

A **viszonylagos világosság** (relative brightness, lightness – relatív világosság, más szóval **kontrasztosság** vagy **kontraszt**) a képi információ azon jellemzője, amelynek alapján úgy tűnik, hogy az inger kibocsátó felület több vagy kevesebb fényt ver vissza egy hasonlóan megvilágított „fehér” viszonyítási felülethez képest. Ez a színjellemző természetesen csak valamilyen **háttér előtt** látható színek esetében értelmezhető, és valójában nem más, mint a megvilágítás és a megfigyelés egyéb körülményeinek rögzítése.

Viszonylagos világosság

Az **árnyalat** (hue) az a jellemző, amelyet olyan nevekkel illetünk megállapodás szerint, mint „piros”, „zöld” és így tovább.

Árnyalat

A **színesség** (colorfulness, chromaticness) az a jellemző, amelynek köszönhetően egy felületet színesnek vagy kevésbé színesnek találunk, tehát az **adott árnyalat erősségét** adja meg. Adott szín esetén az inger világosságának növelése színességérzetének növekedéséhez vezet (kivéve túlzott világosságnál).

Színesség

A **fényerő** (színerősség, chroma) az a jellemző, amelynek alapján megítéljük, hogy egy színes inger egy ugyanolyan világosságú színtől mennyire különbözik (viszonylagos színesség, relatív színesség).

Színerősség

A **telítettségnek** (saturation) azt a jellemzőt nevezzük, amelynek köszönhetően ítélni tudunk arról, hogy egy színes inger **világosságától függetlenül** mennyire különbözik egy másiktól, vagyis megadja a felület színességét világosságának függvényében. A telítettség ellentéte a **fehérfedettség**.

Telítettség

Átlagos feltételek mellett egy adott színű inger telítettsége szinte minden világosságszintnél állandó (kivéve túlzott világosság esetén).

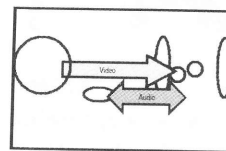
Vagyis ez esetben az inger színességét saját világosságához viszonyítjuk, míg a fényerő (chroma) esetében a viszonyítási alap az ugyanúgy megvilágított „fehér” felület. Egy adott inger telítettségét önmagában is vizsgálhatjuk.

2. Kép és grafika

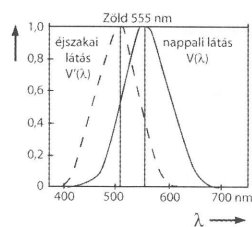
A digitális számítógépes képeknek (grafikáknak) két teljesen különböző fajtája van: a vektorgrafikák és a bitképek. Mielőtt részletesen ismertetnénk ezeket, lássuk pontos meghatározásukat:

A számítógépes grafika, pontosabban **vektorgrafika** (röviden grafika) egyszerű formákból (primitívekből) áll, és azok jellemzői határozzák meg.

- Grafikai primitívek például az egyenesek (vonalak), négyszögek, sokszögek, körök, ellipszisek.



4.12 ábra
Vektorgrafika.



4.11 ábra

A szem fényérzékenysége 555 nm-nél a legnagyobb; $V(\lambda) =$ fényérzékenység (nappali látás); $V'(\lambda) =$ fényérzékenység (éjszakai látás); Holzinger [98], 53 nyomán.

A recehártában három különféle csap található, amelyek más-más fényérzékenységi színanyagot tartalmaznak. Így például a 400 nm hullámhosszal rendelkező fény csak a „kékérzékelőt” ingerli. A 452 nm hullámhossz a „kékérzékelőt” meglehetősen ingerli, a „zöldérzékelőt” csak kicsit, az 500 nm-es hullámhossz pedig mindhárom érzékelőt ingerli és így tovább.

A színbenyomásokat tehát az egyes csapfajták különböző ingerelhetőségeinek köszönhetjük. Ha mindhárom csapot egyforma mértékben ingereljük, akkor van „fehér” benyomásunk. Ha a színeket csak tónusuk („színminőségük”) szerint, nem pedig világosság és telítettség szempontjából vizsgáljuk, akkor a hullámhossz két, éppen csak megkülönböztethető érték – 2 nm és 10 nm – között változik, attól függően, hogy a szín milyen hullámhossz-tartományból származik. A különböző csapok érzékenysége körülbelül 580 nm, 545 nm, illetve 440 nm:

- R • az 580 nm határérzékenységi csaptípushoz társítjuk a „vörös” (Red, piros) érzékelését,
- G • az 545 nm határérzékenységi csaptípushoz társítjuk a „zöld” (Green) érzékelését,
- B • a 440 nm határérzékenységi csaptípushoz társítjuk a „kék” (Blue) érzékelését.

24 bit elegendő ahhoz, hogy a színek 256 árnyalatát binárisan megkülönböztessük.

24 bit Egy szín kódolásához elegendő $3 \times 8 = 24$ bit (3 bájt).

1.4.2. A színészlelés vetületei

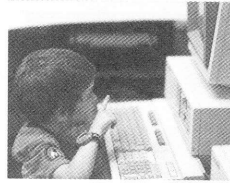
Egy szín egyértelmű azonosításához a következő három jellemző ismerete elegendő:

- világosság,
- árnyalat,
- telítettség.

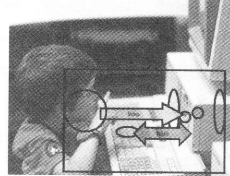
A színeket azonban környezetükhöz viszonyítva is le lehet írni.

Világosság

Világosság (brightness) alatt a képi információ azon jellemzőjét értjük, amelynek hatására az inger erősebbnek vagy kevésbé erőteljesnek bizonyul, illetve amelynek alapján úgy tűnik, hogy az ingert kibocsátó felület több vagy kevesebb fényt ver vissza. A világosság két szélsőértéke a világos és a sötét. A világosságot meg lehet adni egy környezethez képest is, és önmagában is (például sötét háttér előtt).



4.13 ábra
Bitkép.



4.14 ábra
Metagrafika.

- Jellemzők például a vonalvastagság, a vonalszín és a vonaltípus (egyenes, szaggatott stb.).

A grafika hagyományos formátumai például a PostScript, az EPS, a CDR, a DXF stb.

A digitális kép, pontosabban **bitkép** (röviden kép) nem más, mint egy n sorból, m képpontból (pixelből) álló rács. Hagományos **képfarmátumok** például a BMP (MS Windows), a MAC (Apple), a RAS (Unix), a TIFF stb.

A **metagrafika** rács- és vektoradatokat is tartalmaz. Hagományos **metaformátumok** például a WMF, a WPG, a CGM és a PICT.

A képek formátumuktól függetlenül óriási méretűek, ezért olyan nagy a **tömörítés jelentősége**. Széles körben elterjedt **tömörített képfarmátumok** például a GIF és a JPEG.

2.1. Képfajták

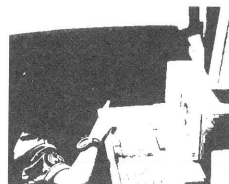
Ha multimédiás környezetben alkalmazunk képeket, két fontos szempontot kell mérlegelnünk:

- a fájl méretet és
- a megjelenítés minőségét.

A megjelenítés minősége szintén két dologtól függ:

- a színmélységtől és
- a felbontástól.

Internet alapú multimédia-rendszerek esetében a fájl méret a döntő tényező (lásd a 6. modult)



4.15 ábra
Fekete-fehér kép, képpontonként 1 bit információ tartalommal (vagy fekete, vagy fehér).

Az internet alapú multimédia-rendszerekben a fájlok méretével hatványozottan nő a kép letöltési és kirajzolási ideje.

Bármilyen képről is legyen szó, jól meg kell fontolni, hogy hol helyezzük el, és hogy alkalmazása szükséges-e egyáltalán.

Alapvetően a képek három fajtáját különböztetjük meg:

- fekete-fehér kép két lehetséges értékkel, képpontonként 1 bit információ tartalommal (vagy fekete, vagy fehér);
- szürkeshálás vagy féltónusú (raszterezett) kép 16 lehetséges értékkel, képpontonként 4 bit információ tartalommal, vagy 256 lehetséges értékkel, képpontonként 8 bit információ tartalommal;

- színes kép 16,7 millió lehetséges értékkel (true color, vagyis valós színű), képpontonként 24 bit információ tartalommal (8-8 bit mind a pirosnak, mind a zöldnek, mind a kéknek).

Színes képek esetében alapvetően három információ fontos:

- az árnyalat (hue, a fény hullámhossza, a zöldé például 555 nm),
- a világosság (brightness, mennyire van közel a feketéhez, illetve a fehérhez; fekete = 0%, fehér = 100%, a gyakorlatban a világosság helyett gyakran használják a fényesség – luminance, luminancia – kifejezést),
- a fényerő (chroma, a szín erőssége).

Vigyázat! A lapolvasók (szkennerek) és színes monitorok másmilyen színmodellt használnak a színek meghatározására (lásd a 2.3 fejezetet), mint a nyomtatók vagy a nyomda. Mielőtt a szín a nyomtaton megjelenik, át kell alakítani a másik színmodell szerint. Ez az oka annak, hogy a színek a nyomtatásban nem mindig ugyanúgy jelennek meg, mint a képernyőn.

2.2. Színmélység

A képernyők (VDU, Video Display Unit) a multimédia-rendszerek fontos kimeneti egységei (lásd 4. fejezet). A képernyőn azonban csak korlátozott számú színt ábrázolhatunk egyidejűleg. Ezt a korlátozást **színmélységnek** nevezzük:

$$C = 2^D$$

- C* a különböző színek (vagy szürkeárnyalatok) száma,
D színmélység bit per képpontban (bit/pixel).

Példa: A képpontonkénti 4 bit 2^4 ($2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 16$) különböző szín-, illetve szürkeárnyalatot eredményez. A leggyakrabban használt színmélységek (4.18 ábra) a 8 bites színmélység = 256 szín, a 16 bites színmélység = 65 536 szín (high color, magas színhűség) és a 24 bites színmélység = 16,7 millió szín (true color, valódi színhűség).

Még kell azonban jegyezni, hogy a 16,7 millió szín csak elméleti lehetőséget jelent. Ahhoz, hogy ilyen mennyiségű színt valóban ábrázolni tudjunk, egy 4096-szor 4096 képpontú képernyőre lenne szükségünk, ahol minden képpont más-más színű.

A gyakorlatban már a 16 bites színkódolás is elég jól megközelíti az emberi színérzékelő képességet, és teljes mértékben elegendő a színhűséghez. Az RGB színtérben már ezt is „valódi színeknek” (real color) nevezik.



4.16 ábra

Szürkeskálás kép, képpontonként 4 bit információ tartalommal ($2^4 = 16$ szürkeárnyalat).



4.17 ábra

Szürkeskálás kép, képpontonként 8 bit információ tartalommal ($2^8 = 256$ szürkeárnyalat).

4.18 ábra
A színmélységekhez tartozó
színek száma.

Színmélység	Színek száma
1 bit	2 (fekete-fehér)
2 bit	4
4 bit	16
8 bit	256
16 bit	32.768
24 bit	16,7 millió
32 bit	16,7 millió + kiegészítő csatornák

2.3. Színmodellek

A szín egyéni benyomás

Az már eddig is nyilvánvaló volt, hogy a szín *nem* egy adott test tulajdonsága, csupán egyénileg észlelt benyomás.

- A multimédia-rendszerekben a színek alkalmazásához minden színt egyértelműen egy értéknek kell megfeleltetni, csak ekkor lesz lehetőségünk a különböző színek azonosítására és megkülönböztetésére.

Mivel a legtöbb ember akár 350 000 színárnyalat megkülönböztetésére is képes (az átlagérték 50 000 és 300 000 között van), színmodelleket kellett bevezetni, amelyek a különböző színeket számértékeknek feleltetik meg. Ilyen nagy számú színárnyalat mellett az olyan egyéni elnevezéseknek, mint például a „halványkék” vagy „középkék”, nem sok értelme lenne.

A színmodellek között találunk

- fizikai-technikai és
- érzékelésközpontú modelleket.

A színmodellek arra szolgálnak, hogy a színeket elhelyezzük a színskálán, ugyanakkor segítségükkel nem lehet minden látható színt leírni, csak azok egy részhalmazát.

2.3.1. Fizikai-technikai színmodellek

A fizikai-technikai színmodellek a színeket az alapszínek keverékeként határozzák meg.

Mivel az emberi szemben háromféle fényérzékeny csap van, elég korán kidolgozták az úgynevezett „három elméletet”, ami ma is a színes televízió, a színes képernyő, a színes fényképezés és a színes nyomtatás alapja.

A hármass elmélet szerint a három alapszínből bármely szín kikeverhető. Az alapszín legjellemzőbb sajátja, hogy a másik két alapszín keveréként nem állítható elő.

Az egyes modellek alapvetően abban különböznek, hogy más-más alapszíneket választanak és másképp keverik azokat.

Az **additív színkeverés** (összegző színkeverés, 4.19 ábra) alapja három „fényszín” („lámpafény”) keveréke, ami a keverés során egyre világosabb színt eredményez.

