

Tokaj-Hegyalja
Egyetem

Komputer grafika és képszerkesztés

2. előadás

Színmélység és a bitek

- A raszteres grafika megértéséhez nem elegendő csupán a képpontok elrendezését vizsgálni
- Legalább ilyen fontos kérdés az is, hogy egyetlen pixel milyen módon tárolja a színinformációt.
 - Ezt a tulajdonságot **színmélység**nek nevezzük.
- **A színmélység kifejezi:**
 - egy pixel színének leírására hány bit áll rendelkezésre,
 - azaz milyen pontossággal tudjuk egy adott képpont színét reprezentálni digitális formában.
- A bitek száma közvetlen kapcsolatban áll azzal, hogy hány különböző szín jeleníthető meg egy képen.
- **Egy bit két állapotot tud felvenni:**
 - ha egy pixelhez egyetlen bit tartozik, akkor mindössze két különböző értéket tudunk megkülönböztetni, ami tipikusan fekete és fehér megjelenítést jelent.

Színmélység és a bitek

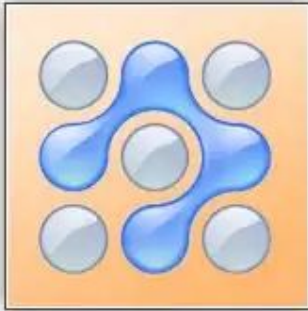
- Amennyiben a színinformációt több biten tároljuk, a lehetséges állapotok száma exponenciálisan növekszik.
 - n bit használata esetén összesen 2^n különböző érték ábrázolható.
 - Pl.: 8 bitet esetén 256 különböző intenzitási szint különböztethető meg.
- A modern digitális képek többsége nem egyetlen intenzitásértéket, hanem több színtkomponenst használ.
- A legelterjedtebb megközelítés az RGB színmodell:
 - három összetevő: **vörös** (Red), **zöld** (Green) és **kék** (blue).
 - Ha mindhárom komponens 8 biten van tárolva, akkor egy pixel összesen 24 bitet igényel.
 - Ezt a színmélységet gyakran nevezik **true color** megjelenítésnek, mivel több mint 16 millió különböző szín kombinációját teszi lehetővé.
 - Ez a színelbontás az emberi szem számára a legtöbb hétköznapi alkalmazásban elegendő, ezért széles körben használják monitorokon, webes képeknél és játékokban

Színmélység és a bitek

- Bizonyos rendszerekben kiegészítő csatorna is megjelenik
 - **átlátszóság**ot vagy **fedettség**et írja le
- Ez az úgynevezett **alfa csatorna**, amely szintén meghatározott bitszámmal rendelkezik.
- Egy tipikus **RGBA** ábrázolás esetén a három színcsatorna mellett az alfa csatorna is 8 biten van tárolva,
 - így egy pixel összesen **32** bitet foglal.
- Az alfa csatorna különösen fontos a grafikus felületek, játékok és képszerkesztés területén, ahol az objektumok egymásra rétegződnek.

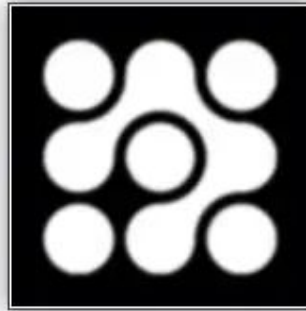
32 bites színmélység

Use of Alpha Channel to create Transparent Image

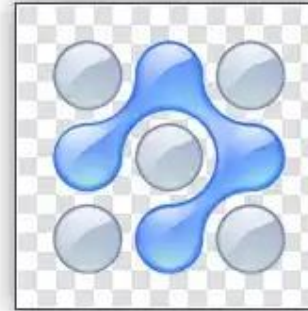


Original Image
RGB - 24 bpp

+



Alpha Channel
A - 8 bpp



Transparent Image
RGBA - 32 bpp

Színmélység és a bitek

- A színmélység növelése javítja a kép vizuális minőségét
 - különösen finom színátmenetek és árnyékos területek esetén
- Ugyanakkor növeli a memória- és tárhelyigényt is
- Alacsony bitmélység esetén a finom átmenetek nem folytonosak, hanem jól látható lépcsők formájában jelennek meg.
 - Ez különösen egyszínű átmeneteknél, például égbolt vagy árnyékos felületek esetén válik zavaróvá.
- **Egy nagy felbontású, nagy színmélységű raszteres kép jelentős mennyiségű adatot tartalmazhat,**
 - ezért a gyakorlatban gyakran alkalmaznak tömörítési eljárásokat
- Ezek célja az, hogy a kép vizuális minőségének lehető legkisebb romlása mellett csökkentsék a tároláshoz szükséges adatmennyiséget.

