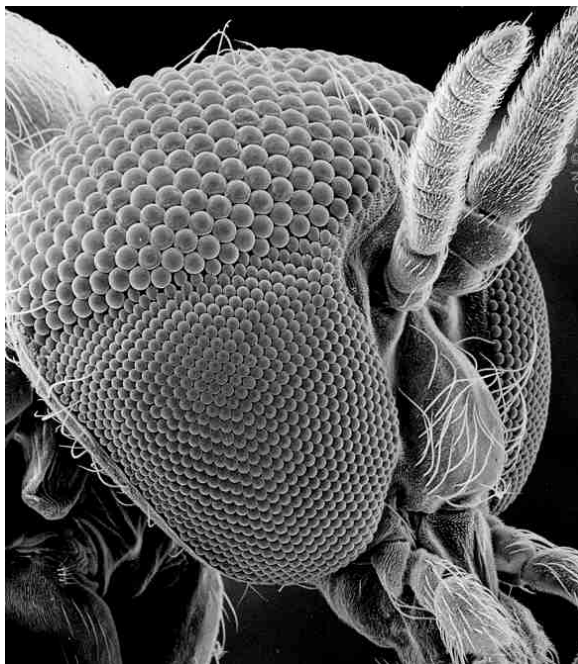


BME Építész-mérnöki Kar
Építészeti Ábrázolás Tanszék

Előadó: Batta Imre

Mintavétel elmélete



Mintavétel és kvantálás

- Elve & paraméterei

 - Felbontás mértékegységei

 - Színmélység mértékegységei

Mintavételezési és kvantálási hibák

- Elnevezése: alias

- Javítása

 - Előszűréssel

 - Felbontás növelésével

 - Zaj hozzáadásával

Adatcsere képfájl formátumok

- Szolgáltatások

- Tömörítési módok

- Formátumok

 - Gif

 - Png

 - Tiff

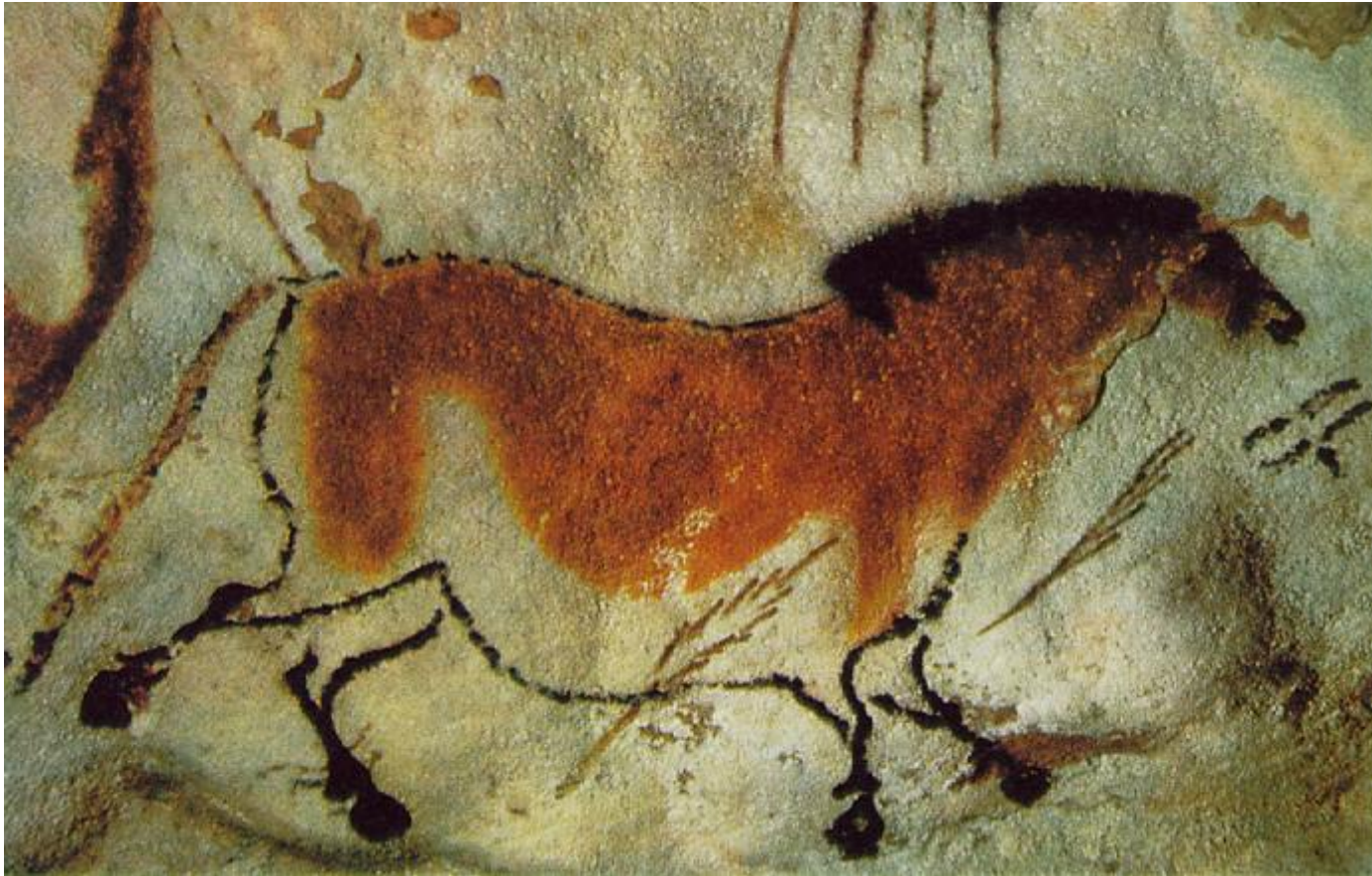
 - Jpeg

CMY rendszerek

- Kivonó színkeverés

- K szín

- Diterálás



A valóság folytonos*, – a kép diszkrét!

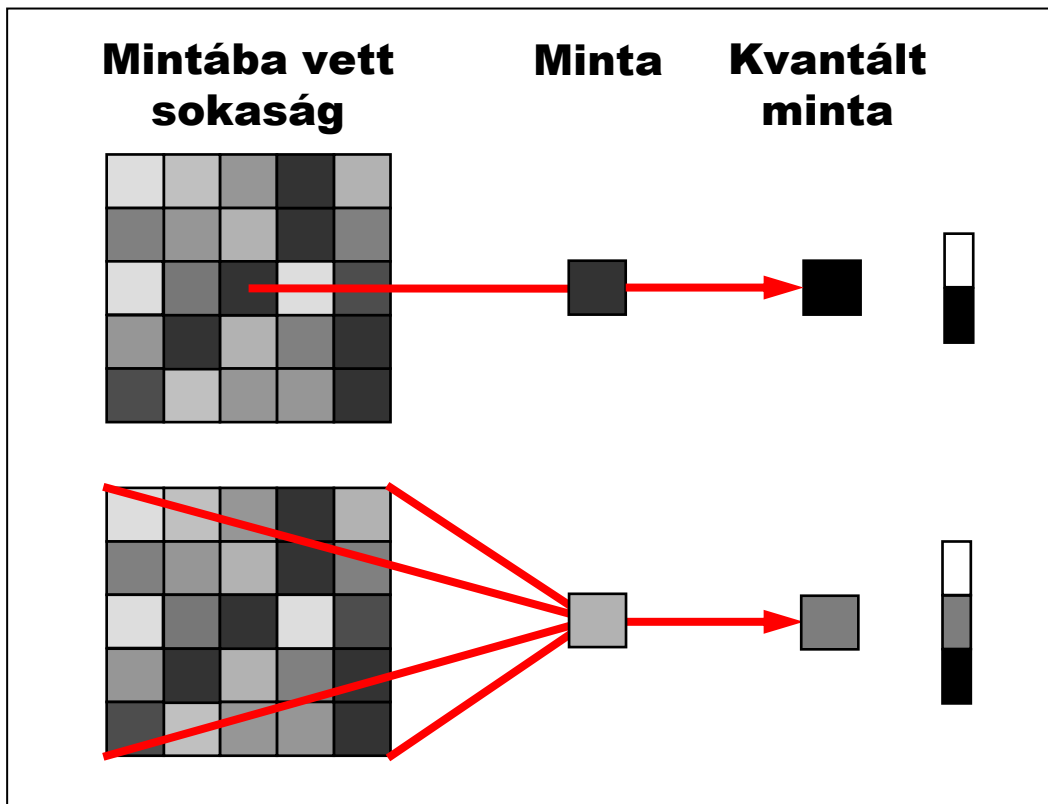
** 1.6×10^{-35} m Planck féle hosszúság felett !*

Pixel = képelem (picture element)

- **nem kis négyzet vagy kör,**
- **nincs kiterjedése,**
- **nincs területe,**
- **helyét koordináták határozzák meg,**
- **de a képelemek közötti távolságot a megjelenítő eszköz számára külön kell megadni,**
- **több mint pont,**

a pixel minta,

szín és/vagy világosság információ.



Mintavétel

1. térben, és

2. időben.

Kvantálás

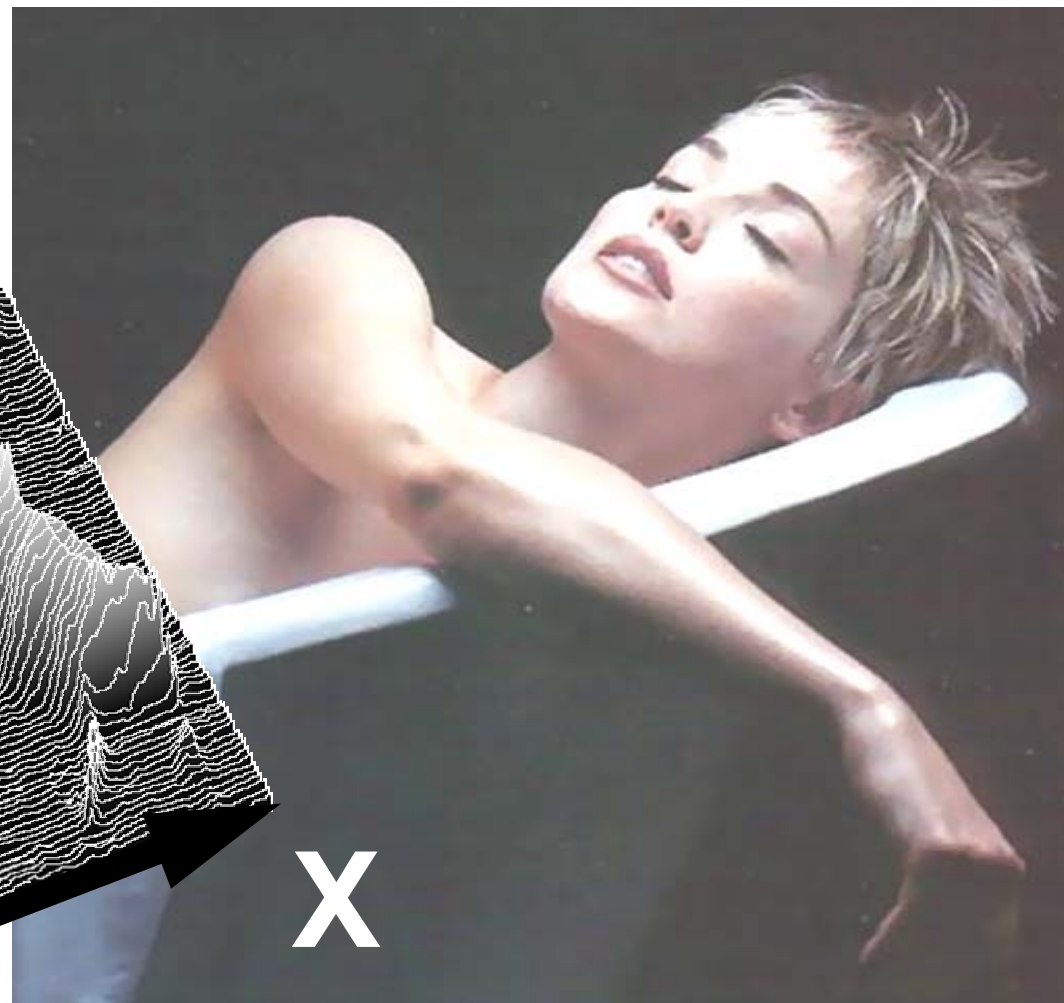
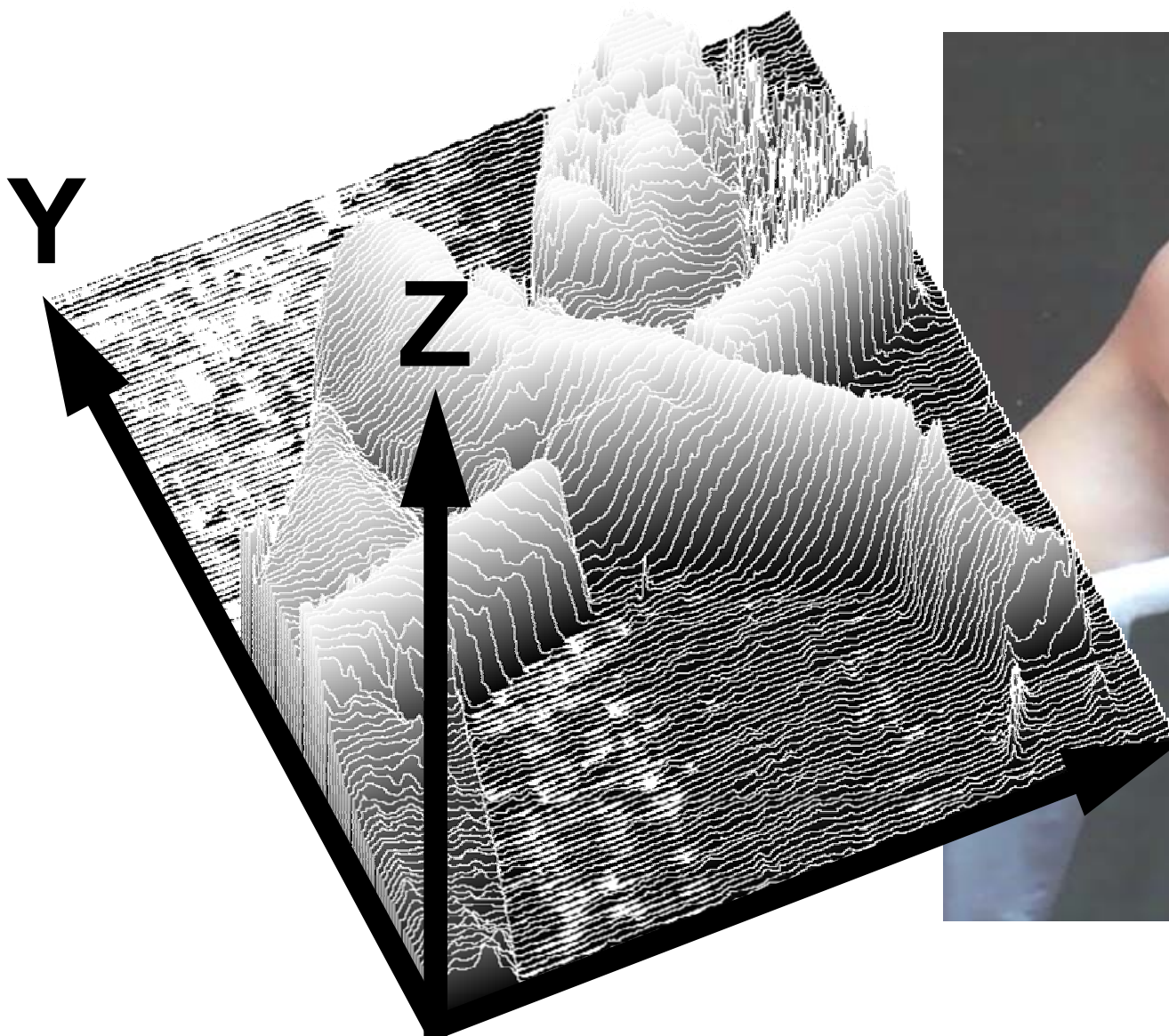
3. mélységben.