A **szubtraktív színkeverés** (kivonó színkeverés, 4.20 ábra) során három „festszín” (festmények vagy nyomtatók színei) kioltáson alapuló keverésével egyre sötétebb színt kapunk.

A legjelentősebb fizikai-technikai színmodellek a következők:

- az RGB modell (additív színkeverés: képernyőn, televízió),
- a CMY modell (szubtraktív színkeverés: nyomtatón),
- és az YIQ modell (televízió az Egyesült Államokban: valójában nem önálló színmodell, hanem az RGB modellből ered).

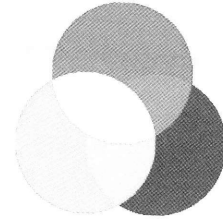
A következőkben ezeket a modelleket részletesebben is megvizsgáljuk.

Az RGB modell

Az RGB modell **additív színkeverési modell**. Ha a három alapszínt, a pirosat (red, 600 nm), a zöldet (green, 535 nm) és a kékét (blue, 470 nm) bizonyos arányban (0,3 piros + 0,59 zöld + 0,11 kék = 1) összekeverjük, fehér színt kapunk.

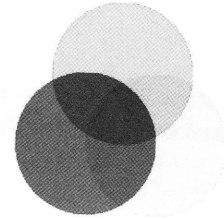
Az RGB modellben minden színt egy derékszögű koordináta-rendszerben ábrázolt egységnyi oldalú kocka elemeként határozzuk meg. A koordináta-rendszer pozitív tengelyein a három alapszín, a pirosat, a zöldet és a kékét találhatjuk (4.21 ábra).

Az egységkocka főátlója a (0,0,0) pontból az (1,1,1) pontba tart, és az alapszíneket egyforma mértékben tartalmazó színeket tartalmazza. Kezdőpontja a fekete (0,0,0), végpontja a fehér (1,1,1), közöttük pedig a szürke minden árnyalata megtalálható.



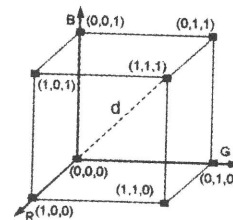
4.19 ábra

Az alapszínek összegzéséből additív színkeveréssel fehér színt kapunk.



4.20 ábra

Szubtraktív színkeveréssel a színek összege fekete lesz.



4.21 ábra

Az RGB színekockán a szürkeárnyalatok a d főátlón találhatók.

Az egyes színeket oly módon írja le a modell, hogy a fekete színhez milyen mértékben szükséges az alapszíneket hozzákeverni, hogy a kívánt színt kapjuk.

A képernyők (monitorok) az RGB modell alapján működnek.

A színes képcsövek esetében a képernyőre (katódsugárcső) háromféle foszfort visznek fel. Ezt a színhármast három, egymástól független elektronágyú vezérli, és a színes képet három monokróm (egyszínű) részképből (RGB) állítja össze.

Ha két képernyőt különböző foszforfajtákból állítunk össze, más színeket kapunk, de a színek átszámíthatók a másik képernyő színeire.

Számítógépekben a színek leírására az RGB modellt alkalmazzák leggyakrabban.

Ezzel a modellel ellentétben a HLS modell (lásd 2.3.2 fejezet) a például festőművészek által is alkalmazott „intuitív módszeren” alapul. A piros, zöld és kék színek arányának megadása helyett a színek meghatározása az árnyalat, a világosság és a telítettség hármásának függvényében történik.

A CMY modell

Hogy a színeket el tudjuk képzelni, lásd Color Tutorial [W5]

A CMY modell (cyan, magenta, yellow, vagyis cián, bíbor, sárga) az RGB modellhez hasonlóan derékszögű koordináta-rendszerben ábrázolható, csak a legvilágosabb szín – a fehér – helyet cserél a feketével. A színeket ebben az esetben nem úgy határozzuk meg, hogy mit kell a feketéhez adni, hanem épp ellenkezőleg, hogy mit kell a fehérből elvenni. Ezért a CMY modellt **szubtraktív színmodellnek** nevezzük. A cián, bíbor és sárga színek keveréke feketét eredményez.

A CMY modellt nyomtatókon alkalmazzák, és a fehér fény visszaverődésének fizikai folyamatán alapul.

Ezzel a **háromszínyomósos technikával** nyomott színek gondoskodnak arról, hogy a fehér fény bizonyos színrészeit kiszűrjék, és így ne verjék vissza.

Így például a papírra nyomott cián gondoskodik arról, hogy a papírra eső piros fényt a felület elnyelje, és így a fénynek csak a zöld és kék részét verje vissza. A bíbor elnyeli a zöldet, a sárga pedig a kéket. Ha ciánt és sárgát nyomunk egymás fölé a papírra, akkor a rávetülő fényből csak a zöldet teri vissza. Ha mindhárom színt együtt nyomjuk a papírra, akkor az a pirosat, a zöldet és a kéket is el fogja nyelni, így fekete színt kapunk.

A CMYK modell

Profi nyomdákban gyakran fekete tintát is használnak (a K a fekete – black – jele a CMYK betűsorban), mivel segítségével „sötétebb feketét” tudnak nyomni, mint a három alapszín keverésével, továbbá e négy színnyomósos technikának köszönhetően a száradási folyamat is felgyorsítható, mivel kevesebb cian, bíbor és sárga festéket kell felhasználni. A tároláshoz szükséges hely viszont növekszik, hiszen három helyett négy színinformációt kell feldolgozni.

cián-bíbor-sárga-fekete

A képernyők a CMYK képeket is az RGB modell színeivel jelenítik meg, ehhez viszont át kell alakítani azokat (általában olyan képfeldolgozó programok segítségével, mint a Photoshop).

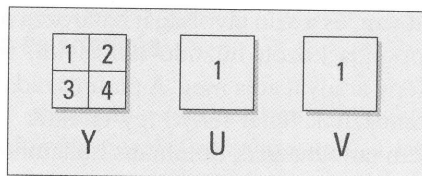
Az YIQ és az YUV modell

Az YIQ modellt a hagyományos színes televízió-technikában alkalmazzák (NTSC szabvány, USA), és a színes és fekete-fehér televíziózás összehangolását szolgálja. A színeket az YIQ színjellemzők segítségével írják le, ahol az Y a világosságot jelöli, a színeket pedig az I és a Q segítségével kódolják. A fekete-fehér televíziókészülékeken csak az Y összetevők láthatók.

Y = világosságjel (luminance)
I/Q = színjelek (chrominance)

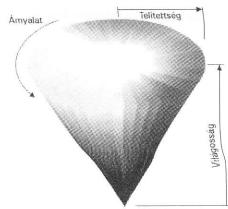
A gyakorlatban bebizonyosodott, hogy az emberi szem kis felbontás esetén a színértékeket világosságértékeként észleli, ezért némelyik digitális képszabvány az RGB kódolást három síkra váltja: egy világossági síkra (szürkeárnyalatok, Y), és két színsíkra (U/V vagy Cr/Cb). E síkok oldalait aztán megtekinthetjük (mint később látni fogjuk, ez történik a JPEG esetében is), vagyis területüket negyedelhethetjük, így nagymértékben csökken az adatmennyiség (és egyben adatvesztés is fellép).

A kódolás e formáját 4:1:1 színtérnek is nevezzük (4.22 ábra).



4.22 ábra
A 4:1:1 színtér az YUV modellben.

Mivel szemünkben sokkal több világosság-érzékelő sejt van, mint amik a színek változását érzékelnek, színinformációkat kisebb sáv szélességgel is továbbíthatunk, anélkül, hogy a kép minőségét rosszabbnak érzékelnénk.



4.23 ábra
Az Oldenburgi Egyetemnek az Interneten megtalálható nagyon jó színmodell-ábrázolása [06].

2.3.2. Érzékelésközpontú színmodellek

Az érzékelésközpontú színmodellek az emberi érzékeléshez igazodnak, és az alábbi jellemzőkre épülnek:

- árnyalat,
- világosság,
- telítettség.

A legfontosabb érzékelésközpontú színmodellek:

- a HSV modell, és
- a CIE-XYZ modell.

A HSV modell

A felhasználóközpontú HSV modell előnye, hogy jobban alkalmazkodik az emberi színérzékeléshez, segítségével a célzott színválasztás egyszerűbb. A modell meghatározója a következő három jellemző:

- szín (hue): **H**,
- telítettség (saturation): **S**,
- világosságérték (brightness value): **V**.

A HSV modell a színteret egy hatszögű piramis segítségével képezi le. A piramis csúcsa a $V = 0$ (fekete) értéknek felel meg, az alapél pedig a $V = 1$ (fehér) értéknek (**V-értékek**).

Az árnyalatot a **H-érték** adja meg, melynek értéke 0 és 360 fok között van. A piramis alapéleinek csúcsaihoz rendelt színek értékei: piros 0, sárga 60, zöld 120, kékeszöld 180, kék 240 és bíbor 300 fok.

Az **S-érték** 0 és 1 között van, és a szín távolságát határozza meg a piramis csúcsa és az alap középpontja között húzódó tengelytől, vagyis a telítettség a színben levő fehér fény arányát adja meg. A piramis oldalainál található telített színek nem tartalmaznak fehér fényt, így értékük 1. A fehér fény és a szürke árnyalatai nem tartalmaznak domináns hullámhosszú színt, így értékük 0. Így tehát a telített színek és a fehér közti keverékek 0 és 1 közötti S-értékeket vesznek fel.

CIE színdiagram

A színinger bizonyos érzékelőket (R, G vagy B) ingerel, és szabványos színekkel írhatjuk le oly módon, hogy a csapfajta ingerlésének viszonylagos szesedését tüntetjük fel a színdiagramon. A három, minden látható hullámhosszúságú fény összeállításához szükséges alapszín értéke azonban nem mindig pozitív. Így például a „piros” negatív, hogy az 500 nm hullámhossz létrejöhesse, bár a negatív értékek e szükségessége előnytelen.

Éppen ezért határozta meg a CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) már 1931-ben a **három alapszín** X, Y és Z-ben, amelyek a színkeverésnél a pirosat, zöldet, és kéket helyettesíteni hivatottak. Ezekkel az újonnan meghatározott alapszínekkel a színskála bármely színét összeállíthatjuk pozitív súlyozással. Az X, Y és Z alapszínek egy háromdimenziós színteret határoznak meg. Az $X + Y + Z = 1$ síkban minden látható színt meghatározhatunk. Egyazon szín ugyanazon árnyalatú, ám különböző világosságú változatait egy pontban ábrázoljuk a tartományban. Ha az $X + Y + Z = 1$ síkot az (X,Y) síkra vetítjük, megkapjuk az úgynevezett **CIE színdiagramot**. A színskála 100 százalékig tiszta színei az íves szélen találhatóak. A „szabványos” fehér fényt (ami megközelítőleg a „napfénynek” felel meg) középen egy pont ábrázolja.

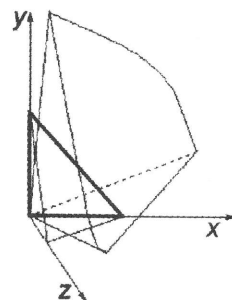
A CIE színdiagram segítségével minden szín tisztasága és domináns hullámhossza mérhető, de nem árul el semmit a fényerőre vonatkozó színérzékelésről. Így például a barna szín nem jelenik meg a diagramban, mivel a barna olyan narancspirosas szín, amelynek környezetéhez képest nagyon alacsony a fényereje, tehát a CIE diagram semmiképp nem nevezhető teljesnek. Az (X,Y,Z) térben végtelen sok sík található, amelyek mindegyikét a színdiagramra vetítjük. E folyamat során a fényerőre vonatkozó információk elvesznek. E síkok mindegyike más színeket tartalmaz.

A CIE színdiagram fontos alkalmazási területe a **színpaletták** (színháromszög, „gamut”) meghatározása, amelyek a színek összeadódásának eredményét mutatják. Ha tetszőleges I és J színeket összeadunk, akkor a kettejük közötti vonalon levő bármely színt előállíthatjuk a két szín arányának megváltoztatásával. Ha alkalmazunk egy harmadik K színt is, akkor az IJK háromszögon belüli összes szín előállítható az arányok módosításával. Ennek alapján láthatjuk, hogy miért nem lehet a piros, zöld és kék szín segítségével minden színt kikeverni: nem létezik olyan színháromszög, amelynek sarkai a látható területen belül vannak és azt teljesen lefedik.

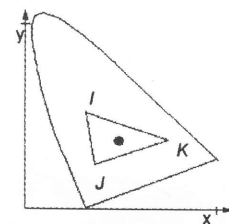
2.4. Arányosítás és közelítés

Ahhoz, hogy egy multimédia-rendszerben a képeket színeltolódás nélkül meghatározott színmélységgel ábrázolhassunk, a képeket a színskálához kell igazítanunk, azaz arányosítani („indexelni”) kell. Az **arányosítás** során szükségszerűen romlik a minőség. Ha például egy 16,7 millió színes kép minden egyes részletét egy 256 színű skálának próbáljuk megfeleltetni, óhatatlanul elnagyolt lesz az eredmény. A minőséget egy **közelítő eljárás** (folyamatos színközelítés, angolul dithering) javíthatjuk. Az eljárás során a palettából hiányzó színeket különböző színképpontok egymásra tolásával próbálják megközelíteni (egy szórórács segítségével), így szemünk az eredetit egészen megközelítő színt észlel. A közelítés segítségével már alacsony

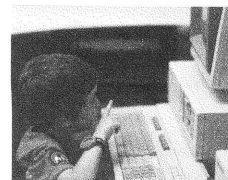
A CIE nem azonos a CIX-szel (Commercial Internet Exchange, amint néha CIE-nek is neveznek)



4.24 ábra
A térbeli CIE színdiagram.



