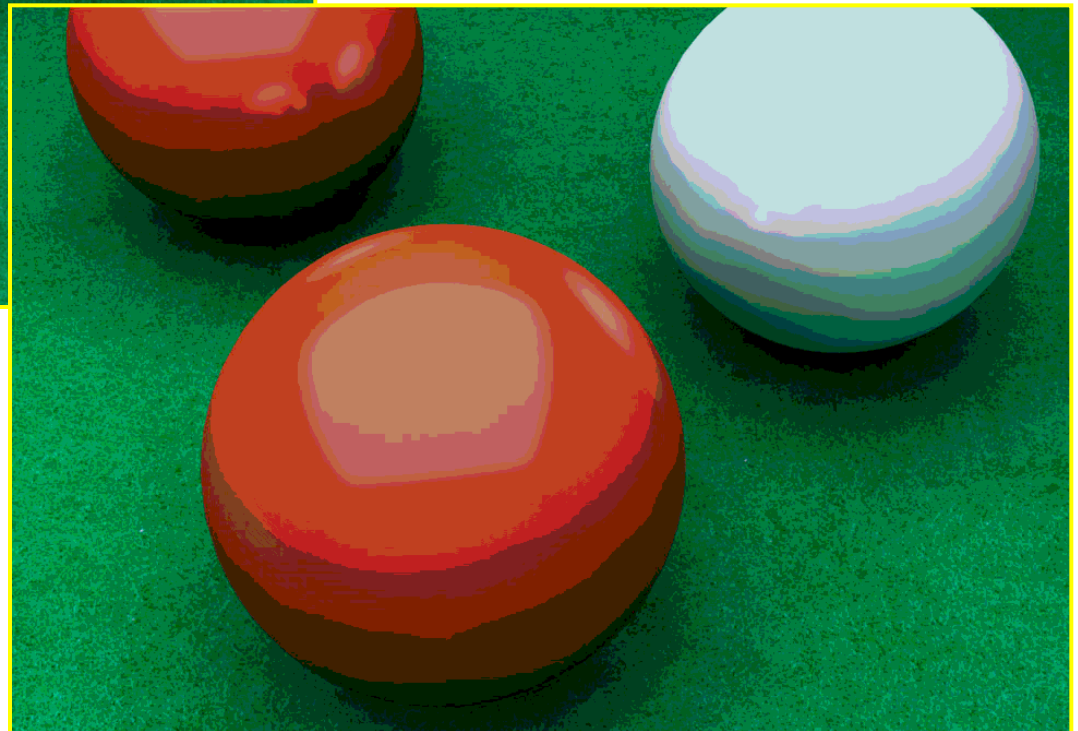
3-3-2



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.