A mintavételi gyakoriság (felbontás) és a kvantálási pontosság (kerekítés) szükséges mértéke a látvány részletességétől függ!

6

Pixel paraméterei

felbontás és színmélység.



Felbontás (Resolution): minta / terület

Egységnyi területen létrehozható, (rögzíthető, megjeleníthető, nyomtatható stb.) képelemek száma.

Mértékegységei változó képméretnél:

Sample / inch (minta / hüvelyk) – szkennerek

Dot / inch (pont / hüvelyk) – tintasugaras nyomtató

Line / inch (vonal / hüvelyk) – nyomdai nyomtatás

LinePair / inch (vonalpár / hüvelyk) – nyomdai nyomtatás

Mértékegységei állandó képméretnél:

Pixel × pixel – képernyő, digitális kamera chip stb.

(videó memóriához igazodó értékek: 320×200, 640×480, 1024×768, 1280×960, 1600×1200 stb.)

Színmélység (Color Mode, Color Depth) a szín mintavételezés (kvantálás) pontossága, mértéke a sz.gép memóriához igazodik:

2^1 1 bit – 2 szín (pl. fekete-fehér).

2^8 8 bit (1 byte) – 256 szín- vagy világosság fokozat.

2^{24} 3×8 bit (3 byte) – 3 szín x 256 fokozat (16.7 millió szín).

2^{48} 3×16 bit (4 byte) – 3 x 65 ezer fokozat.*

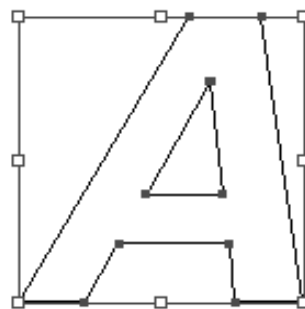
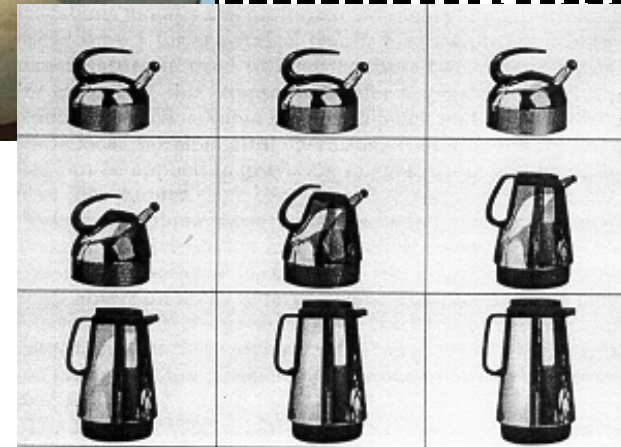
1, 8, 16 bit alfa csatorna – (1, 256, 65000 átlátszóság fokozat).

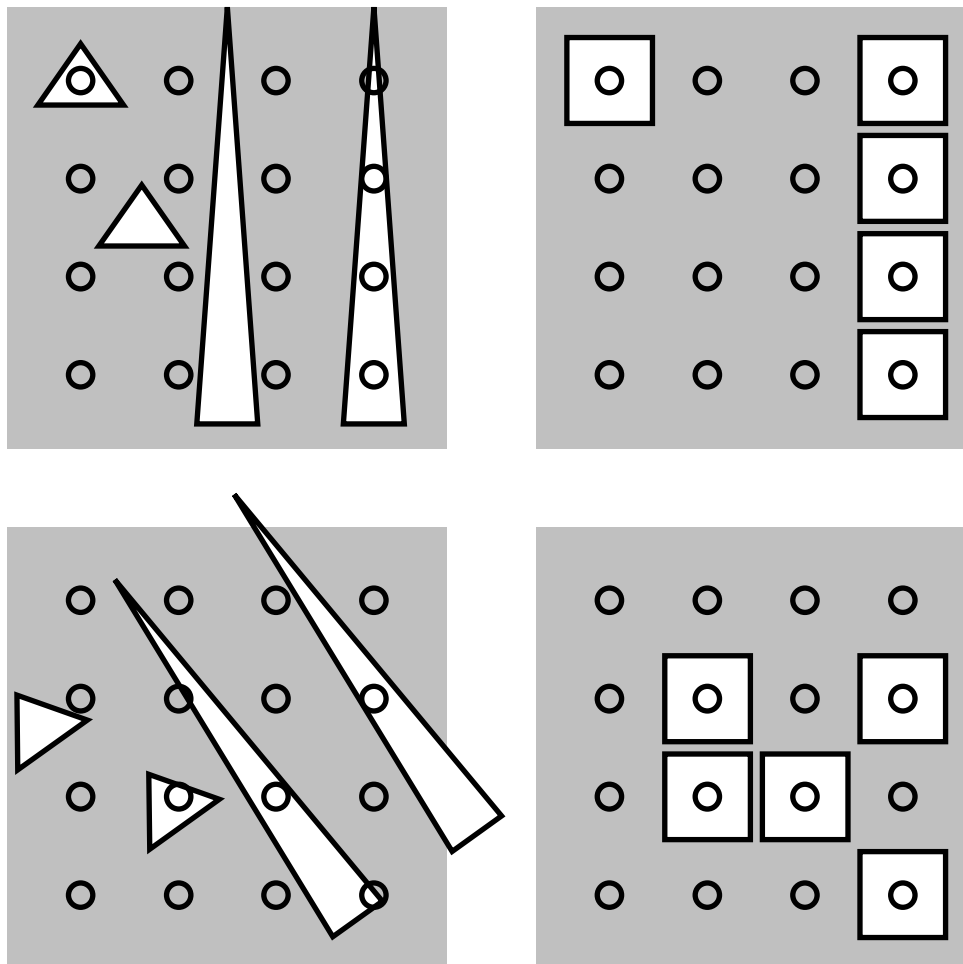
Mintavételezés (Sampling):

- digitális fénykép, szkennelés
- rendering (3D geometria árnyalt megjelenítése),
- raszterizálás (vektoros alakzatok, pl. betűk),
- nyomtatás (féltónus ill. ditheráló cellák mintázata)

Újra-mintavételezés (Resampling):

- pixelkép nagyítása-kicsinyítése,
- pixelkép elforgatása,
- pixelkép torzítása (Warp, Morf)
- pixelkép nyomtatása,





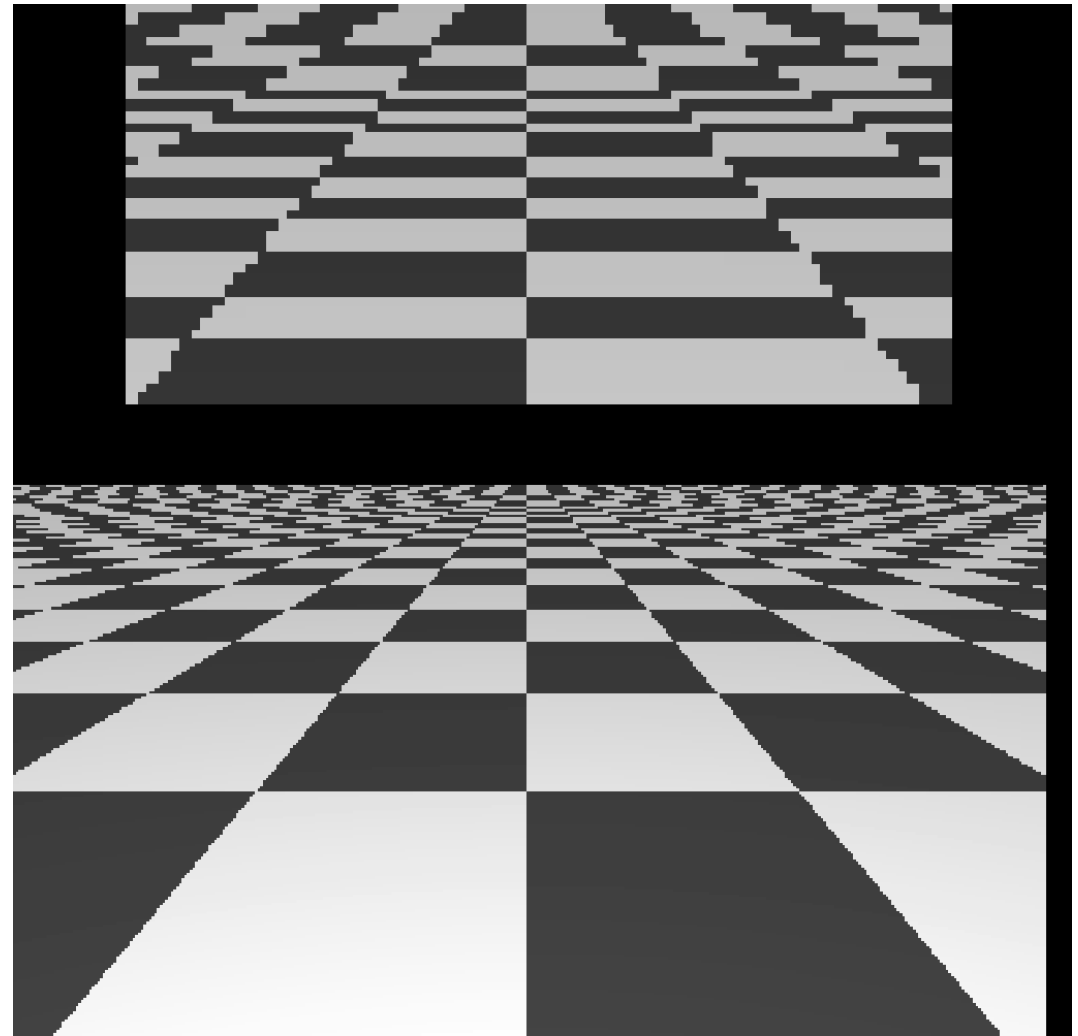
Mintavételezési hibák elégtelen mintavételi gyakoriság (alacsony felbontás) esetén.

Az elégtelen mintavételi gyakoriság az un. alias típusú képhibákhoz vezet:

- fogazottság,
- moaré,
- hibás képpontok (artefacts).

Megoldások:

- növelni a mintavételi gyakoriságot, vagy
- csökkenteni a látvány részletességét, vagy
- zajjal elfedni a képhibákat.



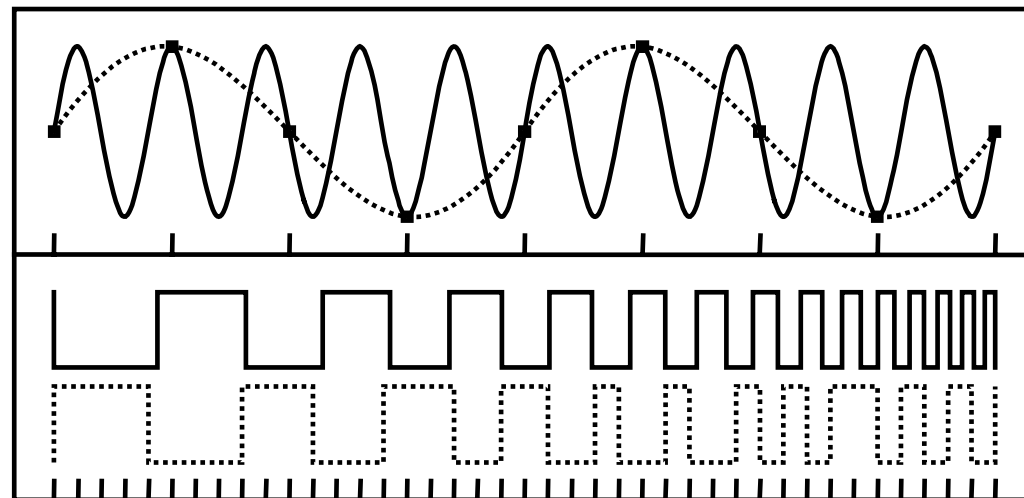
Alias jelenség

Analóg jel mintavételezése akkor megfelelő, ha a mintavételi gyakoriság (frekvencia) legalább kétszerese a jelben előforduló legmagasabb frekvenciának.

Ha a mintavételi frekvencia ennél alacsonyabb, a rekonstruált jelben a magas frekvenciák „álruhában” (*alias* latinul álruha, álarc), alacsony frekvencián jelennek meg.

Nyquist küszöb = $f_{max}/2$

Frekvencia: periódikusan ismétlődő esemény, pl. hullám gyakorisága időegység alatt.



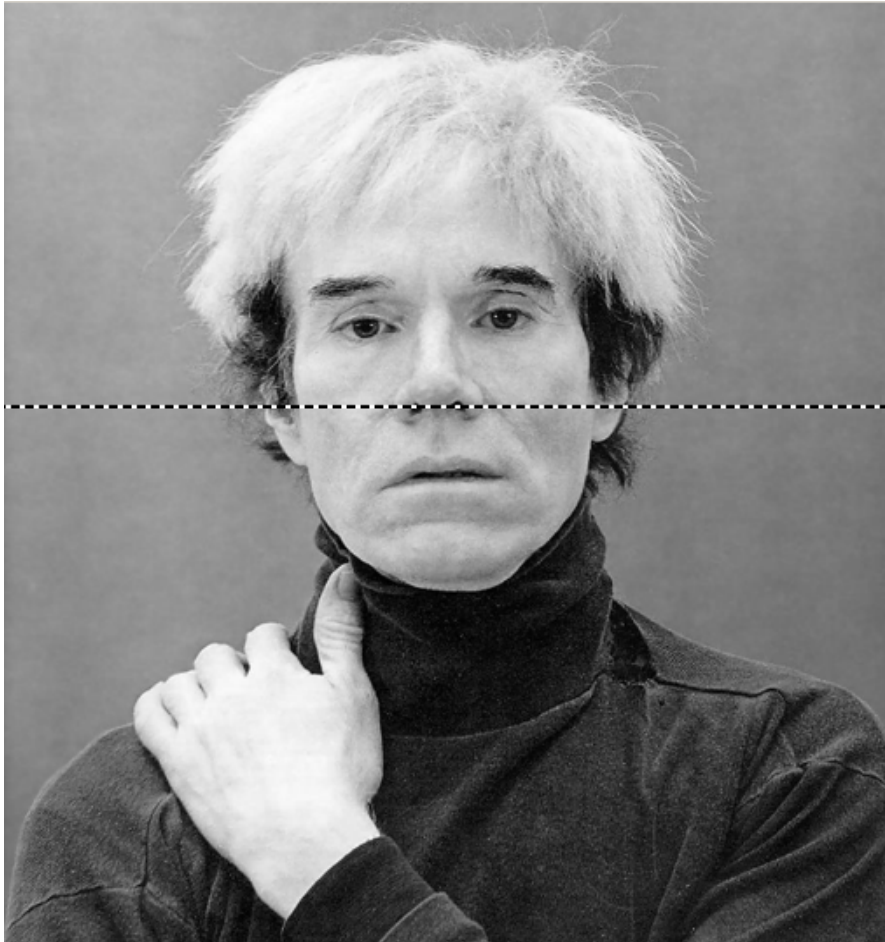


Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830)

Fourier transzformáció segítségével a kép vagy hang (jel, függvény) ábrázolható (pontosabban közelíthető) szinusz és koszinusz függvények sorozatának összegeként.