4.25 ábra
A CIE színháromszög.



4.26 ábra
A mintázatos közelítés (fent) és a szórt közelítés (lent) közti különbség.

színmélység esetén is elfogadható képminőséget nyerünk, valamint segítségével a fájl méret is kicsinyíthető. Közelítést kétféle ráccsal (raszterrel) végezhetünk (a 4.26 ábrán láthatjuk az összehasonlítást):

- mintázatos közelítést (pattern dithering) szórórács segítségével érhetünk el
- szórt közelítést (diffusion dithering, diffúz közelítés) pedig véletlenszerű szórással.

2.5. A bitképek felbontása

A felbontás azon képpontok (pixelek) mennyiségét adja meg, amelyek egy adott felületen egy jel vagy grafika ábrázolásához rendelkezésre állnak. A számítógép képernyőjénél a hüvelykenkénti képpont-mennyiséget (pixel per inch = ppi) adják meg, a kimeneti egységekhez (pl. nyomtató) a hüvelykenként nyomott pontok mennyiségét (dots per inch = dpi), a lapolvasókhoz pedig azt a hüvelykenkénti képpont-mennyiséget, amit az eszköz a kép beolvasása közben fel tud dolgozni. A kimeneti egység felbontása befolyásolja a részletek pontosságát és azt az árnyalattartományt, amelyet a bitkép visszaadásakor elérhetünk.

A bitkép legkisebb egysége a képpont.



4.27 ábra
A 72 dpi-s kép nyomtatásban erősen ráncszott hatású.

A nagy felbontású bitképek rengeteg adatot tartalmaznak minden egyes képpont elhelyezkedéséről és színéről, hogy nagy részletpontossággal dolgozhassunk. Ebből logikusan következik, hogy a kisebb felbontású bitképek kevesebb adatot tartalmaznak, így kevésbé kidolgozottak (4.27 ábra).

Mégsem mondhatjuk, hogy egy nagyobb felbontású bitkép jobb nyomtatási képet eredményez, hiszen előfordulhat, hogy a kimeneti egységen olyan nagy mennyiségű adat meg sem jeleníthető.

A felbontást a következő összefüggéssel számíthatjuk ki:

$$a = \frac{n_{px}}{l}$$

1 hüvelyk = 2,54 cm
1 cm = 0,394 hüvelyk

a felbontás dpi-ben,
 n_{px} oldalhossz képpontban,
 l oldalhossz hüvelykben.

2.6. Képméretek

Egy 24 bites true color fájl minden egyes képpontjának tárolásához három bájt memória szükséges. Vagyis egy n képpont széles, m képpont magas RGB kép tárolásához $n \times m \times 3$ bájt hely szükséges (vízszintes \times függőleges \times 3).

Tehát egy 9×13 cm-es ($= 3,54'' \times 5,11''$), 300 dpi felbontású RGB képhez $1062 \times 1536 \times 3 = 4,89$ MB tárolóhely kell. Ha ugyanezt a képet 4 bites szürkeskálában tároljuk, 1,6 MB területre van szükségünk. Ez az alapvetően nagy helyigény teszi olyan fontossá a tömörítést.

3. Képfájlfarmátumok

Központi kérdésünk: melyik kép milyen célra a legmegfelelőbb?

3.1. Vektorgrafikák

A vektorgrafikák (más néven objektumközpontú – objektumorientált – grafikák) matematikailag pontosan meghatározott görbékből (alapvető mértani alakzatokból) állnak, illetve egyenesekből, amelyeket vektoroknak neveznek. A vonal meghatározásához három adatra van szükségünk:

- a kiindulópont koordinátáira (eredet),
- a végpont koordinátáira (a vektor csúcsa) és
- a vonalvastagságra.

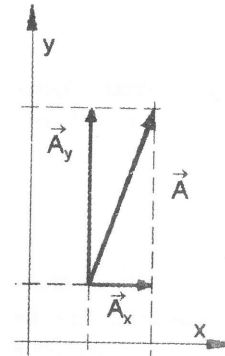
Ennek megfelelően egy kör esetében a középpont koordinátáira (eredet), sugarára (vektor csúcsa) és persze megint a vonal vastagságára van szükségünk. Ezek a grafikák **méretezhetőek**, vagyis egyszerűen a méretarányok megváltoztatásával nagyíthatók, illetve kicsinyíthetők. A vektorgrafikák továbbá a felbontástól is függetlenek, vagyis az adott nyomtató vagy képernyő felbontásának megfelelően nyomtathatók, illetve ábrázolhatók. A vektorgrafikák előnyei:

- kisebb helyen tárolhatók, mint a bitképek,
- tetszőleges pontosságúak, nem függenek a felbontástól,
- mindenféle veszteség nélkül átméretezhetőek.

Vektorgrafikát érdemes használnunk olyan képek esetében, amelyek vonalakon alapuló információt vagy elemeket tartalmaznak, vagy könnyen átalakíthatók vonal alapú információkká (ilyen például a szöveg).

A vektorgrafikák hátrányai:

- nem alkalmasak képpontonként változó színű, összetettebb képek (például fényképek) ábrázolására,
- megjelenésük függ az alkalmazott programtól,
- az azonos adatokat nem mindig azonosan értelmezik.



4.28 ábra

A vektor hossza, iránya és kezdőpontja határozza meg egyértelműen.

A visszaadás minősége természetesen a vektorvisszaadó készülékeken (rajzgép, plotter) a legmegfelelőbb.

Vektorgrafikus formátum például a PostScript és a DXF.

3.1.1. PostScript, Encapsulated PostScript

A PostScript a lézernyomtatókon megfelelő hardver (RIP) segítségével közvetlenül értelmezhető

A PostScriptet 1984-ben az Adobe cég fejlesztette ki és a lézernyomtatók elterjedésével lett átfogó nyomtatási formátumként közismert.

Technikailag nézve a PostScript tisztán **lapeíró nyelv**. A PostScript fájlok egyszerű ASCII (szöveg-) fájlok, így szövegszerkesztő programmal bármikor létrehozhatók vagy módosíthatók, bár ez általában grafikai programmal történik.

PDL – Page Description Language (lapeíró nyelv)

A PostScript információt nyújt a nyomtatási vagy képpoldal teljes felépítéséről, vagyis a szövegről, vektorgrafikáról és a beszúrt raszteres képekről (bitképekről), amelyeket a többi képelemhez hasonlóan tizenhatos számrendszerű (hexadecimális) számokkal írnak le. Valójában a PostScript fájlformátum nem csupán egyetlen oldal leírására korlátozódik, hanem teljes programnyelv.

4.29 ábra
A PostScript formátum rövid áttekintése.

Fájlkiterjesztés:	.ps .eps .epsf .epsi
Formátum:	Vektor
Színek:	1/4/8/24 bit
Tömörítés:	A változatnak megfelelően
Legnagyobb képméret:	Nincs korlátozás

A PostScriptet rendszeresen továbbfejlesztik. Jelenleg három változata van:

- PostScript Level 1
- PostScript Level 2
- Display PostScript

Betűtípusok

A PostScript Level 1-et a magas minőségű betűtípusok számára hozták létre 1990-ben, miután a Microsoft és az Apple bevezették a TrueType formátumot. E változat hátránya a korlátozott szintámogatás.

A PostScript Level 2 tömörítésre (például JPEG) is lehetőséget nyújt. A Level 2 tökéletesen képes együttműködni a Level 1-gyel, azzal a további előnnyel, hogy teljes színkezelést biztosít, mind eszközfüggetlenül, mind eszközfüggetlenül.

A Display PostScript a PostScript képernyőn történő megjelenítésére szolgáló bináris formátum (vagyis nem szöveg), és csak kevés rendszer dolgozik vele (például a Next számítógépek).

A PostScript nyomtatókban van egy beépített processzor (RIP), amely a PostScript kódot közvetlenül dolgozza fel. Ez a PostScript-szövegek vektorinformációit a kimeneti egységen közvetlenül képpontokká alakítja.

RIP = Raster Image Processor, raszterkép-feldolgozó

Mivel a vektorinformációk feldolgozása csak a kimeneti egységen történik, a PostScript hardverfüggetlen.

A PostScript nyomtatók mellett sok más grafikus kimeneti egység is használja ezt a formátumot, például a levilágító berendezések.

Az EPS (más néven EPSF) az Encapsulated PostScript File rövidítése; ebben a változatban az eredeti PostScript kódot egy sor kiegészítő megjegyzés (DSC, Document Structuring Conventions – dokumentumszerkezeti leírás) köríti, amelyek lehetővé teszik, hogy a tartalmat más PostScript szövegekkel vagy grafikákkal tetszőlegesen keverjük.

A DSC mindig legalább két sorból áll: a 4.30 ábrán például az Adobe 3.0 jelöli az adott DSC-változatot, az EPSF-3.0 pedig az adott EPS-változatot. A „Bounding Box” megadja a grafika bal alsó (ll = lower left) és a jobb felső (ur = upper right) sarkának vízszintes (x) és függőleges (y) koordinátáit. A Bounding Box (befoglaló doboz) egy olyan négyzetet ír le, amelyben a grafika még éppen elfér. Sok PostScript nyomtatómeghajtó azonban (például MS Windows rendszeren) befoglaló dobozként az egész oldalt megadja, nem csak a grafika területét.

```
%!PS-Adobe-3.0 EPSF-3.0
%%BoundingBox: llx lly urx ury
```

4.30 ábra
Document Structuring Conventions (DSC) a PostScriptben.

Ennél többnyire jobb az alkalmazáson belülről elérhető (exportált) függvények (ekkor a nyomtatómeghajtót nem használjuk). Néhány PostScript fájl e két sor beszúrásával átalakítható EPS fájlá.

Az EPS azonban csak részhalmozza a PostScriptnek, és nem tartalmaz minden parancsot. Az EPS fájl például csak egyetlen grafikus oldalt tartalmazhat, a PostScript fájl pedig tetszőleges számút. A PostScript, illetve EPS fájlokat PostScript nyomtatókon kinyomtathatjuk, de ezeket a fájlokat közvetlenül beolvasni és a képernyőn értelmezni jelenleg csak kevés program képes. A PostScript grafika helyén ekkor csak egy üres keret („helyőrző”) jelenik meg.

Ahhoz, hogy a PS/EPS fájlokat nyomtatás előtt a képernyőn megtekinthessük, olyan különleges PostScript-néző alkalmazásra van szükségünk, mint például a szinte minden rendszerre elérhető Ghostscript program.

Ghostscript [W-09]

Display PostScript rendszerek esetében nincs szükség külön programra ahhoz, hogy a fájlt a képernyőn megjelenítsük.

3.1.2. DXF

AutoCAD

A DXF a (például a CAD/CAM/CIM területhez készített) vektorközpontú programok formátuma, amelyet az Autodesk, a híres AutoCAD program fejlesztő cég dolgozott ki. A DXF tisztán ASCII formátum, így egy egyszerű szövegszerkesztő (editor) segítségével bármikor beolvasható és módosítható. A DBX a DXF fájl bináris változata.

4.31 ábra
A DXF formátum rövid áttekintése.

Fájlkiterjesztés:	.dxf
Formátum:	Vektor
Színek:	Legfeljebb 8 bit
Tömörítés:	Nincs
Legnagyobb képméret:	Nincs korlátozás

Fejléc
Táblázatok
Tömbök
Elemek
Fájl vége

4.32 ábra
A DXF fájl felépítése.

Sok más vektoros formátummal ellentétben a DXF háromdimenziós alakzatok tárolására is képes. A színek száma ugyan legfeljebb 256 lehet, de ez a CAD igényeit teljesen kielégíti. Adattömörítés nem használatos, mivel a fájl méretet nem csökkentené számottevően (a vektorformátumú fájlok ilyenekesen kevesebb felesleget tartalmaznak, mint a képpontleírók).

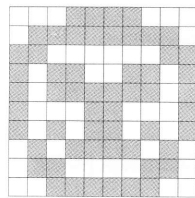
A DXF fájl felépítését a 4.32 ábrán láthatjuk: a **fejléc (Header)** részben megadunk minden változót, amit a rajzolás során használni fogunk, valamint meghatározzuk meg a használni kívánt színeket és a szükséges képkivágást. A **táblázatok (Tables)** rész táblázatos formában tartalmazza a rajztól függő elemek meghatározását. A **tömbök (Blocks)** rész a grafikus elemeket tartalmazza, amelyeket a rajz elhelyezésekor tömbökben határoztunk meg.

A rajzelemek tényleges meghatározásait az **elemek (Entities)** rész tartalmazza. Ez az egyetlen rész, amelyet minden DXF fájl tartalmaznia kell.