Színmélységek összehasonlítása



8-bit gradient



8-bit gradient,
dithered



24-bit gradient

Színmélységek összehasonlítása



Színmélység és a bitek

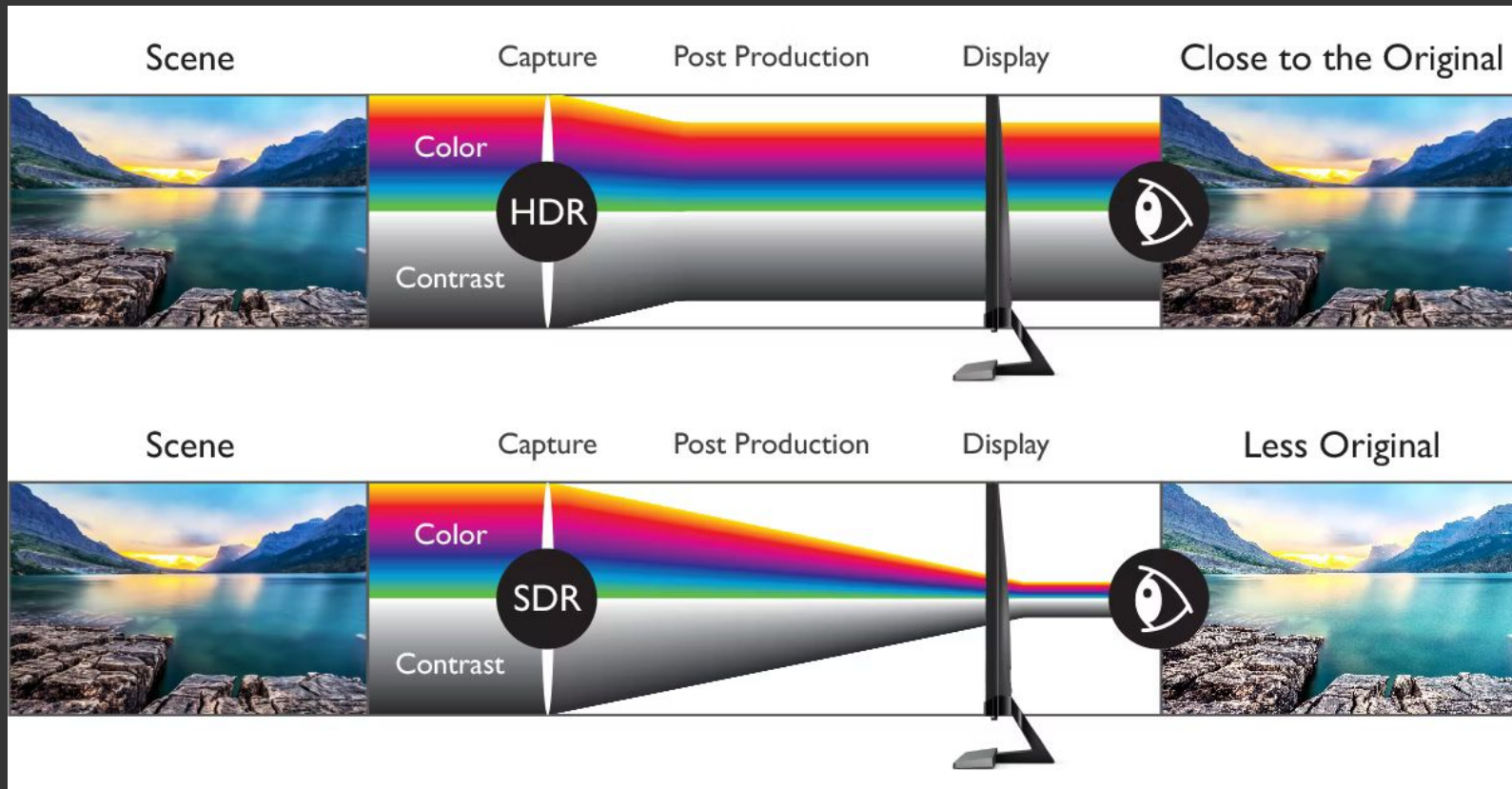
- A modern grafikus rendszerekben egyre nagyobb szerepet kapnak a nagyobb bitmélységű formátumok
- A **10, 12** vagy akár **16** bites csatornák használata különösen fontos
 - a professzionális képfeldolgozás, filmkészítés és nagy dinamikatartományú megjelenítés esetén
- Ezek a formátumok lehetővé teszik a finomabb fényerő- és színkülönbségek megőrzését a feldolgozás során,
 - még akkor is, ha a végső megjelenítés kisebb bitmélységen történik.
- **A bitábrázolás kérdése nemcsak a megjelenítés, hanem a számítások pontossága szempontjából is lényeges**
- Képfeldolgozási műveletek során az alacsony bitmélység gyorsan információvesztéshez vezethet
 - például szűrés vagy színcorrekció esetén
- Ezért gyakori megoldás:
 - a feldolgozás idejére nagyobb bitmélységű belső reprezentációt használnak, majd a

HDR megjelenítés...