A Fourier transzformáció elemző és képmódosító eszköz, alkalmazási területei:

- mintavételi gyakoriság szükséges mértékének megállapítása,
- szűrés (kép magas frekvenciáinak csökkentése, az alias típusú képhibák megszüntetése, zajcsökkentés stb.)
- pixelkép tömörítés (Jpeg),
- képjavítás (lágyítás, élesítés, élkiemelés, élkeresés stb.)
- alakfelismerés (arc, újlennyomat, szöveg ill. betű stb.)
- anyagvizsgálat
- és sok más.



$f(x)$ függvény Fourier féle transzformáltja $F(u)$ függvény, amelynek...

értelmezési tartománya az összetevő szinusz és koszinusz függvények frekvenciái.

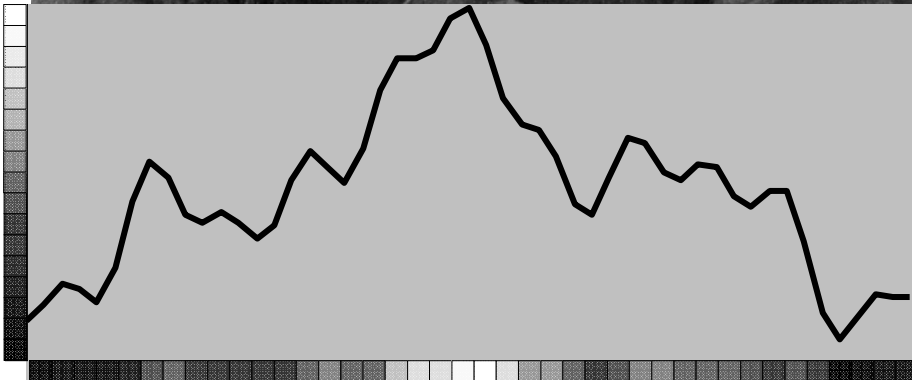
Értékkészlete az összetevő függvények súlyát reprezentáló együtthatók (amplitúdó).

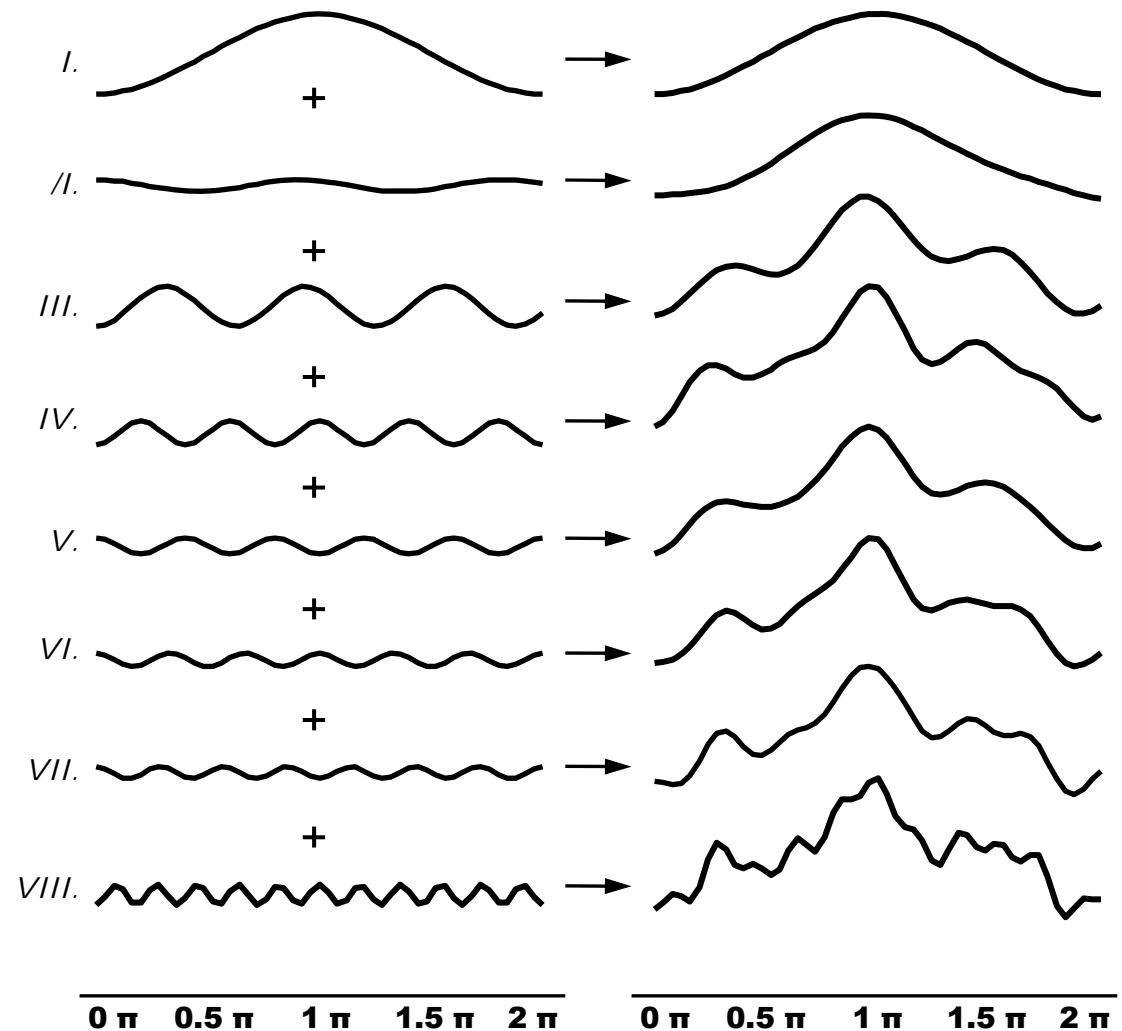
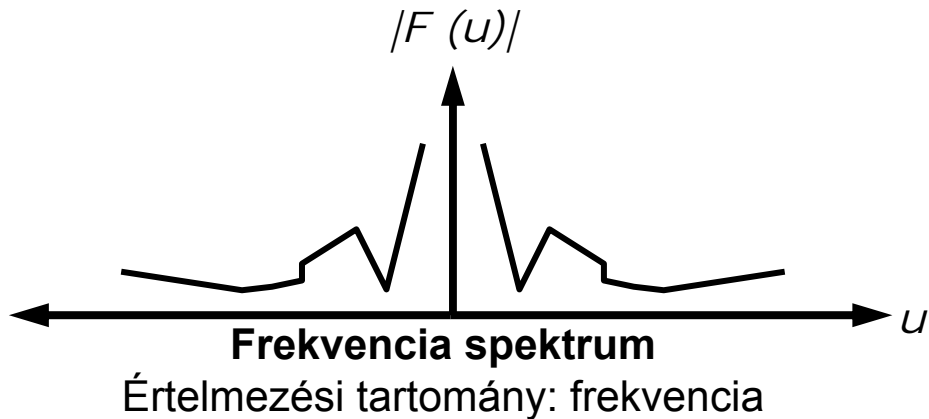
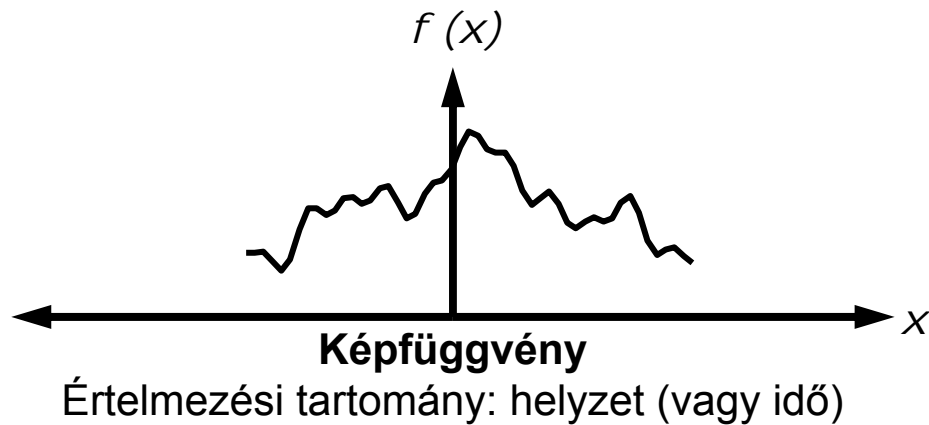
$$f(x) = a_0 + a_1 \cos(x) + b_1 \sin(x) + a_2 \cos(2x) + b_2 \sin(2x) + \dots$$

Minél több az összetevő függvény, annál pontosabb az $f(x)$ függvény közelítése,

A frekvencia sorrend fontossági sorrend, az alacsony frekvenciájú (hosszú) hullámok a nagy változásokat, a magas frekvenciák a részleteket tartalmazzák.

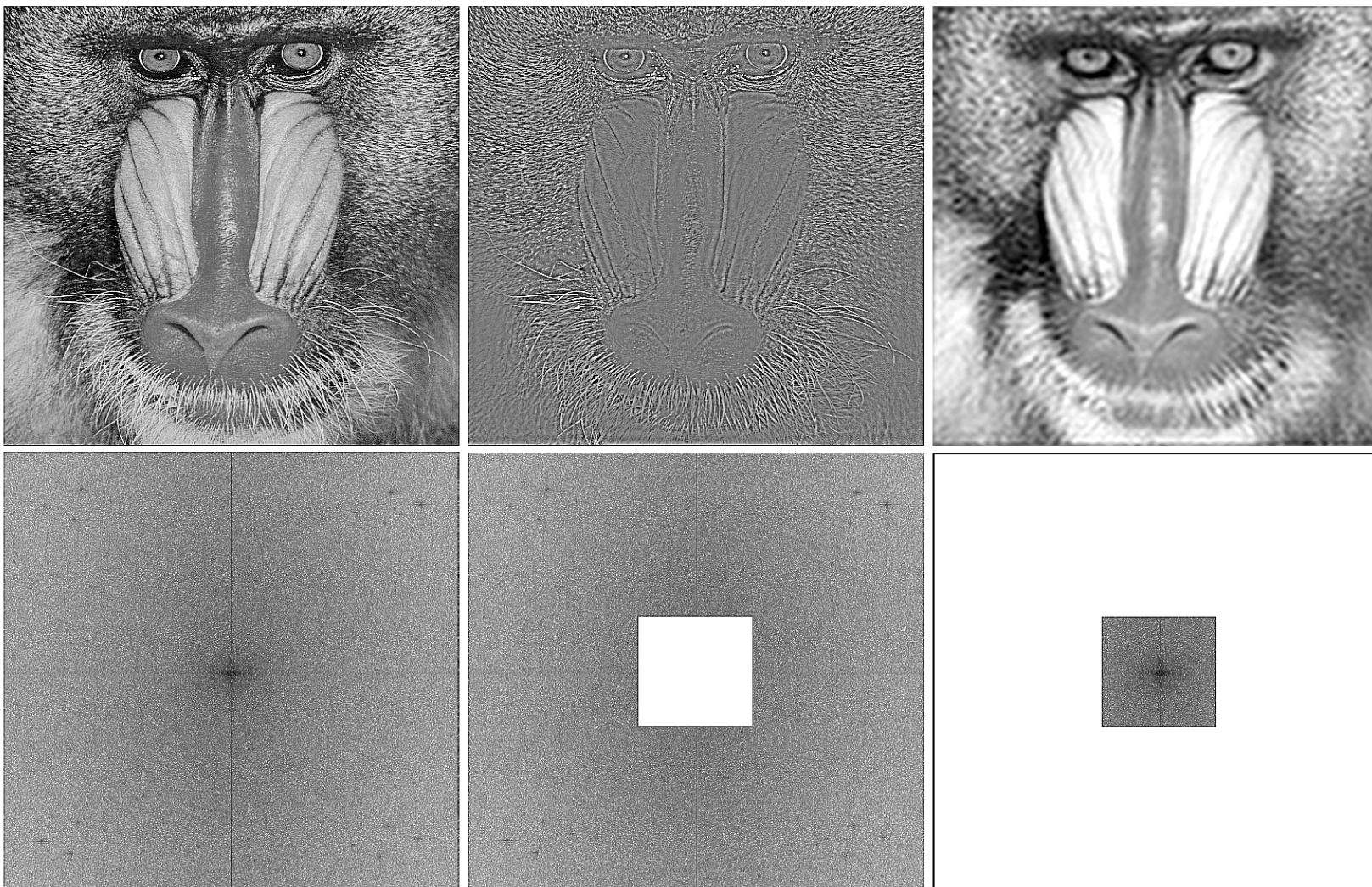
A kis értékű együtthatók esetén a magas frekvenciájú összetevők elhagyhatók.





**Fourier transzformáció: konverzió a helyzet és a frekvencia tartomány között.
A transzformált függvény a módosítások után visszaalakítható képfüggvénné.**

Alacsony ill. magas frekvenciák eltávolítása gyors Fourier transzformációval (FFT) készített 2D-es spektrum-képen.



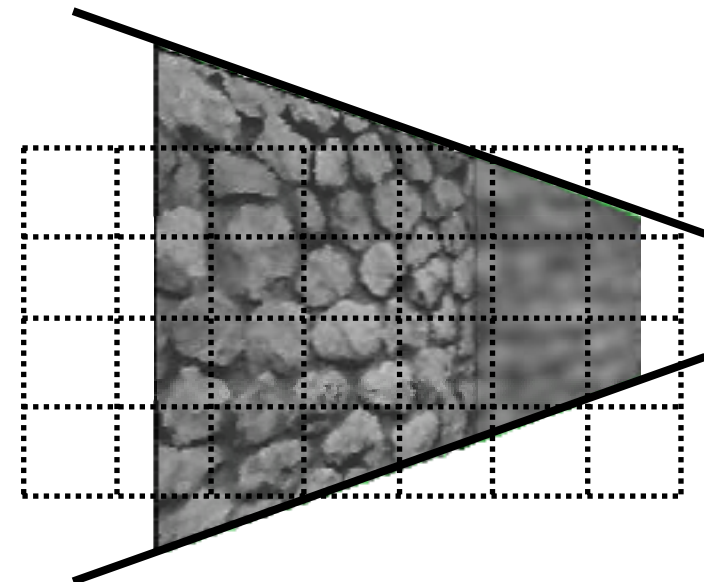
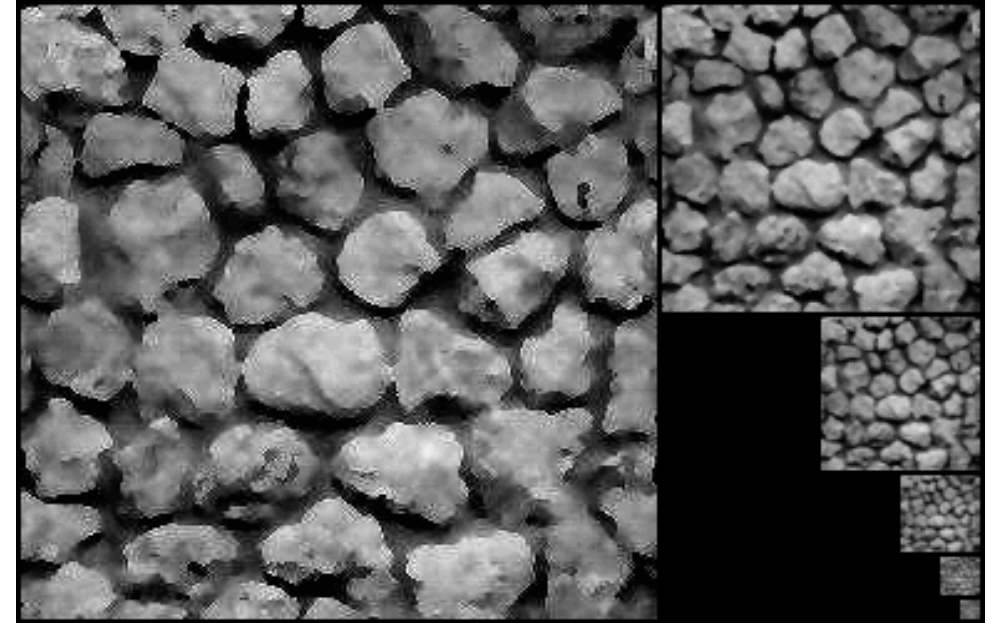
Felül: mintakép. Alul: frekvencia spektrumkép: középen az alacsony, a szélen a magas frekvenciákkal.