3.2. Bitképek

A bitképek (bitmap = képponterület) egy derékszögű rácsban (raster) pontok négyzetekből (képpont, pixel) tevődnek össze (4.33 ábra).

Minden egyes képpont szín- és sűrűséginformációt tartalmaz, tehát az a képpont fekete-e vagy fehér, színes-e vagy a szürke valamelyik árnyalata.



4.33 ábra
A bitképek szerkezete.

A bitképes fájl mérete a benne levő színinformációk mennyiségétől függ.

A vektorgrafikákkal ellentétben – amelyeket a vonalak és görbék módosításával dolgozunk fel – a bitképek esetében képpontcsoportokkal dolgozunk, ezért a bitképek függenek a felbontástól.

Ha kis felbontású képeket készítünk, majd felnagyítjuk azokat vagy nagy felbontásban kinyomtatjuk, gyakran éleetlenek lesznek, és veszítenek részlet-pontosságukból (4.34 ábra).

A bitképek előnyei:

- a képpontok módosítása akár egyenként, akár csoportosan nagyon egyszerű (például a színeket lehet változtatni stb.),
- a bitképeket tökéletesen vissza tudják adni az olyan kimeneti egységek, amelyek az adatokat képpontonként jelenítik meg (nyomtató),
- a vektorgrafikákkal ellentétben a valóság kifejezéséhez gazdag eszköztár áll rendelkezésre, tehát e képek valóságűek lehetnek.

A bitképek hátrányai:

- a képpontok korlátozott ábrázolása,
- a görbéket a képpontok miatt csak megtörten, szakaszosan tudjuk ábrázolni,
- nagy fájlméret, különösen színes képek esetében.

A bitképek rosszul kicsinyíthetők, illetve nagyíthatók. Nagyításkor egyszerűen csak megsokszorozzuk a képpontokat, így a kép megváltozik; kicsinyítéskor pedig egyes képpontok egyszerűen eltűnnek.

Bitképeket csak abban a felbontásban lehet szépen nyomtatni, amelyben készültek.

Bitképformátumok százait ismerjük, a gyakorlatban azonban csak keveset használnak közülük a multimédia területén. Most csak néhány alapvető formátumot ismertetünk, majd a tömörítésről ejtünk szót, végül a gyakran használt tömörített fájlformátumokról.

4.3.1. BMP

A bitképnek (bitmap) a multimédia-technika területén a következő két jellemzése ismert:

- bitkép (képponttömb) általában, mint minden raszteres kép, és
- bitkép, mint a BMP fájlkiterjesztésű fájlformátum, elsősorban MS Windows és OS/2 rendszereken.



4.34 ábra

72 dpi-s felbontásnál nyomtatás-kor egyértelműen látható a bitkép rácsa. Ugyanez történik, ha nagyítják a képet: egységnyi hossz-ra kevesebb képpont jut, így a szem érzékeli a rácsozottságot.

A BMP formátum a kimeneti egységtől független (eszközfüggetlen).

Ez a formátum különböző képernyőkön és nyomtatókon is megjeleníthető, és ma már más operációs rendszerek programjai is támogatják. Alapja az RGB színmodell, bár alkalmas színtáblázatok segítségével a monokróm (egyszínű) vagy szürkeskálás képek kódolására is lehetőséget ad.

4.35 ábra
A BMP formátum rövid áttekintése.

Fájlkiterjesztés:	.bmp .dib
Formátum:	Raszter (képpontrács)
Színek:	1/4/8/24 bit
Tömörítés:	Nincs (vagy RLE)
Legnagyobb képméret:	65 536 × 65 536 képpont

A 4.36 ábrán láthatjuk, hogy ennek a formátumnak egy fejléc- (header) és egy adattartománya van. A fejléc neve „BITMAPINFO”, és olyan adatokat tartalmaz, mint a méret, a színmélység, a színtáblázat és a tömörítési mód. Az adattartományban pedig a vonalak pontjainak színértékeit találhatjuk sorban egymás után. A vonalakat egy 32-vel osztható értékig meghosszabbítják, és nulla értékekkel feltöltik. A színmélység értékei 1, 4, 8 és 24 lehetnek.

Szó (word) – 16 bitből álló tárterület a számítógép memóriájában

A Run Length Encoding (RLE) algoritmust (lásd a 4. fejezet tömörítési módszere között) képpontonként 4 vagy 8 bites képekhez ajánlják, így minden adategység két bájtól („szóból”) áll. Ha az első bájtérték nullát tartalmaz, a második értéke pedig nagyobb, mint három, akkor ez a második érték a következő bájtok száma, amelyek a következő képpont színét tartalmazzák a színtáblázatból (nincs tömörítés).

Bitkép-fejléc
Információs fejléc
Színpaletta
Adatok

4.36 ábra
A BMP fájl felépítése.

Máskülönben az első bájtérték jelenti a következő képpontok számát, amelyek színét a színtáblázatra hivatkozva a második bájt adja meg. Ha a képpontonként 4 bittel kódolják, csak 4 bitet használnak erre az információra is, vagyis két értéket kódolnak egy bájtértékben. A BMP a fejlécben tartalmazza azt a lehetőséget is, hogy megadjunk egy színtáblázatot, amelynek színeit kötelezően használni kell a kép megjelenítéséhez.

Így tehát megállapíthatjuk, hogy a BMP fájl négy részből áll (4.36 ábra): a bitkép-fejléc tartalmazza a „BM” jelzést („alírást”), a fájlhosszt bájtban és a fájlkezdet és fájlvég közti távolságot bájtban; az információs fejléc határozza meg a kép tulajdonságait (magasság, szélesség, vízszintes és függőleges

felbontás, a használt színek száma, szükség esetén a tömörítés módja); a színpaletta az egyes színek piros–zöld–kék arányát; az adatrész pedig a kép rácsinformációit sorról sorra, a kép bal alsó részétől kezdve.

Az 1, 4, vagy 8 bit színinformációjú képek képpontértéke nem tartalmaz közvetlen színértéket, csak utalást a színpaletta egy értékére.

A 24 bites képek esetében a képpontérték megfelel a színértéknek, így itt nem használják a színpalettát.

3.2.2. MAC

Az Apple MacIntosh számítógépek szabványos grafikai formátuma a MacIntosh Paint. Apple számítógépeken PNTG típusú fájlként, PC-n MAC kiterjesztéssel tárolhatjuk őket.

A MAC grafikák meghatározott nagyságúak (576 × 720 képpont). Színmélységük 1 bit, tehát csak fekete-fehér képeket tudnak tárolni. A felbontás 72 dpi, amely pontosan megfelel a MacIntosh számítógépek képernyőfelbontásának. (Csak az összehasonlítás kedvéért: az IBM-megfelelő személyi számítógépek képernyőfelbontása 70 és 120 dpi között mozog.)

A MAC formátum fajtái:

- MacBinary,
- MacBinary II.

Fájlkiterjesztés:	.pntg .mac
Formátum:	Raszter
Színek:	1 bit (fekete-fehér)
Tömörítés:	Nincs (vagy RLE)
Legnagyobb képméret:	Mindig 720 × 576 képpont

A Mac fájl felépítését a 4.38 ábrán láthatjuk: a fejléc mindig nulla értékű bájtal kezdődik, majd ezt követi a fájlnev hossza, maga a fájlnev, a fájl típusa (PNTG vagy MAC), a program négyjegyű azonosítója, amellyel a fájl előállították (a MacPaint esetében például MPNT) és az állapotra vonatkozó információk. A MacBinary II fejléce kicsit hosszabb, mint a MacBinary-é.

Az 1984 óta piacon levő Macintosh az Apple számítógépcsaládja, amely kezdetől fogva alkalmas multimédiára

4.37 ábra
A MAC formátum rövid áttekintése.

MacBinary fejléc
Adatok

4.38 ábra
A MAC fájl felépítése.

Az **adatok** mindig a 00 00 00 02 (hexadecimális) bájt sorozattal kezdődnek, majd 304 bájtnyi mintaadat következik. Ezek az adatok a képfájl megjelenítéséhez nem szükségesek. A tényleges képadatok előtt, amelyek RLE-vel tömörítettek lehetnek, még 204 nullás bájt áll.

A Macintosh számítógépek minden fájlt két fájlként (**data fork** és **resource fork**, adatág és erőforráság) mentenek. A MacPaint képek esetében a képadatok csak az adatágban vannak, az erőforráság üres. Ha ezt a MacPaint fájlt binárisan más számítógép-környezetbe viszik át (például PC-re), a két ágat egyetlen fájlra alakítják, majd a visszatelepítéskor újra helyreállítják.

A Macintosh számítógépek fehér alapon fekete pontokat hoznak létre, míg a PC-k és más rendszerek fekete alapon fehér pontokat.

3.2.3. RAS

A RAS a Sun Microsystems különleges grafikai formátuma UNIX munkaadásokra. A legtöbb más UNIX rendszeren futó program támogatja ezt a formátumot. A RAS képpontonként tetszőleges bitszámot támogat.

A RAS fájl felépítését a 4.40 ábrán láthatjuk: a fejléc az 59a66a95 (hexadecimális) jelsorozattal kezdődik, amit a kép szélessége és magassága (képpontban) követ, majd a képpontonkénti bitszám, a képadatok nagysága bájtban, a változatszám, a színpaletta fajtája és a színpaletta nagysága bájtban.

A UNIX a Bell Labs (AT&T) által kifejlesztett többfelhasználós operációs rendszer, amelyet elsősorban nagygépes rendszerekben használnak

4.39 ábra

A RAS formátum rövid áttekintése.

Fájlkiterjesztés:	.ras
Formátum:	Raszter
Színek:	Változó
Tömörítés:	RLE
Legnagyobb képméret:	Változó

A színpaletta fajtája lehet:

- 0000 – nincs paletta,
- 0001 – RGB paletta,
- 0002 – más, a RAS által nem meghatározott paletta.

Fejléc
Színpaletta
Adatok

4.40 ábra

A RAS fájl felépítése.

A 8, 24 vagy 32 bit színmélységű RAS fájlok többnyire nem tartalmazzák a palettát, mivel a színadatokat a képadatok már tartalmazzák. Az RGB adatokat RLE tömörítéssel tartalmazhatják.

3.2.4. TIFF

A TIFF formátumot 1986-ban fejlesztette ki az Aldus Corporation (amelyet az Adobe 1994-ben felvásárolt). Kidolgozásakor a két fő szempont a **hordozhatóság** és a **hardverfüggetlenség** volt, így a bitképes fájlok legfontosabb formátumai közé tartozik. Kezdetől fogva úgy tervezték meg, hogy sokféle tárolási lehetőséget kínáljon és a tényleges grafikai adatok mellett a felhasznált grafikai program vagy lapolvasó-típus adatait is rögzíthesse.

Fájlkiterjesztés:	.tif
Formátum:	Raszter
Színek:	1–24 bit
Tömörítés:	Nincs (vagy változó)
Legnagyobb képméret:	Legfeljebb 4×10^9 képsor

A TIFF már kezdetektől fogva képes fekete-fehér, szürkeárnyalatos és színes képeket, sőt a használt színmodellt is tárolni. Ezen lehetőségek révén e formátum bonyolultabb, viszont **széles körben alkalmazható**. A legtöbb lapolvasó mellett rengeteg grafikus program is a TIFF formátumot használja.

A TIFF képek olvasása néhány program számára gondot okoz. Mivel sok változata van, és különböző tömörítési lehetőségek állnak rendelkezésre, sok program a TIFF-változatok csak kis hányadát olvassa.

Az alábbiakban azonban leginkább a programokban keresendő, mivel a TIFF formátum alapvetően nagyon pontosan meghatározott.

Ha nehézségeink adódnak a beolvasáskor, a TIFF fájlt tömörítés nélkül mentjük, és csak ezután töltjük be.

A TIFF fájl három részből áll, amelyeket **jelölők** (tag) választanak el egymástól (4.42 ábra): a **fejléc** a fájl tárolási módjáról tartalmaz információt (II: Intel little-endian, MM: Motorola big-endian), valamint megadja a változatszámot és az első képfájl-könyvtár (IFD, Image File Directory) címét.

Magyarán a képfájl-könyvtár-rész (IFD) is három részből áll: a **jelölők számából**, magasságából a **jelölőkből** és a **következő IFD címéből** (4.43 ábra). A jelölők a hozzájuk tartozó képről tartalmazznak információkat (a kép szélessége és magassága, tömörítésének módja, X és Y eltolása stb.). Több mint 90 különböző jelölő létezik, így az IFD hossza nem állandó. Az IFD a fejléc után bárhol felbukkanhat.

Tagged Image File Format

4.41 ábra

A TIFF formátum rövid áttekintése.

Fejléc (8 bájt)
Képfájl-könyvtár
Képadatok

4.42 ábra

A TIFF fájl felépítése.