Mi is az a HDR?

- **HDR – vagyis High Dynamic Range**
- **Célja:** a digitális képek és videók fényességtartományát közelebb hozza ahhoz, amit az emberi látás a valóságban képes érzékelni
- A hagyományos megjelenítési rendszereket gyakran **SDR**-nek nevezzük
 - **Standard Dynamic Range**
- **SDR:** viszonylag szűk tartományban képesek a sötét és világos részletek megjelenítésére.
- Ennek következtében a nagyon világos területek gyakran kiégnek, míg az árnyékos részek részletei elvesznek

SDR vs HDR



SDR vs HDR



SDR

HDR

SDR vs HDR



SDR



HDR

Mi is az a HDR?

- **A dinamikatartomány fogalma a legnagyobb és legkisebb megjeleníthető fényerő arányát jelenti**
- Minél nagyobb ez az arány, annál több részlet őrizhető meg egyszerre a sötét és világos területeken
- Az emberi szem rendkívül nagy dinamikatartománnyal rendelkezik, és folyamatosan alkalmazkodik a környezeti fényviszonyokhoz.
- A HDR megjelenítés célja nem az, hogy ezt a képességet teljes mértékben lemásolja,
 - hanem hogy a digitális megjelenítés közelebb kerüljön ehhez az érzékelési tartományhoz.



Mi is az a HDR?

- **A HDR megjelenítés másik alapvető eleme a nemlineáris fényességábrázolás**
- Az emberi látás nem lineárisan érzékeli a fényerőt
 - ezért a HDR rendszerek speciális átviteli görbéket alkalmaznak
- A görbék úgy osztják el a rendelkezésre álló kódértékeket:
 - hogy az emberi szem által érzékenyebb tartományokban több részlet álljon rendelkezésre
- Ez a megközelítés hatékonyabb információátárolást tesz lehetővé anélkül, hogy aránytalanul nagy adatméretet eredményezne.

Mi is az a HDR?

- A HDR megjelenítéshez nem elegendő csupán a megfelelő formátum vagy bitmélység
- **A megjelenítő eszköz fizikai képességei is meghatározóak**
- A HDR-kompatibilis kijelzők szükségesek
- Nagyobb maximális fényerőre, mélyebb fekete szintekre és szélesebb színtartományra képesek, mint a hagyományos eszközök.
- Ezek a tulajdonságok együttesen teszik lehetővé, hogy a digitálisan tárolt HDR tartalom valóban látványos különbséget mutasson a gyakorlatban is

Tone mapping

- A HDR tartalmak kezelése során külön figyelmet kell fordítani a **Tone mapping** folyamatára.
 - amikor egy HDR tartalmat olyan kijelzőn kell megjeleníteni, amely nem képes a teljes dinamikatartomány kezelésére.
- A tone mapping célja, hogy a széles fényességtartományt a megjelenítő képességeihez igazítsa
 - úgy, hogy közben a vizuálisan fontos részletek megmaradjanak.
- Ez a folyamat kompromisszumokon alapul, és jelentős hatással van a végső kép hangulatára.

Tone mapping

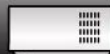
HDR Content



1,000nits

Clipping

Without Tone Mapping



650nits

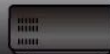


HDR Content



1,000nits

With Tone Mapping



650nits



HDR a TV-n...

HDR a TV-n

- A mai modern TV-k jelentős része már támogatja a HDR megjelenítést
- Ez a támogatás nem pusztán egy szoftveres funkció, szorosan összefügg a készülék hardveres képességeivel.
 - Egyszerre legyen képes nagyon világos és nagyon sötét részletek megjelenítésére,
 - miközben megőrzi a finom átmeneteket és a színek telítettségét
 - Ehhez a hagyományos kijelzőtechnológiák képességei önmagukban nem elegendők
- Az egyik legfontosabb hardveres követelmény a nagyobb **maximális fényerő**.