Felül: mintakép csak a magas frekvenciákkal. Alul: frekvencia spektrumkép az eltávolított alacsony frekvenciákkal.

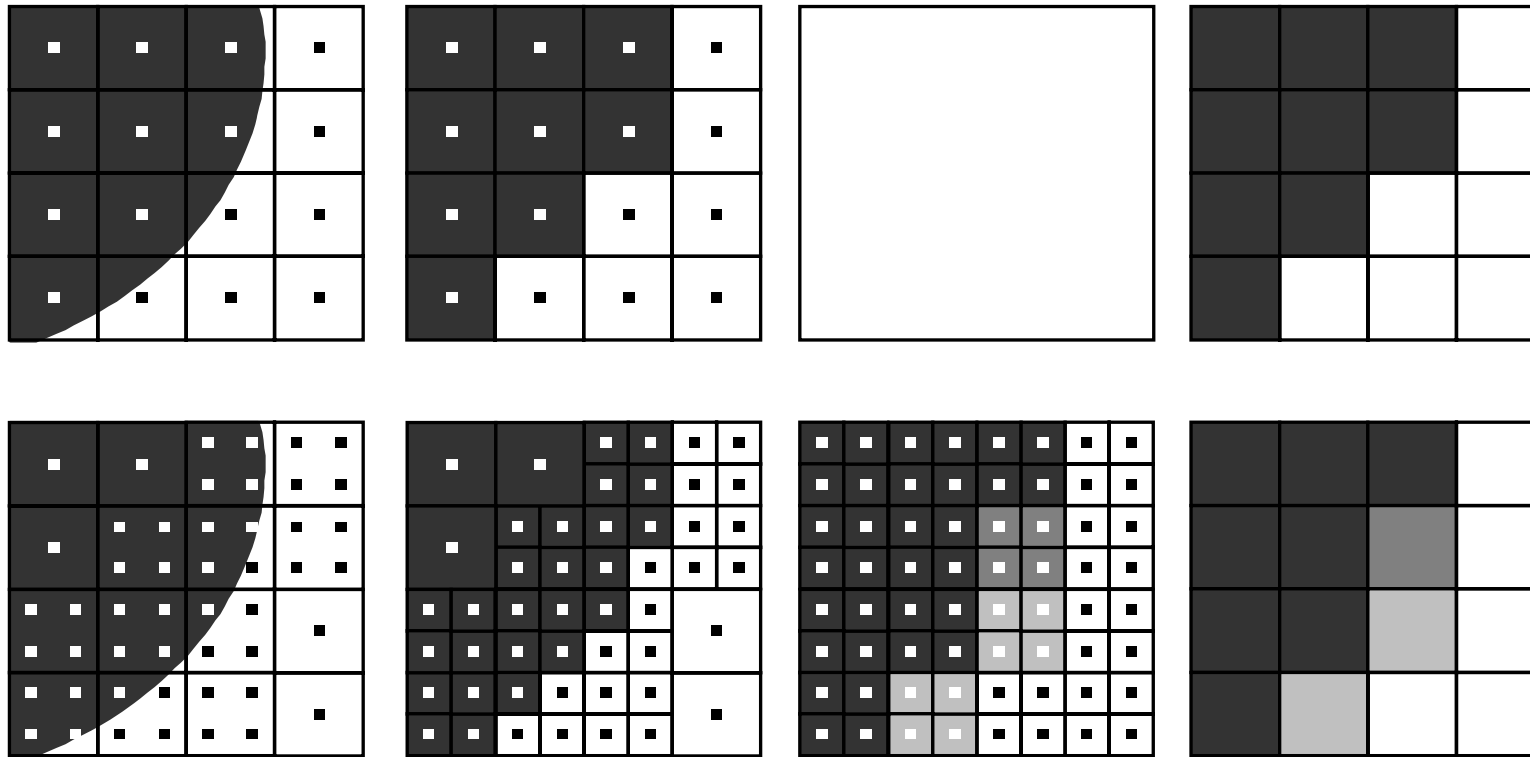
Felül: mintakép csak az alacsony frekvenciákkal. Alul: frekvencia spektrumkép az eltávolított magas frekvenciákkal.

Mip Mapping (*Multi In Parvo* – Sok a kicsiben) eljárást számítógépes árnyalás (*Rendering*) számításnál használják. A textúra-képekből különböző felbontású változat készül, hogy a textúra részletessége a változó 3D-s geometria állandó felbontású mintavételezéséhez igazodhasson.

Így például a perspektivikusan rövidülő kőfal közeli képén a nagyfelbontású változat, a távoli képén a kisfelbontású változat szolgáltatja a textúra-képet.



18 Képhibák javítása minta-túlvételezéssel



SuperSampling (Szupermintavételezés)

eljárást számítógépes árnyalás számítás használja, ha nincs mód a kép felbontásának növelésére, pl. videó esetében.

Ha mintavételi gyakoriság (felbontás) elégtelen – lásd a felső sort -, az eljárás mintavételek számát lokálisan megnöveli, majd az eredményt átlagolja, - lásd az alsó sort.

Az eljárás adaptív (alkalmazkodó): akkor indul el, ha a szomszédos pixelek világosság- vagy színkülönbsége meghaladja a felhasználó által beállított küszöbértéket.



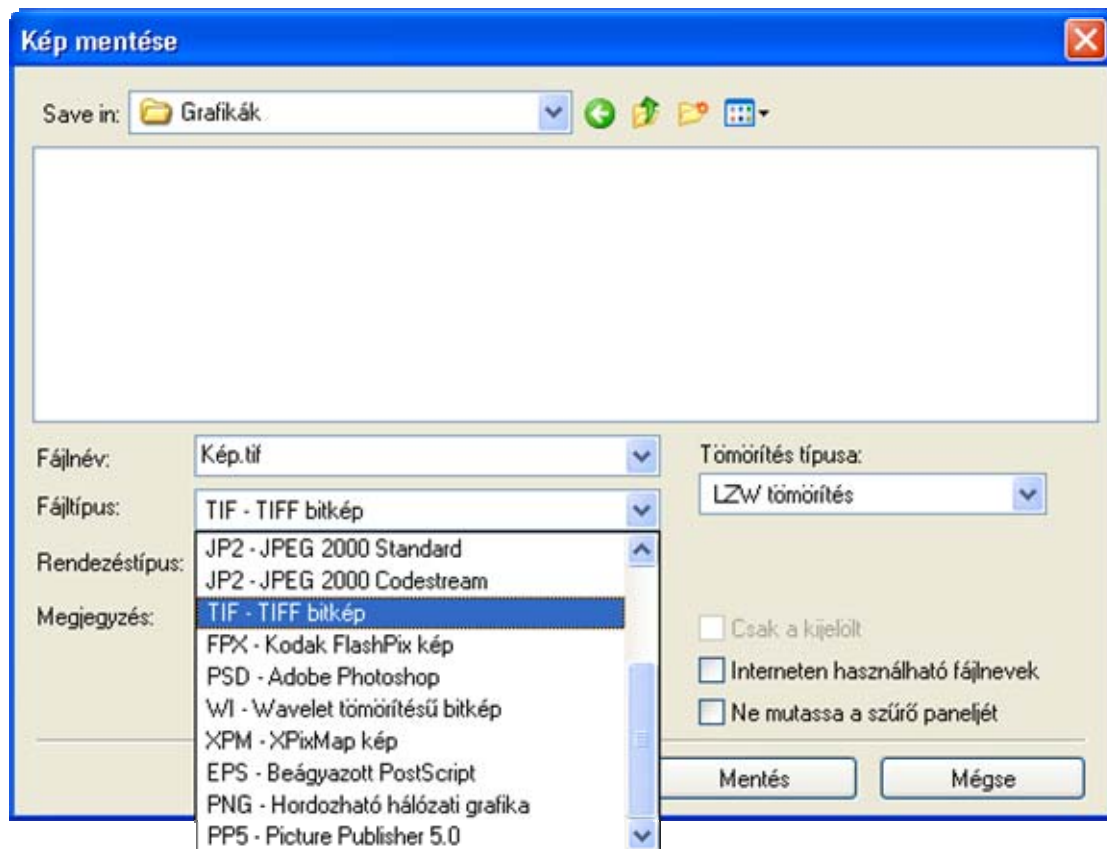
Szürkefokozat szám csökkentés (kvantálás) előkevert zajjal:

- a) Mintakép 64 szürkefokozattal,
- b) 4 szürkefokozatra kvantált kép,
- c) Zajjal kevert 64 szürkefokozat,
- d) 4 szürkefokozatra kvantált zajos kép.

Képfájlok

Pixelgrafikus képfájl típusok:

- Alkalmazások saját formátumai: PhotoShop Psd, CorelPaint Cpt.
- **Adatcsere képfájl formátumok**
- Videófájl formátumok: Mpeg, Avi, Fli/Flc.



Adatcsere képfájl formátumok:

- Raw (feldolgozatlan) belső adatmozgathoz: Dgn (digitális kamerák által létrehozott feldolgozatlan adatok szabványos formátuma - Digital Negativ),
- OP rendszer Copy-Paste műveleteihez: Bmp,
- Webhez: Gif, Jpeg, Png,
- Professzionális: Tiff,
- Digitális kamerához: Dcf, Dgn.
- Metafájlok*: Vmf, Emf, Cgm.

* Metafájl (metafile) Microsoft által fejlesztett fájl típus-család, amely a vektoros és pixeles adatokat a készítési utasítások (*graphical-device-interface function calls*) egymásutánjaként rögzíti.

Színmodellek:

RGB, CMY, YCC, CIEXYZ stb.

Színmélység:

- fekete-fehér,
- szürkeárnyalatos,
- indexált (Gif)
- valódi színek (Png, Tiff, Jpg).

Alfacsatorna:

átlátszóság (Gif, Png).

Több kép egy fájlban:

- alfacsatorna (Gif, Png, Tiff)
- multi-page (Tiff),
- animáció (Gif),
- előkép (Preview, Thumbnail).

Skálázhatóság (Web):

- váltósoros, szekvenciális vagy progresszív letöltés,
- különböző felbontás (Jp2).

Tömörítés:

- veszteséges (Jpg, Gif)
- veszteségmentes (Png, Tiff).

Képmínőség ↔ fájl méret? tárolási méret? adatátviteli sebesség? létrehozási idő (kódolás)? letöltési idő (dekódolás)?

Kiegészítő adatok:

- felbontás előbeállítás a nyomtatáshoz
- kolorimetriai adatok (gamma előtorzítás, ICC színprofil stb.)
- georeferencia adatok (pixelek közötti valós távolság, vetítési mód, datum stb.)
Időpecsét és más a fájllal kapcsolatos adat,
- Exif**, IPTC*** (digitális kamerával készült felvételhez csatolt szöveges adatok: fényképezőgép, fókusztávolság, blende, zársebesség, fehéregyensúly stb.)

**Exif - Exchangeable Image File format

***IPTC - International Press Telecommunications Council

Színmodellek:

RGB, CMY, YCC, CIEXYZ stb.

Színmélység:

- fekete-fehér,
- szürkeárnyalatos,
- indexált (Gif)
- valódi színek (Png, Tiff, Jpg).

Alfacsatorna:

átlátszóság (Gif, Png).

Több kép egy fájlban:

- alfacsatorna (Gif, Png, Tiff)
- multi-page (Tiff),
- animáció (Gif),
- előkép (Preview, Thumbnail).

Skálázhatóság (Web):

- váltósoros, szekvenciális vagy progresszív letöltés,
- különböző felbontás (Jp2).

Tömörítés:

- veszteséges (Jpg, Gif)
- veszteségmentes (Png, Tiff).

Képmínőség ↔ fájl méret? tárolási méret? adatátviteli sebesség? létrehozási idő (kódolás)? letöltési idő (dekódolás)?

Kiegészítő adatok:

- felbontás előbeállítás a nyomtatáshoz,
- Kolorimetriai adatok (gamma előtorzítás, ICC színprofil stb.)
- georeferencia adatok (pixelek közötti valós távolság, vetítési mód, datum stb.)
Időpecsét és más a fájllal kapcsolatos adat,
- Exif**, IPTC*** (digitális kamerával készült felvételhez csatolt szöveges adatok: fényképezőgép, fókusztávolság, blende, zársebesség, fehéregyensúly stb.)

**Exif - Exchangeable Image File format

***IPTC - International Press Telecommunications Council

Packbits

Kvantálás

DCT

Prediktív (delta)

LZW

Wavelet



4:2:2, 4:1:1

Huffman

Indexálás

RLE

Tömörítés (Compression) egymást kiegészítő eljárások eredménye: csökkenti a képen található ismétlődéseket (redundanciát), és ha lehet, eltávolítja a szemmel már nem észrevehető részleteket.

Adat: CBC,CBC,CBC,CBC,CBC,CAA,CAA,CAA,BBC,BBC,BBC,BBC,AAA,AAA,CCC,CBC (48)

RLE - Run Length Encoding

Kód:

CBC5,CAA3,BBC4,AAA2,CCC1,CBC1 (24)

Indexáló

Paletta (max. 256 hely):

1=AAA, 2=BBC, 3=CAA, 4=CBC, 5=CCC stb.

Kód:

4,4,4,4,4,3,3,3,2,2,2,2,1,1,5,4 (16)

Huffman

Gyakoriság (16 kód alapján):

CBC=0.32, BBC=0.25, CAA=0.18, AAA=0.12,

CCC=0.06

Kódtábla (bináris):

0=CBC, 1=BBC, 01=CAA, 10=AAA, 001=CCC stb.

Kód:

0,0,0,0,0,01,01,01,1,1,1,1,10,10,001,0 (23)

4 : 2 : 2

Kód (világosság + 2 színcsatorna):

C,C,C,C,C,C,C,C,B,B,B,B,A,A,C,C (16)

B,B,A,A,B,B,A,C (8)

C,C,A,A,C,C,A,C (8) (32)

Prediktív (delta)

Kód:

CBC,0,0,0,0,CAA,0,0,BBC,0,0,AAA,0,CCC,CBC (27)

LZW - Lempel, Ziv, Welsch

Kiinduló kódtábla (256):

A=1, B=2, C=3 stb.

Létrehozott kódtábla (4056), ablak szélesség itt 4 hely:

CB=257, CC=258, BC=259, CBC=260, CBCC=261 stb.

Kód:

261,259,261,259,260....