„Little Endian”: a legkisebb helyiértékű bájtot a legkisebb memóriacímen tároló módszer

„Big Endian”: a legnagyobb helyiértékű bájtot a legkisebb memóriacímen tároló módszer

Jelölök száma
Jelölök
A következő IFD címe

4.43 ábra
Az Image File Directory felépítése.

kanhat a TIFF fájlban. Ha a fájl több képet is tartalmaz, akkor az IFD- és kép-
adatok többféle elrendezése lehetséges. Ha nincs következő kép, akkor
a következő IFD (hexadecimális) címe 00. Tároláshoz a képeket meghatá-
rozott hosszra osztják. A képadatokat tetszőleges sorrendben tárolhatjuk.

A többi képformátumhoz képest a TIFF különlegessége az általános volta.
A TIFF formátumon belül a grafikus tartalmakat különféleképp lehet kódolni.

*Például a képről előnézetet is menthetünk egyszerűsített, vonal alapú, tö-
mörítetlen formátumban, amelyet a kidolgozottabb kép követ. Ezáltal pé-
ldául egy képarchívumban gyorsabban tudunk keresgélgni.*

3.3. Metafájlok

A metaformátumok egyesítik magukban a bitképes (raszteres) és vektoros
formátumok előnyeit, és lényegében minden alkalmazásban használhatók.

3.3.1. WMF

Windows Metafájl

A WMF szorosan kapcsolódik az MS Windows rendszerhez; többek között
a vágólapon keresztüli képcseréhez használják. Néhány Windowson futó
grafikai program elő is tudja állítani ezt a formátumot.

4.44 ábra
A WMF formátum rövid
áttekintése.

Fájlkiterjesztés:	.wmf
Formátum:	Meta
Színek:	Legfeljebb 24 bit
Tömörítés:	Nincs (vagy változó)
Legnagyobb képméret:	Nincs korlátozás

A WMF a grafikákat rajzutasítások sorozataként tárolja a hozzájuk tartozó pa-
raméterekkel együtt. Az utasítások Windows rendszeren függvényhívások,
amelyek a grafikus eszközfelülettel (Graphic Device Interface, GDI) lépnek kap-
csolatba, hogy a kimenet a megfelelő hardvereszközre történjen. A GDI gra-
fikus objektumok (körök, négyszögek, ellipszisek) könyvtárait tartalmazza.

1 twip = a pont
huszadrésze = 1/1440"

A WMF objektumok mértékegysége a twip.

A WMF fájl felépítését a 4.45-ös ábrán láthatjuk: a fejléc tartalmazza a tárolás
helyét, a fejléc hosszát szóban (1 szó = 2 bájt), a használt Windows-változa-
tot, a WMF fájl teljes hosszát, a fájlban tárolt objektumok számát és a leg-
hosszabb objektum hosszát.

Az utolsó két bájt mindig 0, majd tetszőleges mennyiségű rekord következik, amelyek mindegyike egy-egy GDI függvényt testesít meg a hozzá tartozó paraméterekkel. Mindegyik rekord tartalmazza a rekord hosszát („szó”-ban), a GDI függvény számát (amelyet a Windows határoz meg), valamint a függvény paramétereit.

Fejléc
1. rekord
n. rekord

4.45 ábra
A WMF fájl felépítése.

Megjegyzés: néhány windowsos alkalmazás a WMF fejléc elé egy további, 22 bájt nagyságú fejléceket is helyez, amely a 9ac6cdd7 (hexadecimális) jelsorral kezdődik, és olyan információkat tartalmaz, amelyek segítségével a különböző alkalmazások WMF fájlokat cserélhetnek.

3.3.2. CGM

A CGM formátum a GKS grafikai rendszer szabványosításából származik. Kifejezetten a különböző rendszerek közti képcserére alkották, és tartalmazza a szabványos megjelenítéshez szükséges minden parancsot és paramétert.

Computer Graphics Metafile

Fájlkiterjesztés:	.cgm
Formátum:	Meta
Színek:	Korlátlan
Tömörítés:	RLE, CCITT 3 és 4
Legnagyobb képméret:	Nincs korlátozás

4.46 ábra
A CGM formátum rövid áttekintése.

A CGM formátumot a szűkebb leírás a vektoradatok kiváló csereformátumává teszi.

A CGM fájl felépítését a 4.47-es ábrán láthatjuk: a határelemek választják el az egyes képleíró elemeket. Először jön a fájlazonosító, a jelkészlet-meghatározások, az adatpontosság meghatározása stb. A „begin picture” után összefoglalja a képleíró elemeket és meghatározza a feldolgozás és az ábrázolás módját, valamint a koordináta-tartományt, a vonalvastagságot és a határjelölőket. A „picture body” három részből áll: a vezérlő elemek határozzák meg az adatok pontosságát és a képterületet („clipping area”). Az ábrázoló elemek közé tartoznak a grafikus információt tartalmazó elemek (például a vonalak, jelölők, szövegek, a kitöltő területek és cellamátrixok). A grafikus elemek megjelenítését a jelző elemek vezérlik.

begin metafile
begin picture
begin picture body
end picture
end metafile

4.47 ábra
A CGM formátum határelemei.

A CGM fájlok esetében alapvetően három kódolási lehetőség van:

- jelkódolás vagy karakterkódolás (nagyon rövid fájlok; ideális a hálózati továbbításra),

- bináris kódolás (bináris kódolású egész számokként való tárolás) és
- sima szöveg kódolás (olvasható ASCII fájlok; hátránya, hogy nagyon hosszú).

3.3.3. PICT

A PICT fájlokat az Apple MacIntosh-hoz találták ki, és a MacIntosh QuickDraw nevű belső grafikai protokollján alapulnak, így a PICT alapvetően QuickDraw függvényhívásokat tartalmaz.

4.48 ábra
A PICT formátum rövid
áttekintése.

Fájlkiterjesztés:	.wmf
Formátum:	Meta
Színek:	Legfeljebb 24 bit
Tömörítés:	PackBits, JPEG
Legnagyobb képméret:	Változó

Mint már említettük, a MacIntosh számítógépeken minden fájl fizikailag két fájl formájában tárolódik, az adat- és erőforráságban (lásd a 3.2.2 pontot).

A PICT képek esetében a képadatok kizárólag az adatágban vannak, az erőforráság (amennyiben létezik) üres. Az adatok bináris formátumban tárolódnak.

Eddig olyan vektoros, bitképes és metafájl-formátumokat ismertünk meg, amelyek csak részben teszik lehetővé a tömörítést. Most a tömörítés eljárását tárgyaljuk, majd a „valódi” tömörített fájlformátumokról ejtünk szót. A képformátumoknak az Interneten való alkalmazásáról a 6. modulban beszélünk.

4. Tömörítés

Pontosabban adattömörítés
(analóg jelek esetében nem
lehetséges)

A multimédia-rendszerekben a nem tömörített képek hamar jelentős helyet emészthetnek fel. Különösen a bitképek esetében fontos, hogy a képtömörítési mérések mennyiségét csökkentjük.

A sávszélességi problémákról
a 6. modul 2.1 fejezetében
olvashatunk

Amennyiben hálózaton folytatunk multimédiás adatcserét, a tömörítetlen képek adatainak átvitele hatalmas sávszélességet igényel, így az adattömörítés elkerülhetetlen, ami azonban olykor nemkívánatos adatvesztéssel jár. (Az adatvesztés persze sokszor jelentéktelen – másképp egyik tömörítési eljárásnak sem lenne értelme.)

A tömörítés alapvető megközelítési módjait három csoportba oszthatjuk:

- Statisztikai eljárások (Entropy Coding): a bemenő adatfolyamot **statisztikai eloszlás** alapján vizsgáljuk, és ez alapján próbáljuk az adatmennyiséget csökkenteni. A bevitt puszta bitfolyamként fogjuk fel, nem keresünk belső jelentést. A statisztikai eljárást entrópiakódolásnak is nevezik, amelynek során nem az adatokat, hanem a forrásjeleket kódoljuk.
- Szemantikai eljárások (Source Coding, forráskódolás): abból indulunk ki, hogy a bevitt adatfolyamnak **jelentéstani szerkezete** van, így a következő három módszert követhetjük:
 - a) **különbségek** kódolása (prediction, előrejelzés): feltételezzük, hogy két egymást követő tömb egymástól nem független, ezért elég a különbségeket kódolni;
 - b) **csökkentés** (reduction): például Fourier-transzformációval (FT) olyan frekvenciaelemeket próbálunk találni, amelyeknek túl kicsi az amplitúdója ahhoz, hogy a kimeneti jel szempontjából jelentősége legyen, és ezeket aztán **elhagyjuk**. A képek esetében Fourier-elemzés helyett **diszkrét koszinusz transzformációt** (DCT) alkalmazunk;
 - c) arra is van lehetőség, hogy már a bemenő folyam kódolásánál kiválasszuk az alkalmas eljárást; így például YUV kódolás esetében kétszer akkora felbontást választunk a világosság kódolására, mint a színinformációkéra (vesd össze a 4.22 ábrával)
- **Kevert eljárások** (Hybrid Coding): az előző két eljárás előnyeit egyesítik. Itt a **képelőkészítést** (analog–digitális átalakítás és a megfelelő kódolás kiválasztása) **transzformáció** (Picture Processing, képfeldolgozás) követi, általában DCT. Miután néhány, a kép tartalmát kevésbé befolyásoló frekvenciaelemet eltávolítunk, az eredményt valamilyen egyszerű statisztikai eljárásnak vetjük alá.

Entrópiakódolás

Forráskódolás

Kevert kódolás

A tömörítési eljárás során különbséget teszünk

- veszteségmentes és
- veszteséges tömörítési eljárások között.

Alacsonyabb **veszteségmentes** eljárások:

- RLE (Run Length Encoding),
- LZW (Lempel-Ziv-Welch) és
- Huffman (CCITT) kódolás.

Magasabb **veszteséges** eljárások:

- JPEG (Joint Photographic Experts Group),
- fraktális tömörítés Barnsley és Sloan nyomán, valamint
- hullámtömörítés (Wavelet tömörítés).

CCCCXXXXXXXXYYZZZ

4C6X3Y3Z

4.49 ábra

Az egyforma bájtok sorozatát
adatpárookra csökkentjük.

4.1. Vesztésmentes tömörítési eljárások

4.1.1. RLE

Az RLE kódolás (Run Length Encoding) a statisztikai eljárások (entrópiakódolás) körébe tartozik. Ez az egyik legegyszerűbb tömörítési eljárás, amely azon alapul, hogy sok adat azonos bájtok sorozatából áll (4.49 ábra), amelyeket adatpárokkal (jel és annak mennyisége) ábrázolhatunk. A 4.49-es ábrán látható példán az adatokat felére (16:8 bájtt) csökkentettük ezzel az eljárással.

Az RLE különösen alkalmas olyan fájlok tömörítésére, amelyek azonos jelek hosszú sorát tartalmazzák, mint például a fekete-fehér képek. Gyakran változó jeleket tartalmazó bájtú fájlok tömörítésére azonban nem alkalmas, mivel rossz esetben a fájl mérete akár kétszeresére is nőhet.

Ezt az eljárást a faxformátumok esetében gyakran használják, mivel az a hatalmas fehér felületeket csak helyenként szakítják meg fekete betűkkel.

4.1.2. LZW

LZ78 eljárás

Az LZW eljárás fejlesztői (Lempel, Ziv és Welch) után kapta nevét, és sok grafikus formátum (többek között a GIF) alkalmazza. A módszer alapja, hogy ismétlődő (korábban már előfordult) jelsorozatokat keresünk, majd egy erre való hivatkozással kiváltjuk azokat, és egy hozzárendelési táblázatban megadjuk, melyik hivatkozás milyen korábban előfordult jelsorozatra utal.

A hozzárendelési táblázatot nem mentjük a fájlba, hanem minden tömörítéskor és kicsomagolásakor újra előállítjuk.

Példa: a „kikicsoda” jelsor alkotóelemei a „ki” és a „csoda”. A hozzárendelési táblázatban a „ki” kapja az 1, a „csoda” a 0 jelet. A kódszó ezek után 10. A Huffman eljárással szemben, amelyben minden forrásszimbólumot kódolunk, az LZW eljárás során teljes szimbólumsorokat foglalunk össze egy újabb szimbólumban.

4.1.3. Huffman kódolás

Rövidítése: huff; más néven
squeezing („összenyomás”)

A Huffman kódolás a statisztikai eljárások közé tartozik és a Morse-kódhoz nyúlik vissza (lásd 2. modul, 2. fejezet), ahol a gyakran előforduló jeleket ebben az esetben a betűkhöz) rövidebb kódot rendelnek, mint a ritkán előfordulókhöz. Így például az „e” betű kódja egyetlen morzejel (pont), míg ritkán előforduló „y” továbbításához 4 morzejel (-.-) szükséges.

4.2. Vesztéses tömörítési eljárások

4.2.1. JPEG

A JPEG megnevezés a következőkre vonatkozik:

- az egyik szabványosító szervezetre,
- a grafikai formátumra,
- a képtömörítő eljárásra.

Az utóbbi egy, a Joint Photographic Experts Group által 1982-ben kidolgozott szabvány. A „Joint” („együtműködő”) az ISO és a CCITT közös tevékenységére utal. 1992 óta a JPEG ISO szabvány is.