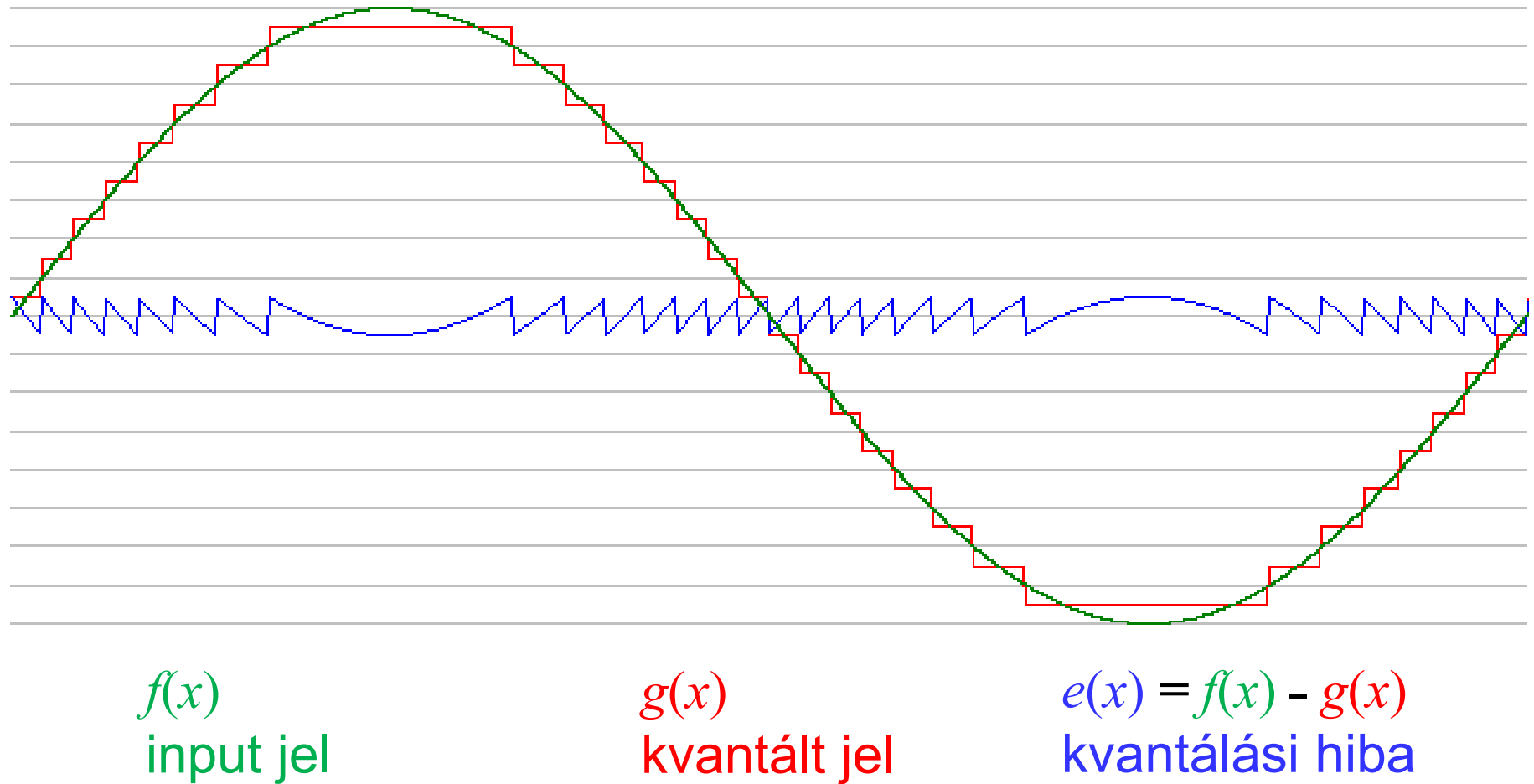
Uniform $\leftrightarrow$ nem uniform



← eredeti true-color
uniform (8-szín)
nem uniform (8-szín)



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

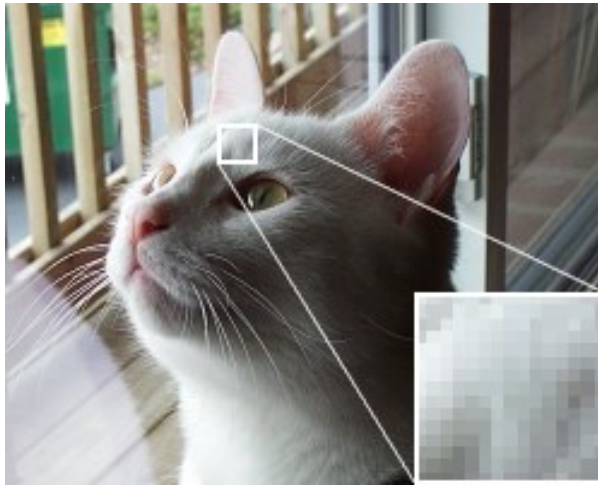


16-árnyalatú
kép

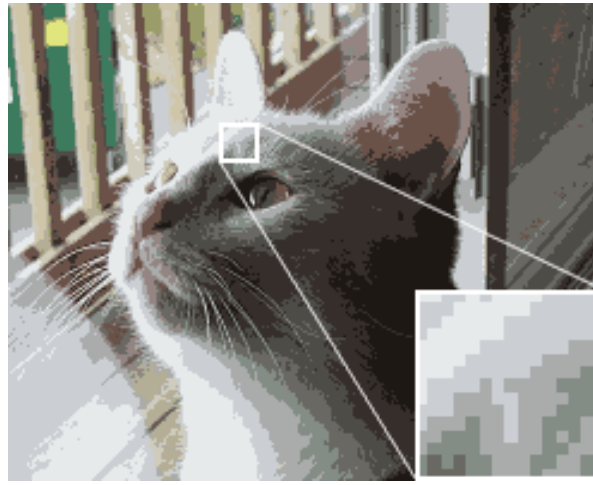


16-árnyalatú
kép + zaj

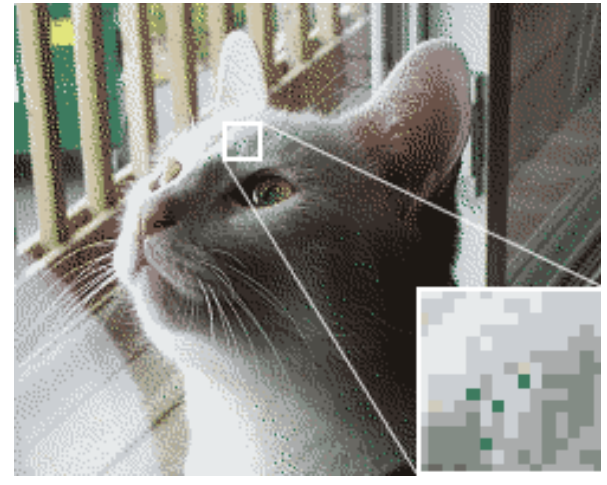
Kvantálási hiba csökkentése



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)