Szolgáltatások:

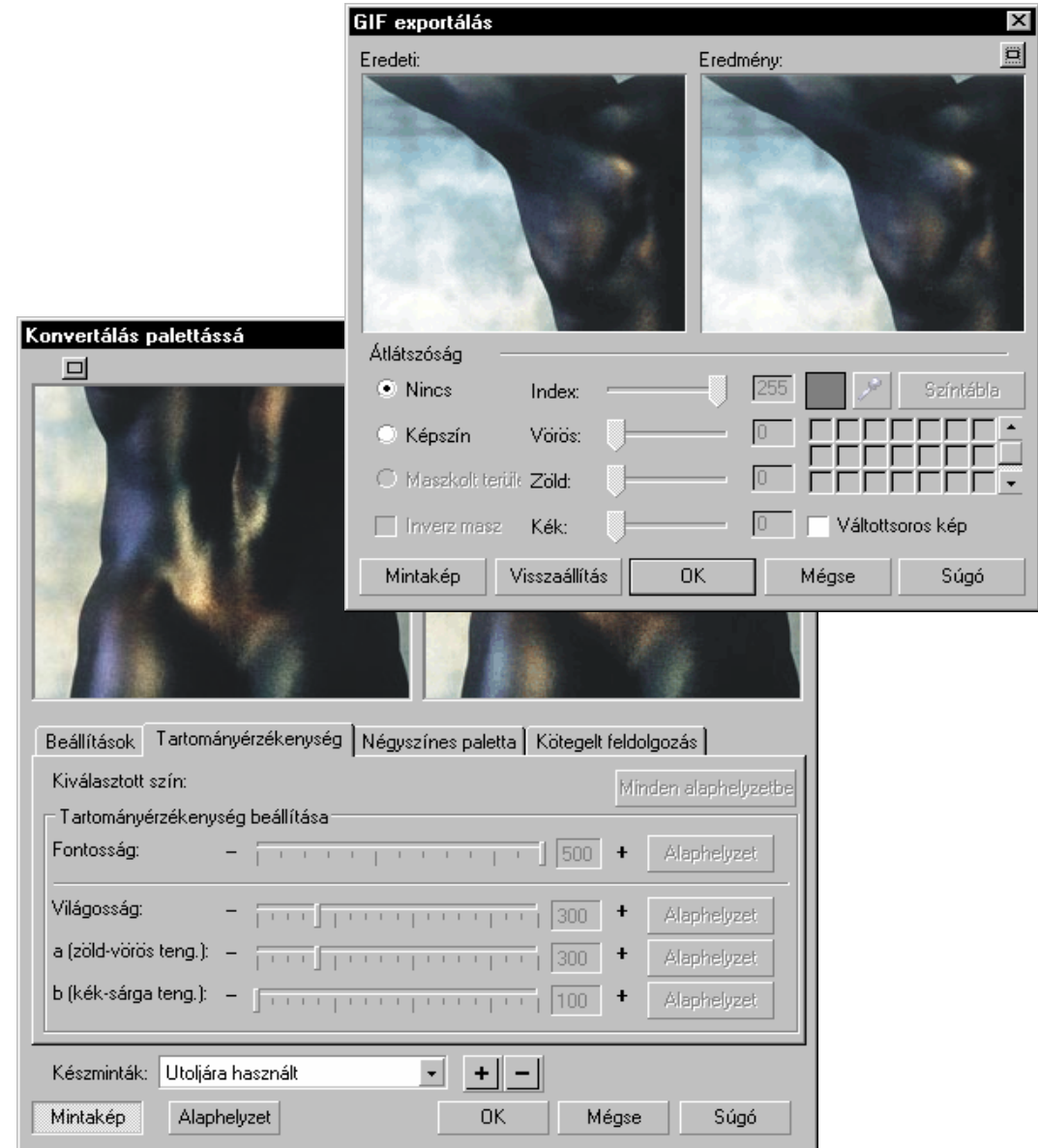
kis fájl méret,
 színmodell: RGB,
 1-8 bites színmélység,
 1 bites alfacsatorna,
 animáció,
 váltósoros kép web-letöltéshez,
 max. képméret: 64K×64K pixel.

Felhasználási terület:

árnyaltos grafika (ha a színhelyesség nem követelmény),
 web,
 egyszerű animációk,
 vonalas rajzok (ha a kép 8-bites szürke fokozatú).

Tömörítési eljárások:

színindexálás,
 LZW.



Ha a Gif-ként elmentett kép több mint 256 színt tartalmaz, a színindexálás következtében a megjeleníthető színek száma csökken, a tömörítés veszteséges lesz!

Mentés előtt a képszerkesztő alkalmazások lehető teszik a képfájl színeinek módosítását, az un. paletta szerkesztését. A paletta összeállítható...

- az OP rendszer 8-bites színei alapján,
- adaptív módon (a gyakori színek kerülnek a - palettába, a többit ditheráció közelíti),
- web-biztos (standard) színekből,
- szürkeárnyalatos színekből,
- egyedileg beállított színekből stb.

A színek száma diterálással növelhető. (A diterálás a köztes színeket a szomszédos pixelszínek módosításával közelíti, de a kép felbontása csökken.)



Diterációs algoritmusok: 2-bites, fehér zaj, Bayer és fürtös. Szerző: Robert Ulichney.

Szolgáltatások:

vesztésmentes tömörítés,
1-48 bites színmélység (*TrueColor*),
1-16 bites színmélység (*Grayscale*),
1/8/16 bites alfacsatorna,
háttérszín,
színmodellek: RGB, CIE XYZ,
váltósoros kép web-letöltéshez,
gamma korrekció, ICC színprofil,
szöveges megjegyzések,
max. képméret: 2G×2G pixel.

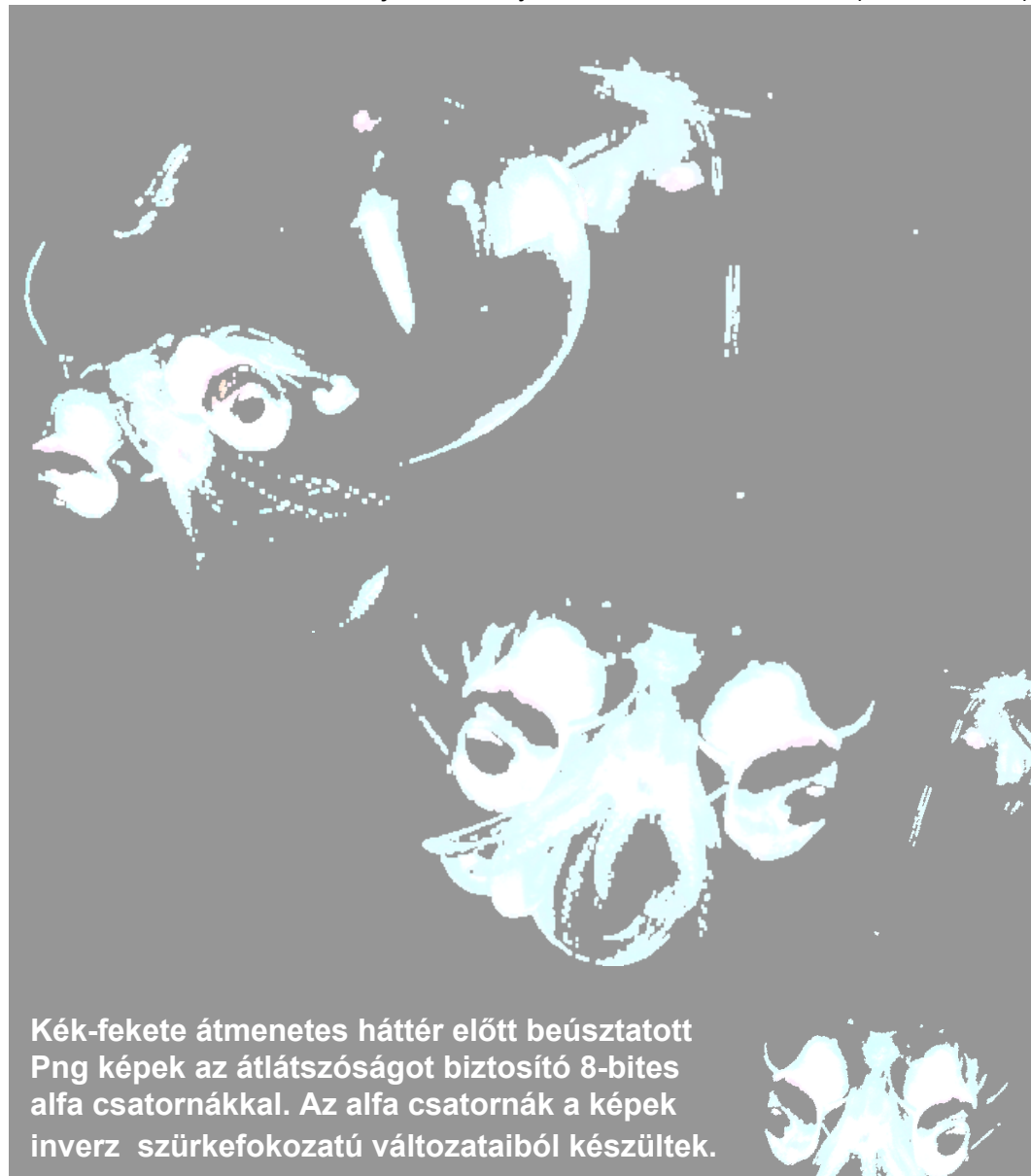
Felhasználási terület:

színhelyes grafika, fotó stb,
web.

Tömörítési eljárások:

8 bites színindexálás,
előszűrés (prefiltering),
LZ77,
Huffman.

Lábasfejűek osztályába tartozó Teuthowenia (140-380 mm).



Kék-fekete átmenetes háttér előtt beúsztatott Png képek az átlátszóságot biztosító 8-bites alfa csatornákkal. Az alfa csatornák a képek inverz szürkefokozatú változataiból készültek.

Szolgáltatások:

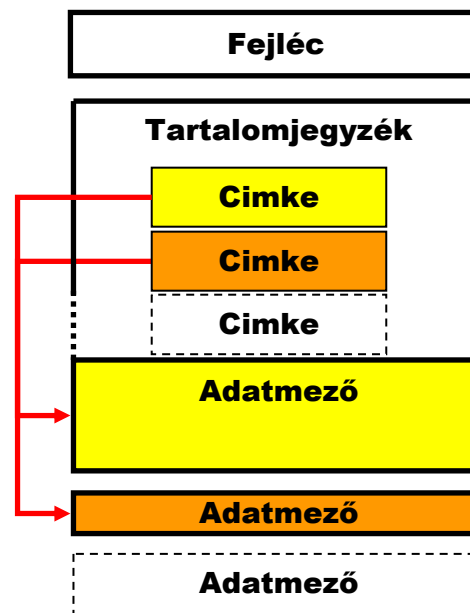
multiplatform (MacOS/Windows),
 1-64 bites színmélység (4×16 bit),
 veszteségmentes tömörítés,
 színmodell: RGB, CMYK, YCC,
 CIE Lab,
 geodéziai adatok (Geotiff),
 kolorimetriai adatok,
 Exif, IPTC adatok,
 max. képméret: 4 GB-os fájl.

Felhasználási terület:

professzionális grafika-fotó, DTP és
 nyomdai nyomtatáshoz,
 szkennelés (48 bit)
 térképészet, geodézia.

Tömörítési eljárások:

PackBits (Mac),
 LZW,
 Huffman & RLE (fekete-fehér).
 Jpg,
 Zip,



A Tiff címke (tag) szabványos vagy egyedi adat-csoportokhoz ún. adatmezőkhöz tartozó utasítás, amely a képnéző, képszerkesztő, alkalmazások számára meghatározza az adatmezők helyét a fájlban és az adatkezelés módját.

Minden adatmezőhöz - legyen az rgb adattömb vagy akár egysoros képméret adat - egyedi címke tartozik. Az egyes képszerkesztők számára az ismeretlen vagy hiányzó címkék és adatmezők csak az utasítás átlépését eredményezik, ezért azután az alkalmazók egyedi címkéket illetve adatmezőket pl. geodéziai információkat illeszthetnek a Tiff fájlba.

A Tiff fájl három fő részből áll. Az első a rövid fájl-fejléc (Header), a második a címkéket tartalmazó tartalomjegyzék (IFD - Image File Directory), a harmadik az adatmezőkkel (Fields) tagolt adatok.

Szolgáltatások:

kis fájl méret,
 változtatható tömörítési arány,
 1-24 bites színmélység,
 színmodell: YCC,
 progresszív kép web-letöltéshez,
 max. képméret: 64K x 64K pixel.

Kiterjesztések: jpg, jpeg, jpe, jp2

Jpg - veszteséges tömörítés,
 Exif - (Exchangeable image file format)
 digitális fényképfelvétel un. Exif adatokkal
 kiegészítve.

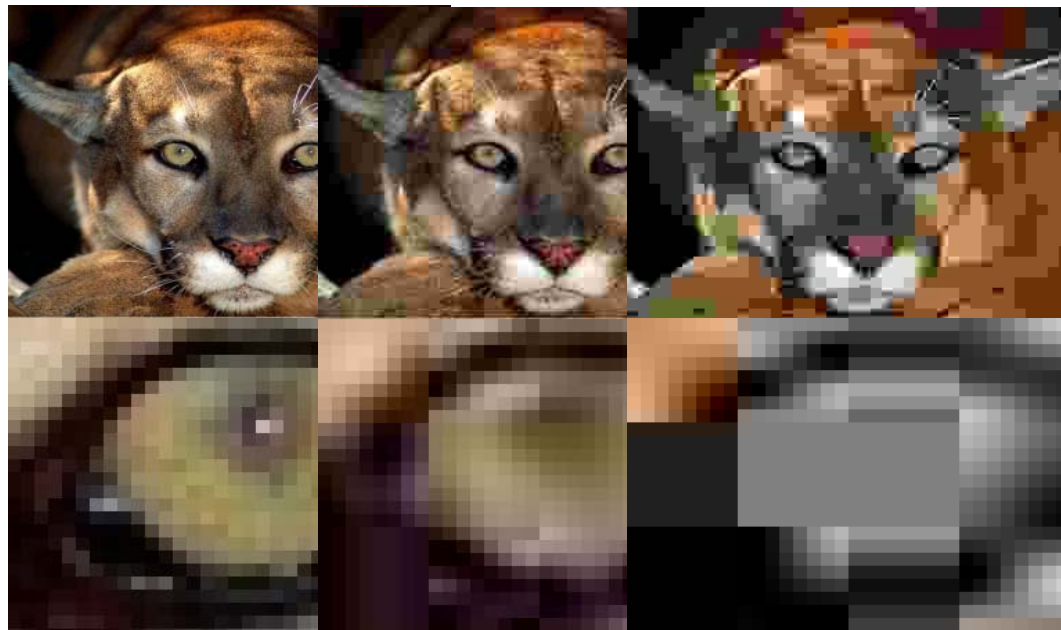
Jpg 2000 - választható veszteséges vagy
 veszteségmentes tömörítés.

Felhasználási terület:

fénykép,
 árnyalatos grafika.

Tömörítési eljárások:

- 4:4:4, 4:2:2 és 4:1:1 mintavétel,
- DCT (Jpg), vagy WT (Jp2),
- RLE & Huffman.



A veszteséges tömörítés két eljárás következménye:

1. Az emberi szem a színárnyalatokat kevésbé különbözteti meg mint a világosság eltéréseket, ezért a Jpg fájl az RGB pixel-színeket világosság (Y) és két színességi (Cb, Cr) adatra alakítja át, így a három adattömb eltérő mintavételi gyakorisággal tömöríthetők (4:4:4, 4:2:2, 4:1:1).

2. A 8x8-as blokkokra osztott Y,Cb,Cr értékeket a DCT (diszkrét koszinusz transzformáció) koszinusz függvények együtthatóiként tárolja. A tömörítés alapja az együtthatók kvantálása: ahogy növeljük a kvantálás mértékét, előbb a magas, majd a közép, végül az alacsony frekvenciák vesznek el, végül marad a 8x8-as blokk pixelszíneinek átlaga. Bővebbet lásd a következő diákon.

A Jpg fájl tömörítése több lépésben, 8 x 8 pixelből álló blokkonként történik.