A grafikai adatok tömörítése négy lépésben történik (4.50 ábra):

Az első lépés az **adatmennyiség csökkentése**: szemünk nem képes annyi színárnyalatot megkülönböztetni, mint amennyi világosságbeli különbséget észlel, ezért a színre vonatkozó információkat **egyes pontok kihagyásával** csökkentjük. Ez az eljárás a **mintavételezés**.

A csökkentés vízszintes és függőleges irányban külön zajlik, így a különböző irányokban különböző csökkentési arány elérésére van módunk.

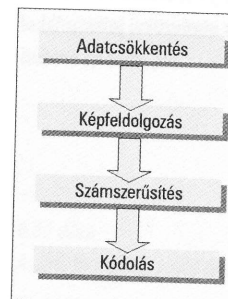
A leggyakoribb csökkentési arányok:

- 1:1:1 – minden fényességértékhez egy színérték kapcsolódik,
- 2:1:1 – két-két fényességértékhez egy-egy színérték kapcsolódik,
- 4:1:1 – négy-négy fényességértékhez egy-egy színérték kapcsolódik (vö. 2.3.1 fejezet, YUV színmodell).

A második lépés a **DCT** (diszkrét koszinusz transzformáció): alapja a **Fourier-transzformáció**, amely tetszőleges jeleket különböző frekvenciájú és amplitúdójú szinuszhullámok összegére bont (lásd a 2. modult).

A képen a képpontértékek helyi eloszlásából a Fourier-transzformáció után frekvencia- és amplitúdó-eloszlás jön létre. A nagy, egyenletes felületek alacsony frekvenciárészekben jelennek meg, az apró részletek pedig magasakban. Az egyenletes értékeloszlású képek vizuális információjának döntő hányada az alacsony frekvenciatartományba esik.

A tömörítés a magas frekvenciájú képrészek amplitúdójának kisebb súlyozásával vagy lenullázásával történik.



4.50 ábra
Az adattömörítés menete a JPEG eljárás szerint.

A harmadik lépés a **számszerűsítés**: ez az a lépés, ahol a legtöbb veszteség keletkezik. A finom felbontásban vett mintát durvábban, lépcsőszerűen leképezzük. A számszerűsítési szorzó (0 és 1 közötti szám) szabadon választott, és ez határozza meg a fájl méretét és az így keletkező kép minőségét.

A negyedik lépés az **entrópiakódolás**: a meghatározott értékeket sorrendben RLE, illetve Huffman kódolás segítségével összegezzük.

4.2.2. Fraktális tömörítés

Fraktál: matematikailag kiszámított görbe, amelynek bármely kicsinyiségű szakasza felnagyítva azonos statisztikai jellemzőkkel bír, mint az eredeti

A fraktális képtömörítés a fraktálgeometrián alapul. 1988-ban Michael Barnsley és Alan Sloan bizonyították egy ilyen képtömörítési eljárás lehetőségét. A módszer alapja az a megfigyelés volt, amely szerint a természeti képződmények nem olyan sima felületekből és egyenes vonalakból állnak, mint amilyenekkel a klasszikus geometria foglalkozik, inkább a fraktálgeometria körébe tartozik alakjuk. Egyenetlen, látszólag véletlenszerű alakjuk nagyban és kicsiben is megfigyelhető.

Példa: a felhők széleinél mindig ugyanazok az (elfordított, tükrözött) formák figyelhetők meg, egyre nagyobb méretben.

A fraktális tömörítés a digitális képeken hasonlóságokat próbál felfedezni és kihasználni a csökkentéshez.

Ez az eljárás 1:25 tömörítési arány mellett hasonlóan jó eredménnyel jár, mint a JPEG eljárás. A JPEG esetében az ennél nagyobb arány durva szemcsézettséget eredményez. A módszer segítségével a DCT eljárás során tapasztalható, az eredeti kép egyes teljes frekvenciatartományainak elhagyása által okozott kontrasztproblémák elkerülhetők. A tömörítés e fajtája viszonylag időigényes, ugyanakkor a fraktális tömörítéssel készült kép nagyon gyorsan kibontható.

Ma még nem létezik olyan szabványos képformátum, amely ezt a tömörítési eljárást használná.

4.2.3. Hullámtömörítés

A JPEG eljárás segítségével 1:35 tömörítési arány mellett elfogadható képminőséget kapunk, a hullámtömörítés (wavelet eljárás) segítségével ugyanaz az arány 1:65. A könyvünkben bemutatott tömörítési eljárások közül minden bizonnyal ez a matematikailag legigényesebb módszer. A módszer a JPEG-éhez hasonló: az eljárás során a kép nem észlelhető részleteit megpróbáljuk eltávolítani. A képet ez esetben nem bontjuk teljesen a frekvencia-összetevőire, inkább a képszerkezetet próbáljuk kis lépésekben, szűréssel egyszerűsíteni.

A hullámtranszformáció az eredeti képet hullám-együtthatókká változtatja, amelyek az eredeti kép egyszerűsített másolatait írják le.

Ezen együtthatók a képek alul-, illetve felülvágott (high-pass filter, low-pass filter) változatait is tartalmazzák.

Különböző eljárások segítségével a lényegtelen képelemeket összefogjuk, majd az eredményt még entrópiakódolásnak is alávetjük (például a Huffman eljárás szerint).

4.3. Tömörített fájlformátumok

4.3.1. JPEG

A JPEG File Interchange Format (JFIF) a C-Cube Microsystems cég fejlesztése JPEG eljárással tömörített adatok tárolására. Segítségével a képadatok szinte tetszőleges arányban (20 %, 50 %, 150 % stb.) kicsinyíthetők, de közben viszonylag sok információ törlődik, amit később vissza kell állítani.

Fájlkiterjesztés:	.jpg .jpeg .jfi .jfif
Formátum:	Raszter
Színek:	Legfeljebb 24 bit
Tömörítés:	JPEG
Legnagyobb képméret:	65 536 × 65 536 képpont

4.51 ábra

A JPG formátum rövid áttekintése.

A GIF mellett a JPEG a másik legfontosabb képfájl-formátum az internetes multimédia-rendszerekben.

Figyelem: mi most a JPEG fájlformátumról beszélünk. Léteznek egyéb állományfajták, amelyek a JPEG eljárással (4.2.1 fejezet) tömörítettek, például Macintosh-on a PDF, az EPS és a PICT, sőt, léteznek JPEG tömörítésű TIFF formátumok is.

Fejléc
APPO adatok
Kiegészítő fejléc
JPEG adatok
EOI

4.52 ábra

A JFIF fájl felépítése.

A JFIF fájl felépítését a 4.52 ábrán láthatjuk: a fejléc tartalmazza a képkezdet (Start of Image, SOI) jelzőjét (hexadecimális FF D8), az alkalmazás jelzőjét (hexadecimális FF E0), az APP0 adatok (lásd lentebb) méretét, a JFIF karakterláncot, a JFIF-szabvány változatszámát, a mértékegységet (pont per hüvelyk, pont per cm vagy semmi), a kép felbontását az adott mértékegységben, valamint a választható előnézeti kép felbontását az APP0 adatok

Amennyiben rendelkezésre állnak, az APP0 adatok tartalmazzák a kép kicsinyített változatának 24 bites vörös-zöld-kék adatait. Ez az **előnézeti kép** első benyomást ad a teljes képről, és nincs tömörítve. A nem kötelező kiegészítő fejlécek (az 1.02 változattól kezdve) az előnézeti képek több fajtáját engedélyezik, például olyanokat is, amelyek JPEG tömörítésűek. Az 1.02 változat csak annyit javasol, hogy az előnézeti képekről szóló információk tárolására ezeket az új fejléceket használjuk. A tulajdonképpeni képadatok JPEG tömörítésű adattömbökből állnak. A fájl az EOI-vel (End of Image) zárul.

A Joint Picture Experts Group (JPEG) nemzetközi szabványa (ISO/IEC SC29/WG10 ISO 10918) a fényképek kódolására szolgáló szabvány.

Az alapalgoritmus az YUV színtérben diszkrét koszinusz transzformáción (DCT) alapuló transzformációs kódolást ír le (2.3.1 fejezet).

A rendelkezésre álló transzformációk közül a DCT (a diszkrét Fourier-transzformációból levezetve) különösen hatásosnak bizonyult.

Amennyiben DCT-t alkalmazunk egy 8×8 -as képponttömbön, ismét egy 8×8 -as képponttömböt kapunk. A DCT együtthatóit a 8×8 -as bemenő tömb tartományaként értelmezhetjük. Míg a képjelek energiája véletlenszerű eloszlású lehet, az ehhez tartozó DCT tömbök energiája elsősorban az alacsonyabb frekvenciájú együtthatókra összpontosul. Ha az együtthatókat cikcakkban nézzük, tárolandó értéként egy DC együtthatót, néhány alacsony AC együtthatót és sok nullához közelítő AC együtthatót kapunk.

A DCT veszteségmentes eljárás, mivel a kódolás teljes mértékben megfordítható. Ezek az értékek tökéletesen alkalmasak arra, hogy a Huffman eljárás segítségével (vagy a Shannon-Fano kódolás szerint, ahol a gyakori bájttételeket rövid bitsorozatokkal helyettesítjük) kódoljuk, majd ezután RLE kódolást hajtsunk végre rajtuk.

A JPEG kép a tulajdonképpeni képadatokból és különböző képalkotó elemekből áll össze, mint például a képfejléc, a számszerűsítési és Huffman-táblázatok, a keretfejléc, vagy a pásztázási fejléc (scan header; amely a kép különböző területekre osztását szolgálja).

A tárolandó kép tömörítési aránya tetszőlegesen beállítható. A JPEG eljárás keretein belül négy különböző tömörítési módszer lehetséges:

- az alapeljárás (ahogy leírtuk, ez a DCT alkalmazásán alapul),
- a bővített DCT eljárás (magasabb, választás szerinti progresszív bitpontoság),
- egy (nem DCT-n alapuló) veszteségmentes eljárás, valamint
- a hierarchia eljárás (több kép összeállításából).

Az YUV színértékeket valamelyik megfelelő MPEG eljárással kódolják (rekordtömb-képzés, DCT, entrópia- vagy Huffman kódolás). Az eljárás lehetővé teszi a „természetes” tartalmú képek hatékony tömörítését, ugyanakkor nem kifejezetten alkalmas számítógép által létrehozott képek és grafikák tömörítésére, mivel az éles szegéllyel rendelkező objektumok színeit nem tudja kellő pontossággal kódolni.

Ha JPEG képkockákat sorakoztatunk egymás után, mozgó JPEG-ről (Motion JPEG, M-JPEG) beszélünk. A hanganyagot ebben az esetben szakaszokra (mintákra, samples) bontjuk, és a JPEG képek közé illesztjük.

M-JPEG, lásd az 5. modulban

Ez az eljárás ugyan nemzetközileg nem szabványosított, de gyakran használják mozgóképek digitalizálásakor, hogy a keletkező adatmennyiséget idejekorán csökkentsék. Mivel azonban az M-JPEG nem használja ki az egymás utáni képkockákban rejlő feleslegeket, a tömörítés nem elég ahhoz, hogy helyi hálózatokon történő átvitelre használják.

4.3.2. GIF

A GIF-et 1987-ben a CompuServe hálózati szolgáltató fejlesztette ki. A cél grafikák levelezésén keresztül történő, rendszerfüggetlen kicserélése volt, a lehető legkisebb fájlméretek mellett. Mivel lényegében minden elterjedt számítógéptípus (Amiga, Atari, IBM-megfelelő PC, MacIntosh) számára léteznek programok, amelyek a GIF képeket képesek feldolgozni, ez a formátum kiváló **hordozhatósága** révén különösen fontos az olyan rendszerekben, ahol a rendszerfüggetlen átvitel lehetősége követelmény.

Graphics Interchange Format

Fájlkiterjesztés:	.gif
Formátum:	Raszter
Színek:	Legfeljebb 8 bit
Tömörítés:	LZW
Legnagyobb képméret:	65 536 × 65 536 képpont

4.53 ábra

A GIF formátum rövid áttekintése.

A JPEG mellett a GIF az egyetlen képformátum, amelyet a hagyományos webböngészők minden további nélkül meg tudnak jeleníteni, ezáltal az internetes multimédia-rendszerek szempontjából meghatározó fontosságú.

Jelenleg a GIF formátum két változata ismert:

- GIF87a
- GIF89a

A GIF fájl színmélysége mindig 256 színre korlátozott, ugyanakkor több képet is tartalmazhat, továbbá van lehetőség átlapolás (interlacing) és átlátszóság (transparency) alkalmazására is.

Átlapoló mód

Átlapoló módban a fájl a képernyőn fokozatosan épül fel. Először a teljes képet kissé elnagyoltan látjuk, majd az fokozatosan egyre részletesebbé válik. Ha ezt a módszert nem alkalmazzuk, a kép sorról sorra épül fel.

A GIF formátumú ábrák **szabadon** (a befoglaló keret nélkül) is megjeleníthetők. Ha a GIF képben egy színt átlátszósági értéként adunk meg, a böngészőben a háttér ilyen színnel jelenik meg.