1. RGB-YCC konverzió

Az alábbi RGB-YCC videó konverziós képlet a pixelkép RGB adatait világosság (Y) és a színességet két színkülönbség (Cb, Cr) adatra alakítja*:

$$Y = 0.299 R + 0.587 G + 0.114 B$$

$$Cb = -0.169 R - 0.331 G + 0.500 B$$

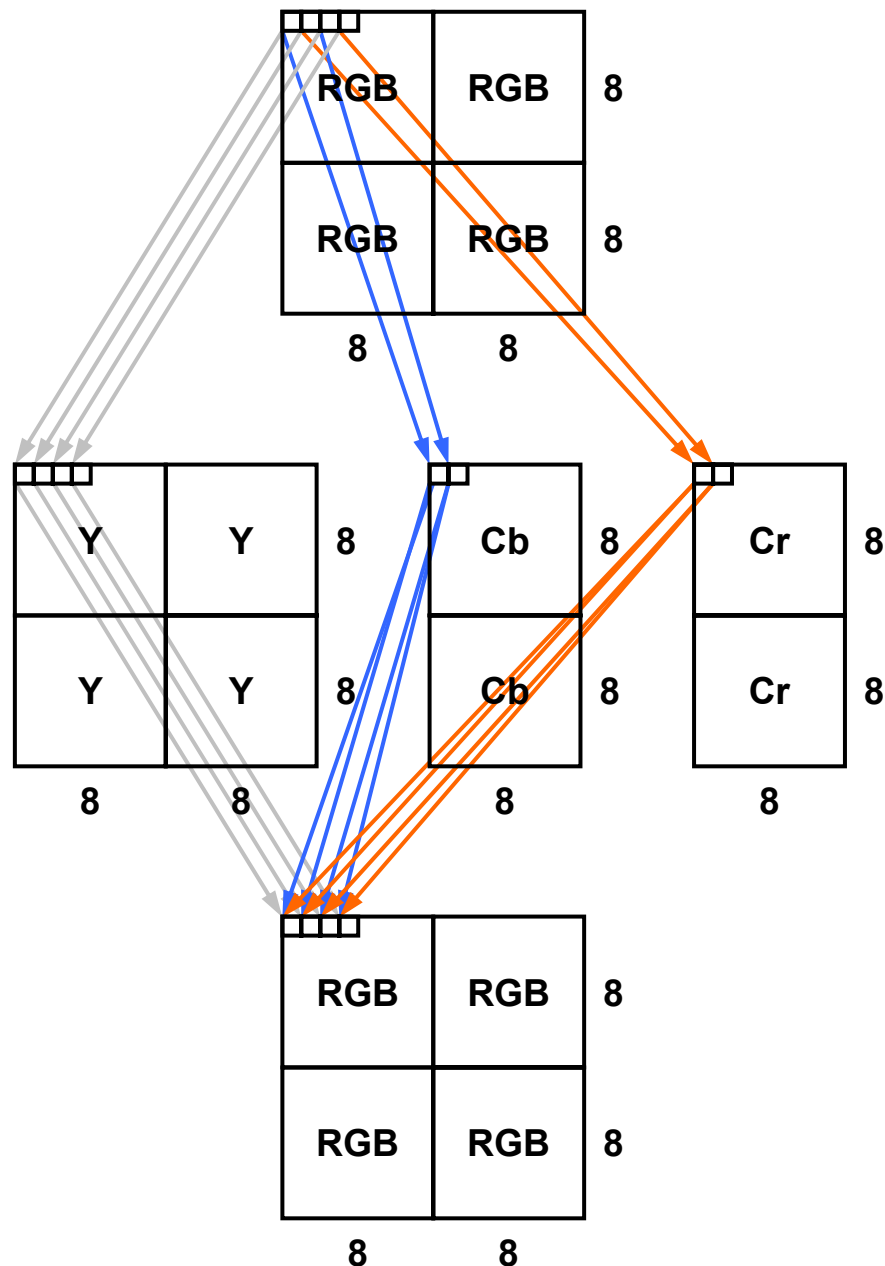
$$Cr = 0.500 R - 0.419 G - 0.081 B$$

2. Színesség alul-mintavételezés

A világosság és a színkülönbség információk elkülönítése lehetővé teszi, hogy a felhasználó választása szerint a Cb és Cr színkülönbség adatok alul-mintavételezhetők (Chroma Subsampling).

Ha a választott formátum 4:2:2 (4 minta világosság, 2-2 minta színkülönbség), a mintavétel négy 8 x 8-as blokk színkülönbség adatait két 8 x 8-as színkülönbség blokkba gyűjti össze. Ez már veszteséges tömörítést eredményez.

Ha a választott formátum 4:1:1, egy-egy 8 x 8-as színkülönbség blokk keletkezik.

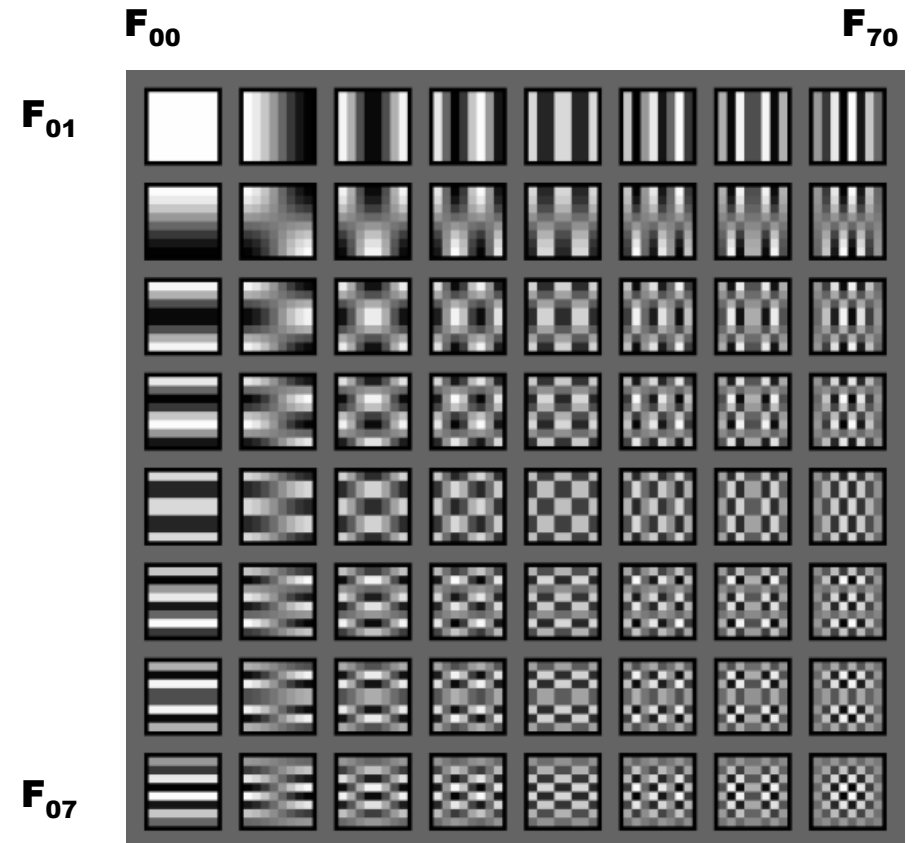


3. Diszkrét koszinusz transzformáció

A DCT (diszkrét koszinusz transzformáció) a Fourier transzformáció diszkrét értékkel dolgozó 2 dimenziós változata. A Jpg fájl esetében a 8 x 8-as blokkok térbeli domborzatát összegző 64 db 3D-s koszinusz bázisfüggvény együtthatóit számítja ki.

A transzformáció eredménye 64 együtthatóból álló frekvenciaspektrum, amelyből a bal felső sarok az átlagérték, körülötte csoportosulnak a kép lényeges változásait meghatározó alacsony frekvenciák, míg a jobb alsó részen található a finom részleteket tartalmazó magasak. Kisebb kerekítési hibák következményétől eltekintve az együtthatókból a kép még veszteségmentesen fejthető vissza.

Jobboldali kép: 64 DCT koszinusz bázisfüggvény felülnézeti képe. A bal felső kezdő F00 konstans függvény kivételével a periódus-szám x és y irányban 0.5 - 4 között változik. Pl. az F10-es x irányban lejtő fél-koszinusz görbe, az F01-es pedig y irányban. A jobb alsó sarokban található F77-es frekvenciája a legmagasabb, mindkét irányban négy periódusból áll.



4. Kvantálás

A tulajdonképpeni tömörítés kvantálás, az együtthatók osztása az un. világosság és színelkülönbség táblázatokban tárolt osztók szerint, és az eredmény egész számokra történő kerekítése. A kvantálás mértékétől függően a 8 x 8-as blokkok jobb alsó részén csak 0 értékek keletkeznek.

A színelkülönbség táblázatok osztói nagyobb értékűek, így a színesség információk minősége tovább romlik.

Figyeljük meg, hogy a táblázatokban az osztók értéke enyhén aszimmetrikus eloszlású. Ennek célja a moaré jellegű mintázatok kialakulásának megakadályozása.

A tömörítés mértékét a felhasználó az osztók értékének növelésével (szorzásával) növelheti.

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

Y világosság kvantáló tábla

17	18	24	47	99	99	99	99
18	21	26	66	99	99	99	99
24	26	56	99	99	99	99	99
47	66	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99

Cb, Cr színelkülönbség kvantáló tábla

5. Futóhossz tömörítés

A Run Length Encoding (az ismétlődő számokhoz rendelt „futóhossz”) kódolással a fájl mérete tovább csökken, mert kvantált együtthatók eloszlása olyan, hogy az ismétlődő számok, mindenekelőtt a 0-ák – a cikk-cakk táblával meghatározott sorrend szerint láncra fűzve – rendszerint ismétlődnek. Minél nagyobb a kvantálás (kerekítés), annál hatékonyabb az RLE.

6. Huffman tömörítés

A futóhossz kódolás eredményeként kapott számpárok végső tömörítése Huffman (vagy aritmetikai) kódolással történik. A gyakori számok kódja rövidebb, a ritkábban előfordulóké hosszabb. A futóhossz és a Huffman tömörítés veszteségmentesek.

7. Mentés

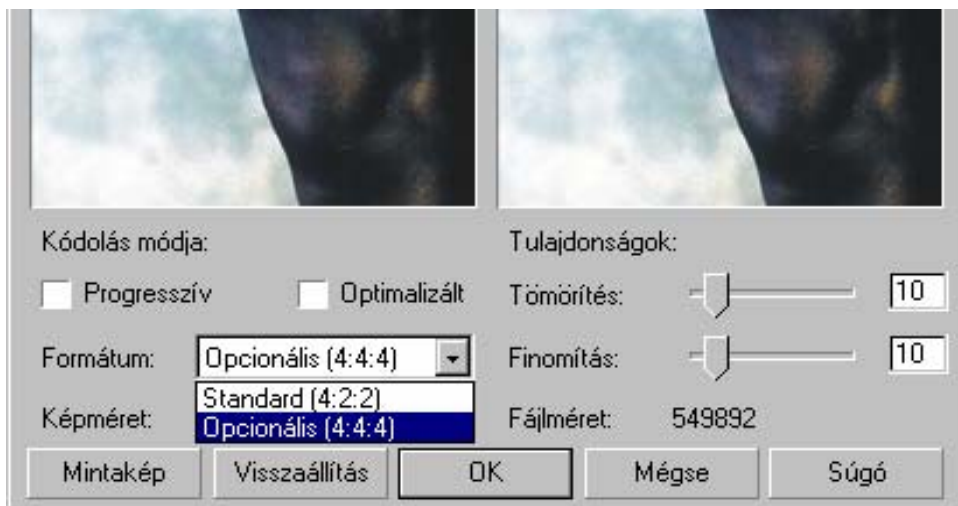
Az elkészült Jpg fájlban a kódolt adatokat megelőzi a fejléc (File Header), amely az Exif és Web szöveges információkon kívül a két kvantáló és a Huffman kódok táblázatait tartalmazza. A RGB-YCC konverziós mátrix és a cikk-cakk táblázat szabványos.

8	2	-6	-5	0	0	0	0
2	5	-4	6	0	3	0	0
-5	7	0	0	0	0	0	0
-2	0	0	0	0	0	0	0
0	5	0	-2	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Kvantált adatok jellemző eloszlása

0	1	5	6	14	15	27	28
2	4	7	13	16	26	29	42
3	8	12	17	25	30	41	43
9	11	18	24	31	40	44	53
10	19	23	32	39	45	52	54
20	22	33	38	46	51	55	60
21	34	37	47	50	56	59	61
35	36	48	49	67	58	62	63

Cikk-cakk tábla



**Jpg tömörítés minősége függ a kép tartalmától!
Hozzávetőleg...**

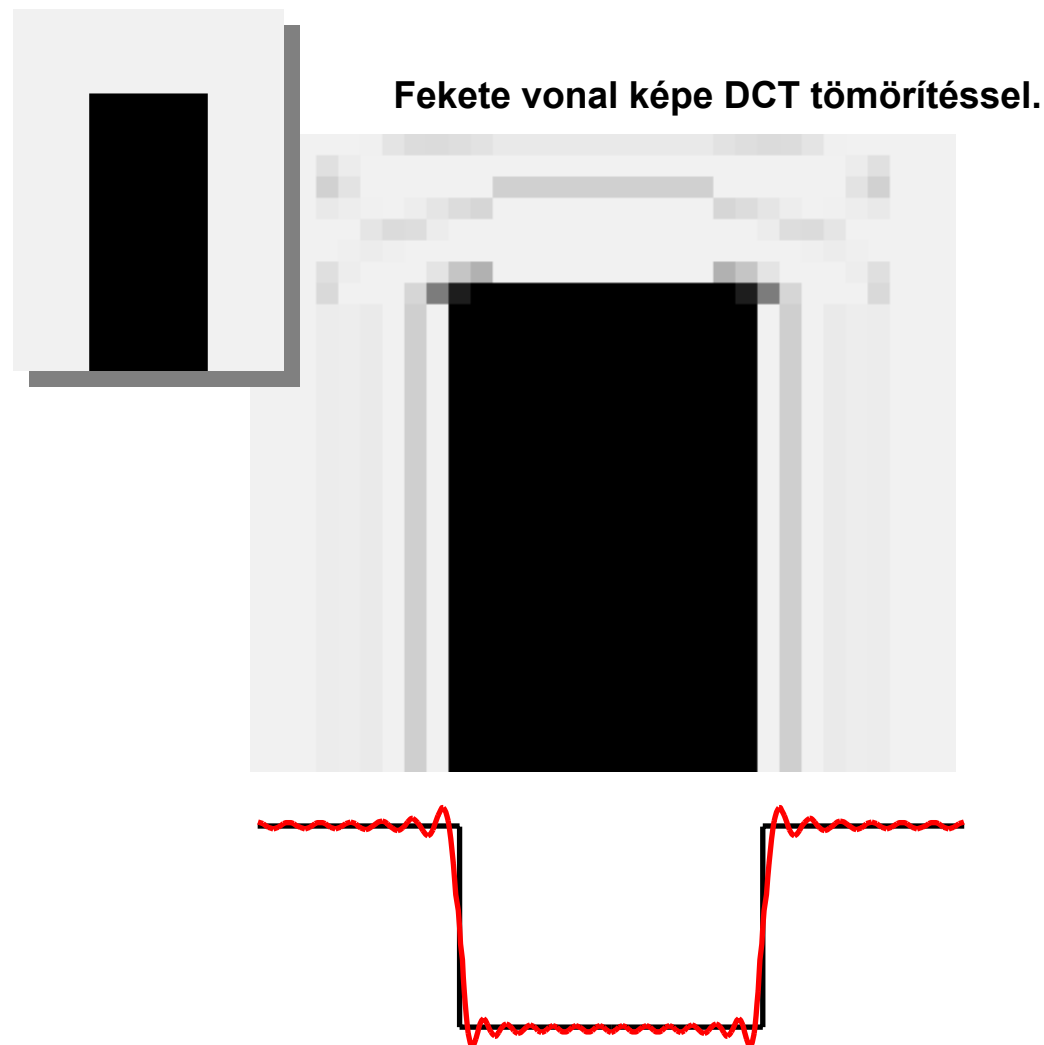
**T = 10 kiváló minőség, fantom kontúrok
nem észlelhetők,**

T = 20-30 jó minőség, fantom kontúrok,

**T = 50 gyenge minőség, a 8x8 pixelblokkok
láthatók.**

**Vigyázat: a Jpg kép minden egyes mentése
veszteséget okoz, ezért szerkesztés közben
a képet célszerű veszteségmentes
fájlformátumban menteni!**

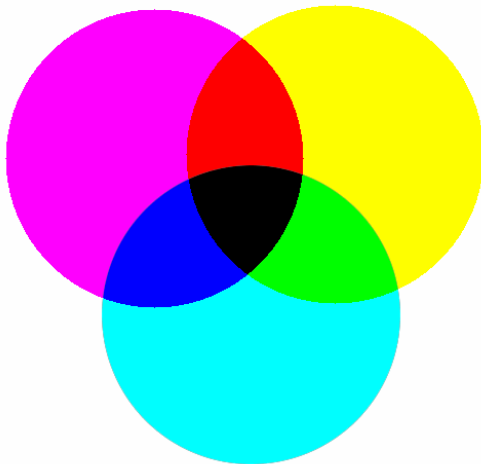
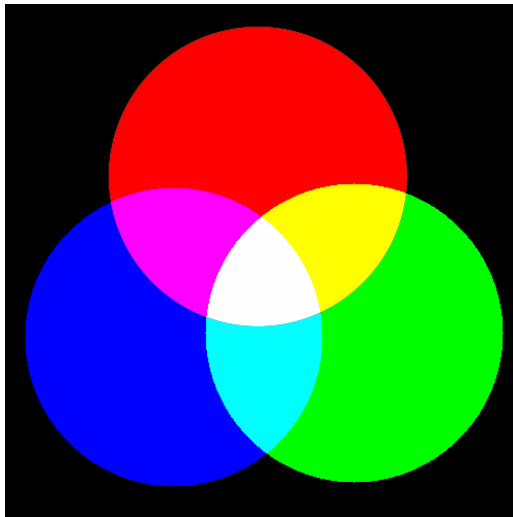
**A fájl méretét a szöveges adatok (Exif stb.) akár
100 bájjal is megnövelhetik!**



**JPG alkalmatlan vonalas rajzok (line art) rögzítésére. A
hirtelen változások határát a kvantált DCT tömörítés
nem képes elég magas frekvenciákkal kezelni, ezért ott
alias típusú képalkotási hibák keletkeznek.**

CMY rendszerek





Színkeverés különböző hullámhossz összetételű (önsugárzó, fényvisszaverő vagy fényáteresztő) fényforrásokkal:

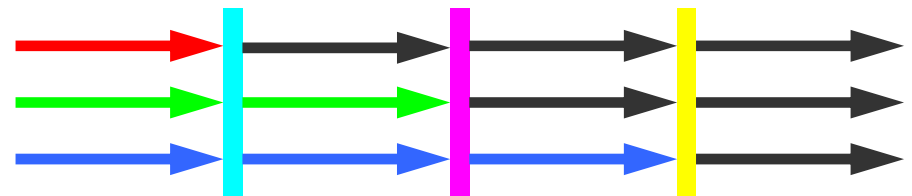
Összeadás a szemben:

- időben, pl. Maxwell tárcsa
 - térben, pl. színes tv
 - szuperpozíció, pl. egymásra vetítés
- Három alap-színösszetevő, melyekkel a színek többsége kikeverhető:
vörös, zöld és kék.

Kivonás az anyagban:

- visszaverődéssel, pl. nyomtat, színes fénykép
- fénytengedéssel, pl. mozi-diafilm, színszűrő

A színezők (festékek, tinták stb.) szűrőként viselkednek, a fény egyes hullámhosszait elnyelik, kivonják.



Három alap-színösszetevő, melyekkel a színek többsége kikeverhető:

cián, bíbor és sárga,

+ fehér,

+ fekete.

Ha a festéket fehér fényel világítjuk meg, a visszaverődő fehér fényből, azaz a teljes spektrumból ...

a cián (C) a elnyeli (kivonja) a vöröset, az átengedett fény kékes-zöld lesz;

a bíbor (M, magenta) kivonja a zöldet, az átengedett fény kékes-vörös lesz;

a sárga (Y, yellow) kivonja a kéket, az átengedett fény sárga lesz.

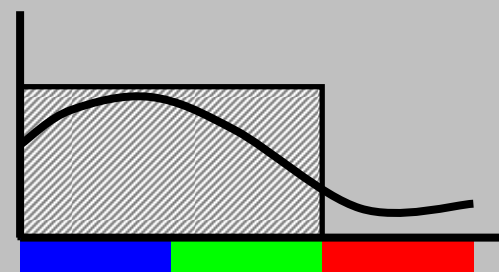
Tehát: fehér ...

- cián - magenta - sárga \equiv fekete

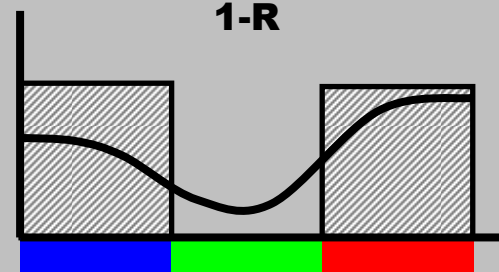
- cián - sárga \equiv zöld

- cián - magenta \equiv kék

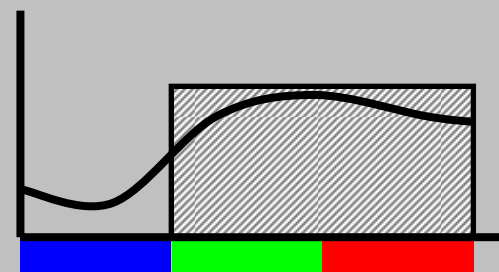
- magenta - sárga \equiv vörös



Cián - Vörös
1-R

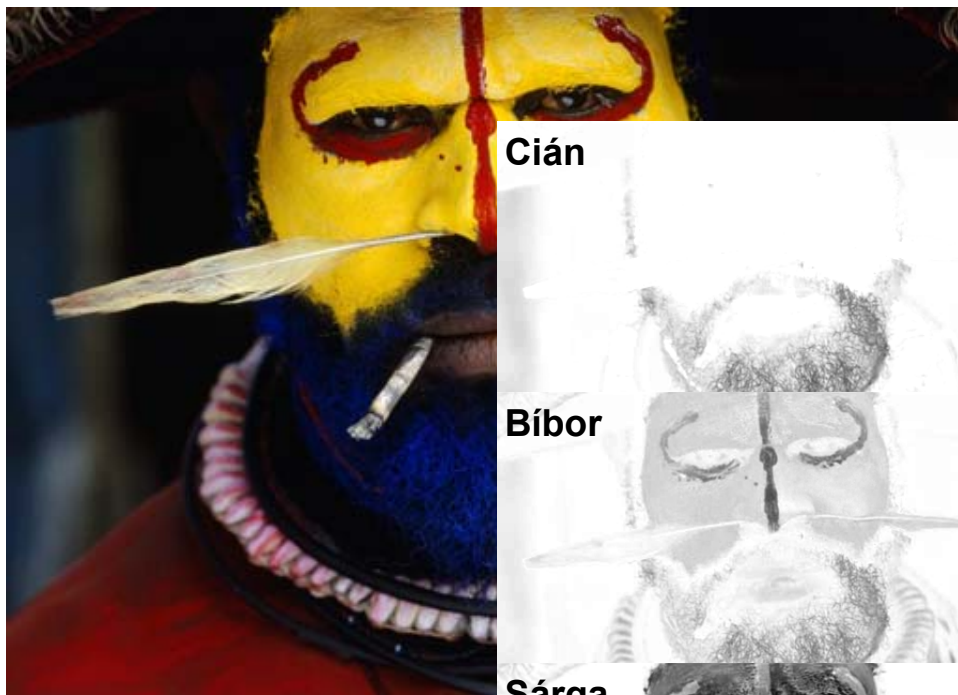


Magenta - Zöld
1-G



Sárga - Kék
1-B

Festékek ideális (dobozszűrőként viselkedő) és a valódi spektrális eloszlása.



Cián

Bíbor

Sárga

Fekete

A nyomtató festékek nem ideális dobozsűrők, a színikivonás nem tökéletes, a cián kevés vöröset, a magenta kevés zöldet is átenged, ezért a szürke és fekete színek elszínesednek.

CMY színekhez hozzáadott fekete, elnevezése K, K-szín mint black Color, vagy Key Plate*):

- Növeli a nyomat szín- és árnyalatterjedelmét, a fekete feketébb lesz;
- Csökkenti a metamerizmust.
- Csökkenti a tintafogyasztást, így a száradási időt, és növeli a nyomtatás sebességét.
- Olcsóbb fekete festék helyettesíti a drágább színes tintákat.

* Key Plate, kulcslemez (fekete nyomólemez) a hagyományos többszín-nyomósos technológiában, pl. bélyegkészítésnél.

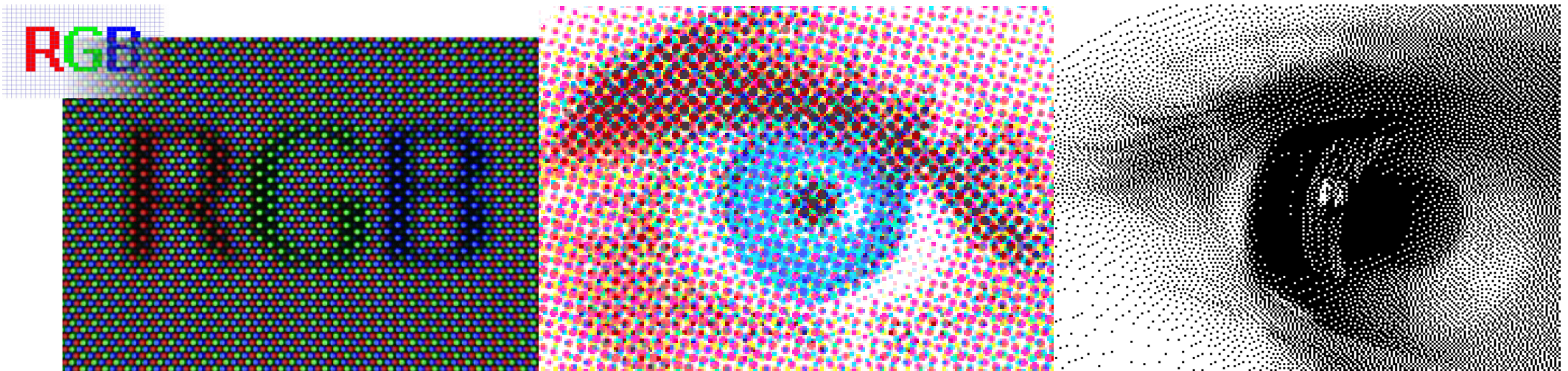
** Metamerizmus, nyomdai szakkifejezés: a nyomat színei különböző megvilágításban (izzólámpa, fénycső, napfény) megváltoznak.

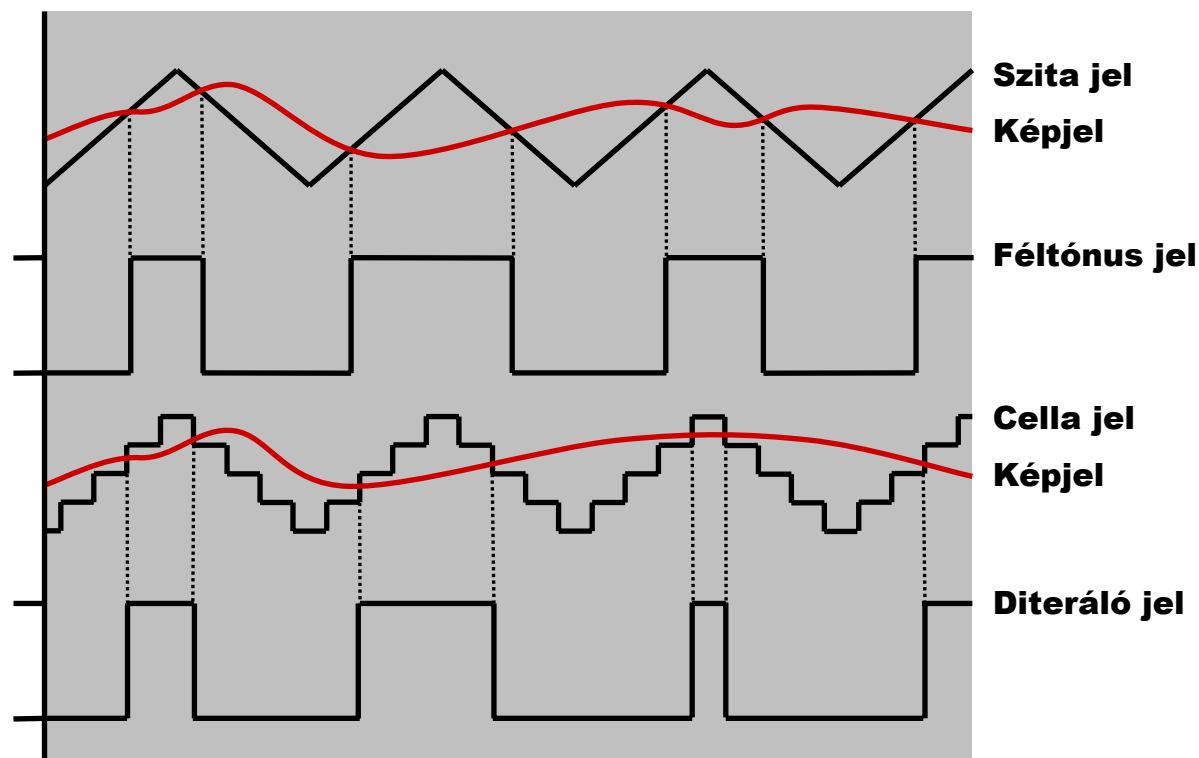
Gépi képkötés három színnel

(vörös, zöld, kék vagy cián, bíbor, sárga)

1. képpont színe változó, mérete állandó (Tv, képernyő),
2. képpont színe állandó, mérete változó (fénykép, nyomdagéppel készített féltónus nyomat),
3. képpont színe állandó, mérete állandó, elhelyezési frekvenciája változó (számítógépes nyomtatóval készített nyomat, - ditherálás).

2-3. technológia: színmélység növelés nagyobb méretű vagy több képponttal, a felbontás csökkentése árán.





A nyomdagépek analóg eljárások, az árnyalatokat – nyomólemezzel – változó méretű képpontokból állítják elő.

A számítógéppel vezérelt nyomtatók nem, vagy csak korlátozott számú képpont nagyság létrehozására képesek*, ezért az árnyalatokat a nyomtatóba épített számítógéppel vezérelve változó számú képpont-csoporttal állítják elő.