Fejléc
Alkalmazás
Lezárás
Vezérlő
Képadatok
Megjegyzés
Sima szöveg

A GIF fájl alapvető felépítését a 4.54 ábrán láthatjuk. A **fejléc** tartalmazza az „aláírást”, amely a GIF betűket, valamint a változatot (87a vagy 89a) tartalmazza. A fejléc vége jelöli az adattartomány elejét. Az **alkalmazás** (Application) szakasz a GIF fájl létrehozó program adatainak rögzítését teszi lehetővé, a **lezárás** (trailer) az adatfolyam végét jelzi.

A **vezérlő** (Control) szakasz a következő képadat-tömbök megjelenítését irányítja; időbeli eltolást és átlátszóságot is megadhat. A **képadatok** (Image-Data) szakasza egy képfeljélecből, egy nem kötelező színtáblázatból és a tulajdonképpeni képpont-adatokból áll. Az itt levő „képernyő-meghatározásban” a következő adatok szerepelnek: a „képernyő” szélessége és magassága képpontban, a felbontás jelzője, az ábra háttérszíne, valamint a képpont–oldal arány (aspect ratio). A felbontásjelző a képpontonkénti bitmennyiségre és a bitekben használt színek számára vonatkozó információkat tartalmaz. Ezen kívül létezik egy jelző is, ami azt mutatja, hogy van-e választható színskála. A képpont–oldal arány a képpont–szélesség és képpont–magasság hányadosából adódik.

4.54 ábra
A GIF fájl felépítése.

Átfogó színskálára a képek más (létrehozójuktól eltérő) eszközökön történő tökéletes színvisszaadása érdekében van szükség. Minden színt az alapján határozzunk meg, hogy a vörös, zöld és kék színek milyen arányban szerepelnek benne. Ez az érték 0, ha nincs benne az adott szín, és 255, ha az adott szín teljes arányban szerepel benne. E színmeghatározás alapján minden képponthez megtalálhatjuk a megfelelő színt az adott hardveren.

A **képmeghatározó tömb** egy képelválasztó jellel kezdődik (hexadecimális 2C), és a kép bal felső sarkának a képernyőn való elhelyezkedését, valamint a kép szélességét és magasságát tartalmazza képpontban (nem lehet nagyobb, mint a korábban meghatározott képernyő), továbbá különböző jelzőket is tartalmaz. Ezek a jelzők utalnak arra, hogy például van-e egy helyi színskála, a képet soronként vagy átlapoló módban kell-e megjeleníteni, stb.

letve hogy a helyi színskála egy színét hány bit adja meg. Ha egy különálló képhez helyi színskálát rendelünk, akkor az érvényes rá, nem az átfogó színskála.

Soros módban a kép sorról sorra, balról jobbra, fentről lefelé épül fel, és kódolása is így történik; átlapoláskor viszont viszonylag gyorsan megjeleníthetjük a képet. Ekkor a kép felépülése négy szakaszban zajlik le:

- az első lépésben a 0. sortól kezdve minden 8. sor jelenik meg, tehát a 0., a 8., a 16. stb.,
- a második lépésben a 4. sortól kezdve minden 8. sor jelenik meg, tehát a 4., a 12., a 20. stb.,
- a harmadik lépésben a 2. sortól kezdve minden 4. sor jelenik meg, tehát a 2., a 6., a 10. stb.,
- végül a negyedik lépés teszi egészszé a képet: az 1. sortól kezdve minden 2. sor jelenik meg, tehát az 1., a 3., az 5. stb.

Ez az eljárás biztosítja azt, hogy elég nagy bizonyossággal kitalálhassuk, mit rejt a kép, amikor még csak a fele jelent meg.

A tulajdonképpeni képpont-adatok mind a soros, mind az átlapolt mód esetében LZW tömörítésűek. A GIF végét mindig a hexadecimális 3B jelzi.

Végül, a sima szöveg (Plain Text) szakasz lehetővé teszi az ASCII szöveg alapú kódolást. (Így kódolhatjuk például a színt, a méretet, az elhelyezést, a kiterjedést vagy az irányt.)

A GIF veszteségmentes, mégis hatékony tömörítés elérésére képes, valamint azt a lehetőséget is megengedi, hogy egy fájlban belül több képet helyezzünk el, így kiválóan alkalmas egyszerű mozgóképek (animációk) létrehozására is.

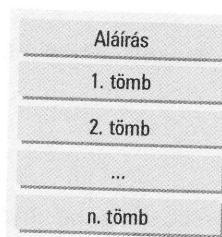
mozgó GIF-ek
animált ikonok

4.3.3. PNG

A PNG (kiejtése: ping) a Portable Network Graphics (hordozható hálózati grafika) rövidítése, és a képadatok egy új fájlformátumát jelöli. 1995 elején kifejezetten a Világháló számára fejlesztették ki és a Graphics Interchange File (GIF) leváltására volt hivatott, amely addig a veszteségmentes képtárolás szabványos, szabadalmakkal védett formátuma volt.

A PNG egyesíti a GIF és a JPEG előnyeit; a fájl felépítését a 4.56 ábrán láthatjuk.

A PNG fájlban tárolt adatokat különböző hosszúságú tömbökre osztjuk. Minden egyes tömb egy bizonyos típusú információt tárol, például a tulajdonképpeni képpontok, a szöveges megjegyzések, vagy a színtáblázatok adatait.



4.55 ábra
A PNG fájl felépítése.

4.56 ábra
A PNG formátum rövid áttekintése.

Fájlkiterjesztés:	.png
Formátum:	Raszter
Színek:	Legfeljebb 48 bit
Tömörítés:	Veszteségmentes
Legnagyobb képméret:	Korlátlan

Minden PNG fájl egy aláírásból és tetszőleges mennyiségű tömbökből („chunk”) áll. Az aláírás csupán a PNG fájl azonosítására szolgál, míg a tömbök a tulajdonképpeni képinformációkat tartalmazzák.

A tömbök tartalmazznak minden információt, amit PNG fájlban csak tárolni lehet, így a különböző információkat különböző módon, különböző tömbökben tároljuk. Minden tömbnek négy összetevője van: a hossza, a fajtája, maguk az adatok és egy ellenőrző összeg (CRC, Cyclic Redundancy Check).

5. Az ember és a számítógép közti felületek

Az érzékelés pszichológiája
a 3. kötetben

A grafikus kártya (videokártya) és a monitor által alkotott rendszer a leglényegesebb közvetítőfelület a számítógép és az ember (a szem) között, ezért ezek technikai paramétereinél különös figyelemmel kell lenni az emberi tényezőkre.

Mivel a grafikus kártya és a monitor egységet képez, az egész rendszer minőségét a rosszabbik teljesítményű határozza meg. Még ha e rendszereket rendszeresen tovább is fejlesztik, akkor is vannak időtálló alapismeretek ezekről ejtünk szót a továbbiakban.

5.1. Monitor

A képviszaadásra szolgáló kimeneti egységeket többféle névvel is szokták illetni: monitor, képernyő (screen), „display”, vagy rövidítéseket is használnak rá, mint például VDT (Video Display Terminal) illetve VDU (Video Display Unit). Multimédia-rendszerek esetében a kép viszaadására hagyományos katódsugárcsőves (CRT) képcsöveket és más monitorfajtákat használnak. A monitorok értékelésekor a legfontosabb tényezők a felbontás, a színviszaadás és a képminőség. A képernyőknek különböző technikai megvalósításai ismertek.

5.1.1. Hagyományos monitorok

A hagyományos monitorok a televíziókészülékekhez hasonlóan működnek (antenna nélkül). A képernyő kis pontokból (pixel, képpont) áll, amelyek négyzetes rácsba rendeződnek. Leggyakrabban a katódsugárcső (CRT, cathode ray tube) elvét alkalmazzák. A kép felépítésekor az elektronsugár soronként minden pontot letapogat, és a megfelelő foszforrészecskét ösztönzi világitásra. Színes monitorok esetében három elektronsugárra van szükség, amelyek egyszerre tapogatták le a képernyőt és a három alapszín (vörös, zöld és kék: RGB) foszforrészecskéit ösztönzik világitásra.

monokróm (egyszínű),
polikróm (többszínű)

A három szín keverésének és azok különböző erősségű világitásának köszönhetően nagyon sok színt elő tudunk állítani. Egy lyuk- vagy résmaszka (monitron) gondoskodik arról, hogy minden elektronsugár a megfelelő foszfortartományba találjon.

A képet megjelenítés előtt a grafikus kártya tárolja. Minél nagyobb a grafikus kártya tárolókapacitása, annál gyorsabban történik a képfelépítés.

5.1.2. A monitortechnika legújabb vívmányai

Plazmaképernyő

A plazmaképernyők két üveglapból állnak, amelyek között egy 0,2 mm nagyságú, gázzal töltött részecskéből álló mozaik található, és ezt az egész felületet elektromos vezetőrác tartja feszültség alatt. Az egyes célozható részecskékben elektromos kisüléseknek köszönhetően a gáz ultraibolya sugarakat bocsát ki, amelyektől a részecskék foszforrétege világitani kezd.

Folyadékkristályos képernyő

A folyadékkristályos képernyők (liquid crystal display, LCD) üvegfelületekbe zárt szerves anyagokat, úgynevezett folyadékkristályokat használnak, amelyek molekuláris tulajdonságai a kemény kristályok tulajdonságaihoz hasonlóak. Ha feszültség alá kerülnek, a folyadékkristályok az elektromos mező irányába rendeződnek, így más optikai tulajdonságaik lesznek.

A TFT képernyő ma a létező legjobb képernyő hordozható számítógépek (laptopok) számára. Az egyes képpontokat felgőzölt, átlátszó, vízszintes és függőleges vezetőpályákon irányítják. A keskenyfilm-tranzisztor (TFT) minden keresztmetszeti pontnál ki- és bekapcsolja az elektromos mezőt a folyadékkristályok polarizálásának érdekében, minek következtében a fényerő, a szín és az élesség lényegesen jobb lesz, mint a jóval egyszerűbb DSTN képernyőké.

TFT: Thin Film Transistor

DSTN: Double Super Twisted Nematics

Elektrolumineszcens képernyő

Az elektrolumineszcens képernyőkben (ELD) olyan anyagot használnak, amelyre fotolitográfiai módszerrel egy sor vékony réteggű félvezető áramkört

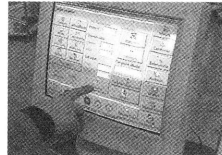
ELD: Electro Luminescence Display

visznek fel. A réteg olyan anyagokból áll, amelyek kellő elektromos feszültség hatására fényt bocsátanak ki. A képpontok vezérlése tranzisztor áramkörökkel történik.

LED: Light Emitting Diode
(fénykibocsátó dióda)

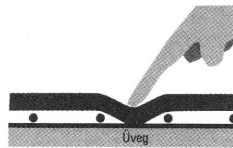
LED képernyő

A LED képernyők minden képpontja három színes (RGB) LED-ből és egy fehér LED-ből (a fényesség szabályozására) áll. Ezek a fénydiódák képezik az aktív színmátrixot. VGA felbontáshoz legalább 1,2 millió tranzisztor szükséges.



4.57 ábra

Egér helyett ujj: interaktivitás érintőképernyőn keresztül.



4.58 ábra

A rezisztív érintőképernyő működési elve [W7].

Érintőképernyő

Az interaktivitás legtermészetesebb módon olyan rendszerekben biztosítható, amelyek érintésre érzékeny képernyőkkel működnek. Az érintőképernyők (touchscreen, 4.57 ábra) körében alapvetően négyféle technológiát különböztetünk meg:

1. **Rezisztív** (ellenálláson alapuló): ha a rezisztív érintőképernyőt megérintjük, a két vezető réteg között zárjuk az áramkört (4.58 ábra). Mivel a nyomás hatására csak a két réteg között jön létre elektromos kapcsolat, a rezisztív érintőképernyő bármilyen tárggyal működtethető (akár kesztyűs kézzel vagy ceruzával is). Ezt a technikát alkalmazzák például a digitális noteszgépek („digitális titkár”, Personal Digital Assistant, PDA) esetében (például a Psion és Palm gépekben).

- Előnyei: utólagos szabályzásra nincs szükség, a nyomás helyét pontosan határozza meg, orvosi területen előnyös (kesztyűben is lehet működtetni).
- Hátrányai: életlen, alacsony fényerejű, a monitor várható élettartama rövid.

A több réteg miatt alacsonyabb fényerőt és életlenebb képet kapunk. Ha például egy hagyományos LCD monitor fényereje 200 cd/m^2 , akkor a felület hullám technológiájú LCD monitoré 185 cd/m^2 , az „öt drót ellenállásúé” pedig 170 cd/m^2 . Mivel a fényerőt ezért teljesen „fel kell csavarni”, a monitor várható élettartama rövid.

2. **Kapacitív** (meddőteljesítményt igénylő): a kapacitív érintőképernyő esetében a tulajdonképpeni képernyőn egy hártavékony fémfelülettel bevont üveglap található. A képernyő sarkaitól a vezető réteg elektródáira alacsony váltakozó feszültséget kapcsolunk, amely gyenge elektromos mezőt hoz létre. Ha a felhasználó megérinti a képernyőt, akkor őt valójában kondenzátor elektródának tekinthetjük, és „földel”. Az érintés-ellenőrzésből a (kis) áramhatásból, amit a használó ujj kelt, képes meghatározni

az adott érintési pont *koordinátáit*. Így tehát nyilvánvaló, hogy a kapacitív érintőképernyőket csak vezető tárggyal (különleges fémtoll, ujj és hasonló) történő érintéssel lehet működésbe hozni.