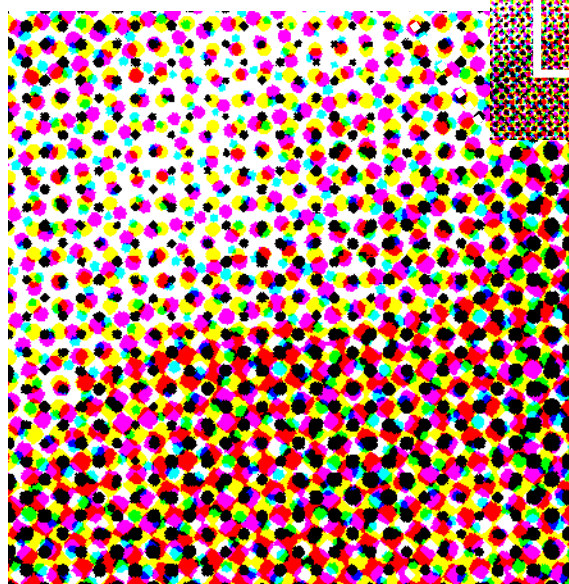
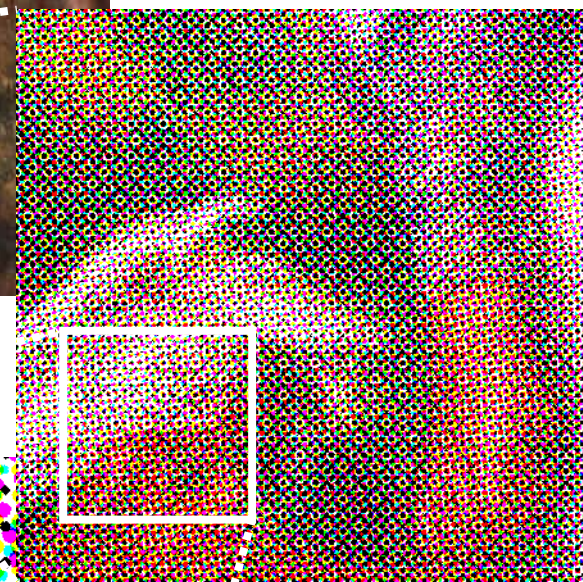
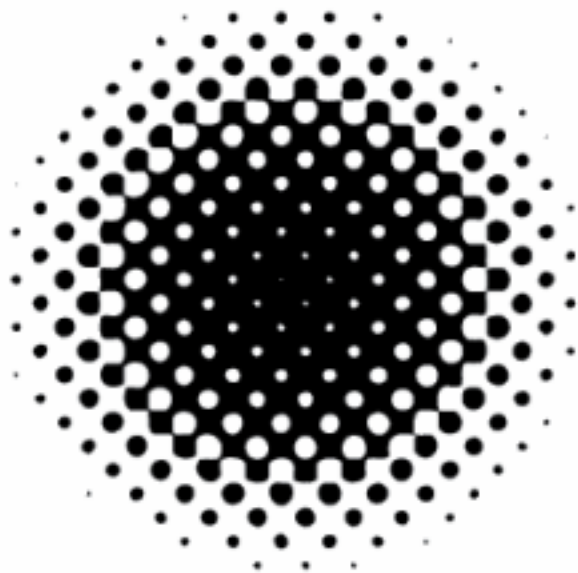
* Ez idő szerint 16 képpont-méret a technológiai maximum. A tintasugaras nyomtatók több festékcseppet nyomtatnak ugyanoda (*Multi-level Dithering*), az elektrografikus nyomtatók megnyújtják az expozíciós időt (*Pulse-width Modulation*).

Rácsrabontás (Halftone, Screen)

magas és ofszet-nyomtatásnál, valamint szitanyomásnál alkalmazott eljárás, amely a nyomólemezt optikai rácson át történő fénykép felvétel segítségével állítja elő.

Elv: szín- és árnyalatfokozatok változó méretű képpontokkal állítják elő.

Nyomdai felbontás mértékegysége az alkalmazott optikai rácssűrűség alapján: lines/inch (lpi), vonal/cm.



Diterálás (Halftone)

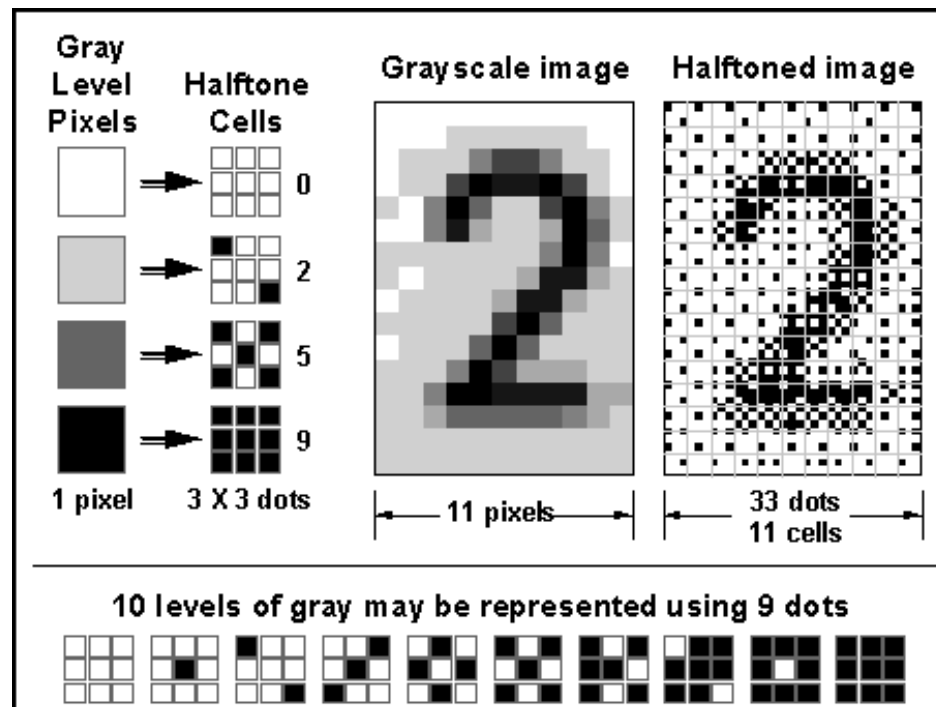
számítógépes nyomtatóknál alkalmazott eljárás (a számítógéppel vezérelt nyomtatófej pontonként nyomtatja a képet).

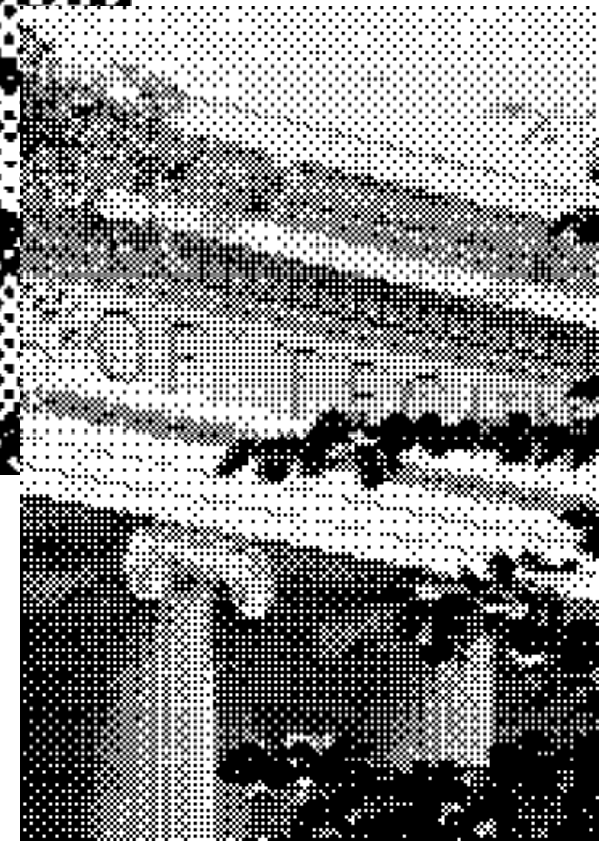
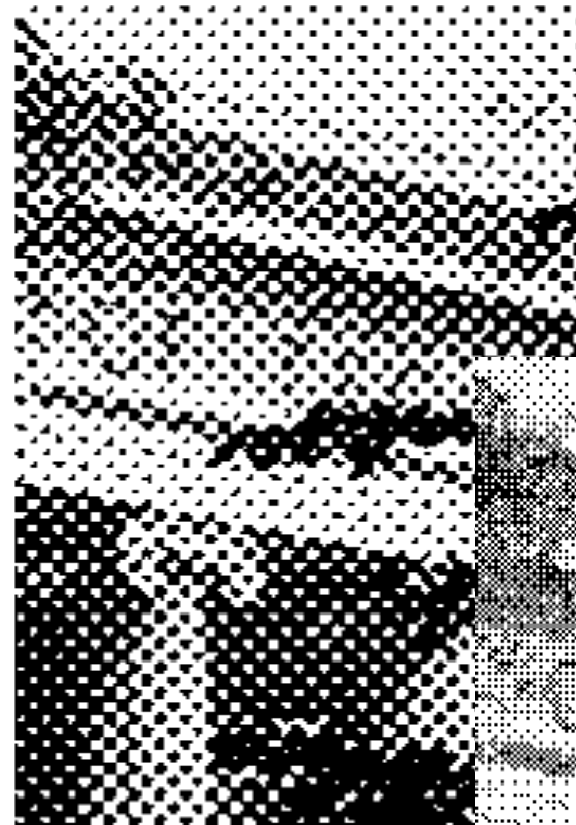
A képpixel nyomtatási megfelelője a változó számú képpont-csoportból álló cella. A cella pontkiosztó módszereit diterálásnak (dither, dithering*) vagy általánosabb értelemben féltónus (halftone) eljárásnak nevezik.

A többszínű nyomtatás egymásra nyomott CMYK színű cellákkal történik.

Minél több pontból áll a cella, annál több az árnyalatok száma. A felbontás térben és a felbontás mélységben (szín- illetve árnyalatszám) egymás rovására növelhető.

* Dither, angol, reszketés.





Néhány egyszerűbb pontkiosztási mód: küszöb (pixelszínből a küszöb felett fehér, alatta fekete lesz), fehér zaj (pixelszínből véletlenszerűen lesz fehér vagy fekete), fürtös (utánozza a féltónus eljárás pontnövekedését), irányítottan szórt (lásd a következő diákat).

Szórt diterálás (Bayer dither, 1973)

Pontelhelyezési sorrend: irányított (ordered dither).

Elv: a következő képpont hozzávetőlegesen egyenlő távolságra kerüljön a szomszédos képpontoktól.

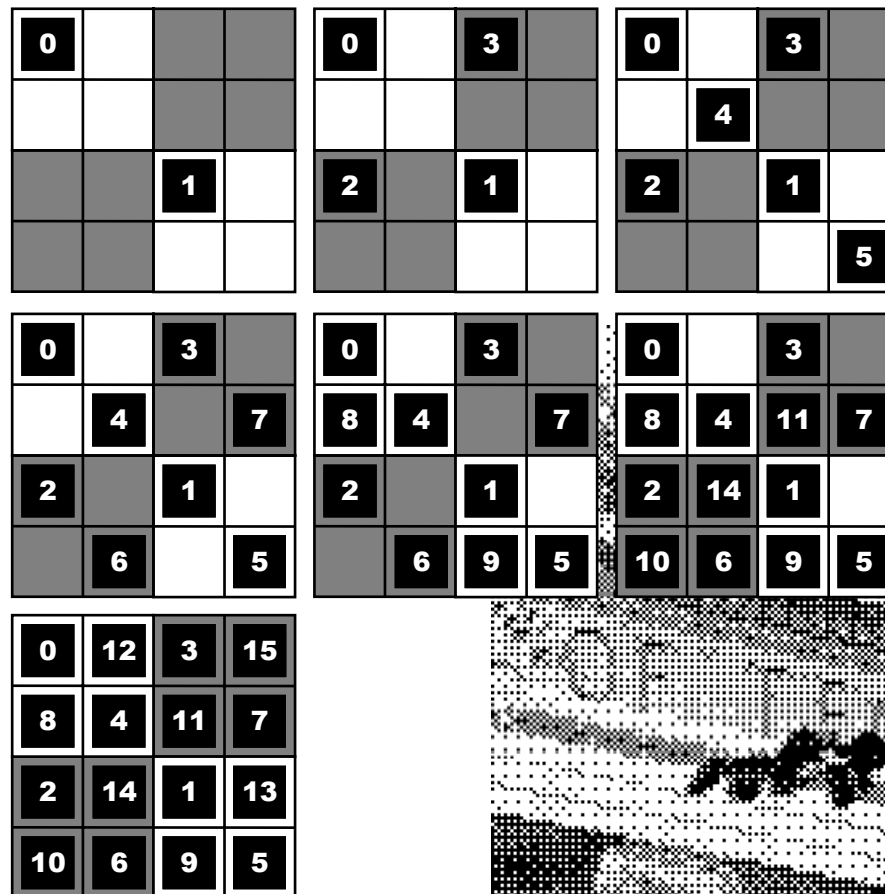
Előnye: a cella kevésbé látható. A jellegzetes mintázatok láthatósága a cella elforgatásával csökkenthető. Lásd a következő utáni diát.

Alkalmazási terület: tintasugaras nyomtatók.

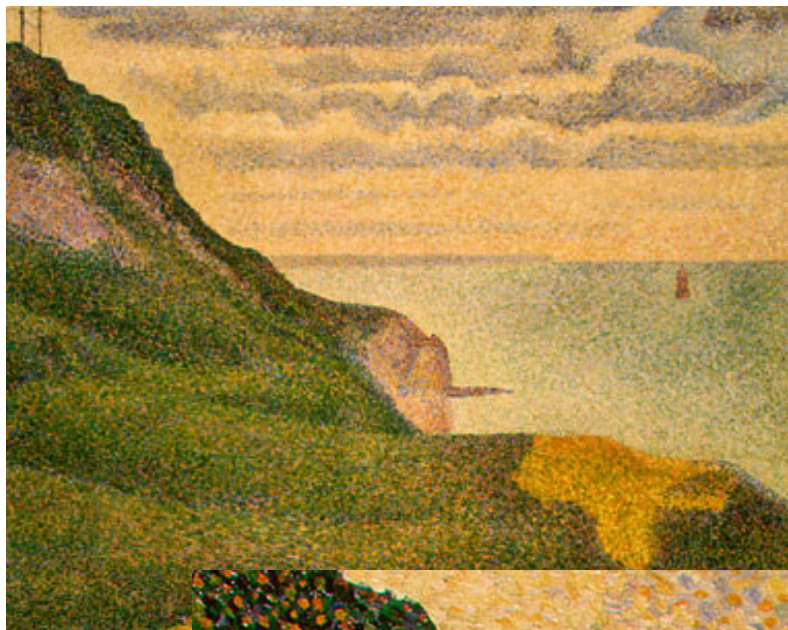
$$D_2 = \begin{bmatrix} 0 & 2 \\ 3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$D_n = \begin{bmatrix} 4D_{n/2} + 0 & 4D_{n/2} + 2 \\ 4D_{n/2} + 3 & 4D_{n/2} + 1 \end{bmatrix}$$

$$D_4 = \begin{bmatrix} 0 & 8 & 2 & 10 \\ 12 & 4 & 14 & 6 \\ 3 & 11 & 1 & 9 \\ 15 & 7 & 13 & 5 \end{bmatrix}$$

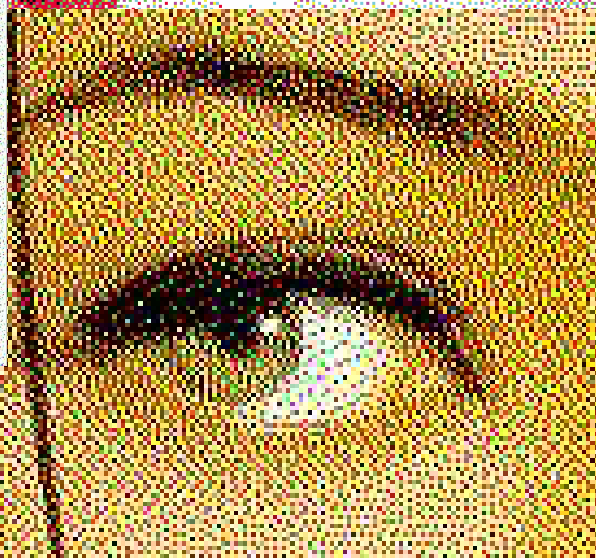


Pont elhelyezési sorrend két lépésenként.



Georges Seurat, Tengeri tájkép Port-en-Bessin-nél, Normandia, 1888

Baqai, 2005





www.star.bme.hu

Image Analyzer <http://meesoft.logicnet.dk/>

Fourier applet <http://falstad.com/fourier/>

Fourier applet <http://www.jhu.edu/~signals/index.html>

Fourier applet <http://cnyack.homestead.com/index.html>