- Előnyei: nagyobb felbontás, nagyobb fénykihasználás, a környezetében levő fényviszonyok nem befolyásolják.
- Hátrányai: *finomhangolás* (kalibrálás) szükséges, külső befolyásokra érzékeny.

3. **Akusztikai** (hanghatáson alapuló): az akusztikai érintőképernyő felületi hullámok alapján működik, vagyis hanghullámokon alapul. A képernyő szélein ultrahang-adók helyezkednek el, a szemben levő szegélyeken visszaverők vannak, az egyik sarokban pedig egy piezoelektromos vevőt találunk. A visszaverő rendszeren keresztül folyamatosan érkeznek az ultrahang-hullámok, amelyek mindaddig akadálytalanul megérkeznek a vevőhöz, amíg a mezőt semmi nem zavarja. Ha azonban a mezőt megzavarjuk (ujjunkkal, tollal vagy bármi hasonlóval), a hullám megváltozásából meg lehet határozni a zavart keltő tárgy helyzetét, az elnyelt energia-mennyiségből pedig a nyomóerőt.

- Előnyei: még nagyobb felbontás, a nyomás erőssége is meghatározható, a képernyő fénye nem korlátozott.
- Hátrányai: pontos elhelyezés szükséges (karbantartási szükséglet).

4. **Infravörös fény segítségével működő**: Az infravörös érintőképernyők fénykompóként működnek. A képernyő keretében elhelyezett infravörös adók és vevők az ember számára láthatatlan rácsozatot alkotnak. Ha ezt a rácsozatot ujjunkkal vagy egy tárggyal megtörjük, az érzékelő elektronika a hullám töréséből meg tudja határozni az adott érintési pont *x* és *y* koordinátáját.

- Előnyei: a képernyő fénye nem korlátozódik, nem kopik.
- Hátrányai: zavarokra érzékeny (már közelítésre is reagál), kis felbontású, íves képernyő esetén helyzet-meghatározási hibák léphetnek fel.

3.1.1 A monitorok jellemzői

felbontás

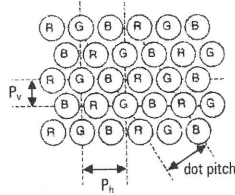
A képminőség fontos jellemzője a felbontás (vö. 2.5 fejezet), amelyet a következőképp adhatunk meg:

$$a = m \cdot n$$

- az egy sorban ábrázolható képpontok legnagyobb száma (szélesség)
- a lehetséges sorok száma
- az ábrázolható pontok (képpontok) száma

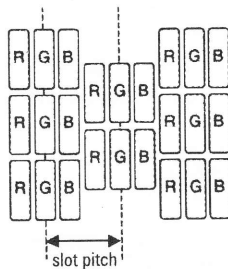
A legnagyobb felbontás a képpontok azon mennyisége, amennyit a monitor legfeljebb meg tud jeleníteni.

Függőleges frekvencia



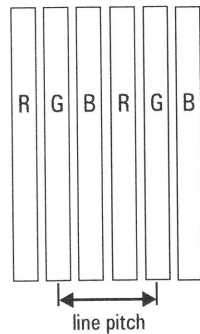
4.59 ábra

Ponttávolság (dot pitch) egy árnyékmáskcsöves CRT-ben.



4.60 ábra

Réstávolság (slot pitch) egy résmáskcsöves CRT-ben.



4.61 ábra

Vonaltávolság (line pitch) egy trinitron CRT képcsőben.

Képméltési frekvencia

A legismertebb érték a függőleges képméltési frekvencia (frissítési frekvencia ill. gyakoriság). Ez megadja, hogy a képet a képernyő egy másodpercen belül hány alkalommal építi fel. Minél nagyobb a frissítési gyakoriság, annál nyugodtabbnak tűnik a kép. Értékének legalább 72 Hz-nek kell lennie, de lehetőség szerint nem szabad, hogy meghaladjon a 110 Hz-et (szokásos értéke 90 Hz).

Fontos, hogy ezek az értékek a nem váltott soros megjelenítési módra (non-interlaced, ni) vonatkoznak. Váltott soros megjelenítésnek (interlaced mode) azt a (lehetőség szerint kerülendő) módszert nevezzük, amikor felváltva jelenítik meg a páros és páratlan sorokat.

Sorfrekvencia

A sorfrekvencia – más néven vízszintes frekvencia – azt adja meg, hogy az elektronsugár másodpercenként hány sort képes írni. Értéke tájékoztat az adott felbontás esetében a képméltési sebességről, így meghatározza a képminőséget. A monitorok esetében értéke legalább 70 kHz kell legyen (lásd 5.2.1.4 fejezet).

Képpont-frekvencia

A képpont-frekvencia azt adja meg, hogy az elektronsugár egy másodpercenként hány pontot képes vezérelni (kiválasztani); értéke a sorfrekvencia és a vízszintes felbontás szorzataként számolható ki.

Sávzélesség

Sávzélesség alatt a monitorban levő képerősítő határfrekvenciáját értjük, ami a képminőséget mérhetjük vele. Egy viszonylag éles és kontrasztgazdag kép sávzélessége a képpont-frekvencia 1,5–2-szerese.

Árnyékmásk-távolság

Árnyékmásk-távolság alatt az árnyékmásk két nyílása közti távolságot értjük. Az árnyékmásk-csővek (delta képcsővek) esetében nem a függőleges (P_v), illetve vízszintes (P_h) árnyékmásk-távolság, hanem a ponttávolság (dot pitch) a mérvadó (4.59 ábra). Minél kisebb ez, annál nagyobb a felbontás. Szokásos értékei 0,25 és 0,31 mm között változnak. Résmáskcső (4.60 ábra) esetében réstávolságról (slot pitch), trinitron képcső (4.61 ábra) esetében vonaltávolságról (line pitch) beszélünk.

5.2. Grafikus kártya

A grafikus kártya közvetíti a számítógép jeleit a monitornak. A monitor képességeit csak akkor tudjuk teljes mértékben kihasználni, ha a grafikus kártya alkalmazkodik hozzá. Fordított esetben a grafikus kártya túlzott követelményeket is támaszthat a monitorral szemben, ekkor az újabb monitorokon a kép a képcsővédőnek köszönhetően eltűnik, a régebbiek tönkremehetnek.

A hardvertechnika fejlődése különösen jól megfigyelhető a grafikus kártyákon. A grafikus kártyákkal szemben támasztott egyik legfontosabb követelmény a régi rendszerekhez való illeszthetőség, hiszen az új programok felületét régebbi rendszereken is meg kell tudni jeleníteni. Ezeknek a követelményeknek a hardver oldalán úgy lehet megfelelni, ha a legújabb grafikus kártyák a régi grafikai szabványokat is támogatják. Természetesen a fejlettebb programnyelvek is biztosítják ezt az átjárhatóságot megfelelő függvények rendelkezésre bocsátásával, amelyek az adott programot képessé teszik az adott hardveren való futásra. A VGA szabvány kidolgozása (1987) óta a monitorokat **analóg** módon vezélik, mert a mai felbontások és színmélységek mellett az adatátvitel másképp nem lenne megoldható.

Az új sík képernyők (folyadékkristályos képernyők, 5.1.2.2 fejezet) egy része azonban közvetlenül **digitálisan** is vezérelhető, amihez viszont közvetlen digitális kimenettel rendelkező grafikus kártya szükséges.

A továbbiakban a grafikus kártyák jellemzőit fejtjük ki részletesebben, néhány szabványról ejtünk szót, majd megismerkedünk a grafikus kártya felépítésével.

5.2.1. A grafikus kártyák jellemzői

A grafikus kártyák megítélése szempontjából legfontosabb jellemzők a színmélység, a felbontás, a képismétlési frekvencia, a vízszintes frekvencia és a video-sávszélesség.

Színmélység

A színmélység (vö. 2.2 fejezet) megadja, hogy a grafikus kártya egyszerre hány különböző színt tud a monitoron megjeleníteni. A multimédiához 16 bit (64 000 ábrázolható szín, high color) elegendő, a belépő szintű nyomtatókhoz azonban legalább 24 bit (16,7 millió ábrázolható szín, true color) szükséges.

Felbontás

Amennyiben a grafikus kártya által vezérelt monitor az adott felbontást képes megjeleníteni, az elérhető felbontás elsősorban a grafikai tárolóhely és az alkalmazott színmélység függvénye. Ha a felbontás vízszintesen 1024,

függőlegesen 768 képpont, a színmélység pedig 24 bit, akkor szorzatként megkapjuk az elméleti tárhelyigényt, ami 2,36 Mbájt. A gyakorlatban ez 4 MB tárhelyigényt jelent.

A gyakorlatban a grafikus kártya teljesítménye elsősorban a grafikus kártyán levő processzortól és az adott szoftvermeghajtótól függ.

Képismétlési frekvencia

A grafikus kártyák legismertebb értéke, és – akárcsak a monitoroknál – azt adja meg, hogy a kártya a képet másodpercenként hányszor frissíti.

A képismétlési frekvencia szembarát értéke 75 Hz-nél kezdődik, 90 Hz a legmegfelelőbb érték, és a 120 Hz-et nem szabadna túllépnie.

Mivel a képismétlési frekvencia nagyban függ a használt felbontástól, inkább a vízszintes frekvencia alapján ítélkezünk.

Vízszintes frekvencia

A grafikus kártya vízszintes frekvenciája adott felbontásnál a képismétlési sebességet adja meg, így fontos adalék a képábrázolás minőségi megítélésében.

A következő egyenlettel írhatjuk le:

$$f_v = \frac{f_H}{a_v + a_{vR}}$$

- f_v függőleges képfrekvencia Hz-ben
- f_H vízszintes frekvencia Hz-ben
- a_v függőleges felbontás képpontban
- a_{vR} az a_v 5%-a, felbontási tartalék

Példa: 1024-szer 768 pontos (függőlegesen 768 pont) felbontás esetén a grafikus kártya vízszintes frekvenciája 69 kHz:

$$\frac{69 \text{ kHz}}{768 \text{ Hz} + 38 \text{ Hz}} = 85 \text{ Hz}$$

Video-sávszélesség

A grafikus kártyát video-sávszélessége alapján is megítélhetjük, amelyre a következő egyenlet igaz:

$$b = f_H \cdot (a_H + a_{HR})$$

- b video-sávszélesség Hz-ben
- f_H vízszintes frekvencia Hz-ben
- a_H vízszintes felbontás képpontban
- $a_{10\%}$ az a_H 10%-a, felbontási tartalék

Példa: Ha egy grafikus kártya eléri a 77 MHz video-sávszélességet és 1024-szer 768-as felbontás mellett használjuk, megoldjuk az egyenletet f_H -ra. Ekkor egy 69 Hz körüli értéket kapunk, így ismét szembarát 85 Hz-es képáttér frekvenciát kapunk.

5.2.2. Grafikus szabványok

Fontos figyelembe vennünk, hogy a személyi számítógépeket eleinte – még jóval a multimédia előtti időkben – a munkaállomásokkal ellentétben kizárólag ASCII karakterekkel való munkára használták.

A legrégebbi grafikus csatoló (MDA, Monochrome Display Adapter, 1981) az IBM terméke volt, és több évig a monokróm grafikus kártyák szabványának számított.

A korszerű grafikus kártyák saját processzorral rendelkeznek. A következő táblázat a PC-k területén használt különböző grafikus kártya-szabványok fejlődését mutatja be.

Szabvány	Név	Felbontás	f_H	f_V	VRAM	b
MDA	Monochrom Display Adapter	csak szöveg, 9 × 14-es mátrix	18,432 kHz	50 Hz	4 KB	16,257 Mhz
CGA	Color Graphics Adapter	640 × 200	15,75 kHz	60 Hz	16 KB	14,3 Mhz
HGC	Hercules Graphic Card	720 × 348	21,8 kHz	50 Hz	32 KB	16,257 Mhz
EGA	Enhanced Graphics Adapter	640 × 350	21,8 kHz	60 Hz	64 KB	16,3 Mhz
VGA	Video Graphics Array	640 × 480	31,5 kHz	70 Hz	256 KB	28 Mhz
SVGA	Super VGA	1280 × 1024	90 kHz	90 Hz	512 KB	100 Mhz
UWVGA		1024 × 768	31,4 kHz	70 Hz	1024 KB	

4.62 ábra
Különböző grafikus szabványok.

5.2.3. A grafikus kártyák felépítése

A grafikus kártya szíve a CRT-vezérlő (CRT controller, CRTC), amelynek hiánya esetén maga a számítógép veszi át az irányítást. Az elektronsugár balról jobbra és fentről lefelé halad, eközben fokozatosan rakja össze a képet. Az időtartam azonban, amely az elektronsugárnak a visszafutáshoz szükséges, kisebb, mint az az idő, amennyire a CRTC-nek szüksége van arra,