HDR a TV-n

- Egy hagyományos SDR televízió jellemzően **néhány száz nit** fényerőre képes
- A HDR-t támogató készülékek esetében ez az érték jelentősen magasabb.
 - **~ 600 - 10,000+ nits**
- A HDR tartalmak kifejezetten számolnak azzal:
 - hogy egyes képrészletek sokkal intenzívebb fényességgel jelennek meg mint a környezetük
 - például fényforrások, tükröződések vagy napfény
- Ha a kijelző nem képes erre a csúcsfényerőre, akkor a HDR előnyei nagyrészt elvesznek

HDR a TV-n



250 Nits

500 Nits

700 Nits

Indoor

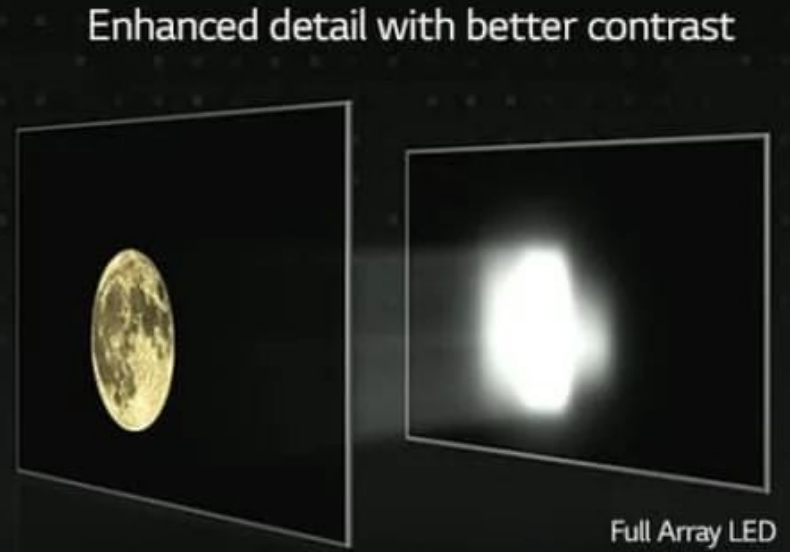
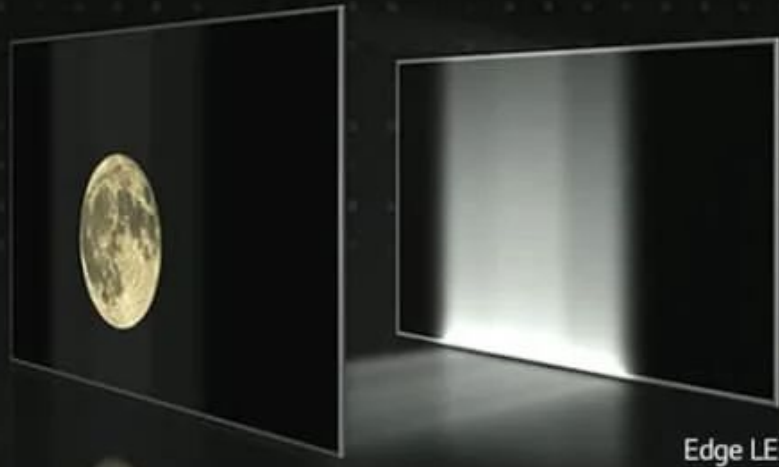
2x Brighter

3x Brighter

HDR a TV-n

- **Ugyanilyen fontos a fekete szint és a kontraszt kérdése**
- A HDR megjelenítés csak akkor működik meggyőzően, ha a sötét területek valóban sötétek maradnak, és nem szürkülnek el.
- Ezért a modern HDR televíziók gyakran fejlettebb háttérvilágítási technikákat alkalmaznak
 - például helyi fényerő-szabályozást.
- Ennek segítségével a képernyő különböző területei eltérő fényerővel világíthatók meg,
 - jelentősen javítja a kontrasztot és csökkenti a világos objektumok körüli fényudvarokat.

HDR a TV-n



Local dimming



HDR a TV-n

- A hardveres támogatás nemcsak a kijelzőpanel szintjén jelenik meg, hanem a belső jelfeldolgozásban is
- A HDR tartalmak feldolgozásához nagyobb bitmélységű számításokra van szükség
 - ezért **a televíziók képfeldolgozó egységeinek képesnek kell lenniük 10 vagy 12 bites színinformáció kezelésére**
 - Ha ez a feldolgozás csak 8 bites pontossággal történne, a HDR tartalmak gyorsan sárosodnának, és elveszítenék egyik legfontosabb előnyüket.
- A HDR megjelenítéshez szükséges hardveres támogatás oka az is, hogy a HDR nem egyetlen egységes szabvány.
- Különböző HDR formátumok léteznek
 - melyek eltérő módon írják le a fényességi és színinformációkat, valamint a hozzájuk tartozó metaadatokat.

HDR a TV-n

- Ezeknek a metaadatoknak a valós idejű feldolgozása és alkalmazása szintén a készülék hardverét terheli.
- Egy HDR-kompatibilis televízióknak tehát nemcsak a képet kell megjelenítenie
 - hanem folyamatosan értelmeznie kell a tartalomhoz tartozó vezérlőinformációkat is
- **Fontos hangsúlyozni:**
 - egy TV „HDR-képes” jelölése önmagában még nem garantálja a látványos HDR élményt.
 - A belépőszintű készülékek gyakran csak korlátozott fényerővel és kontraszttal rendelkeznek,
 - így bár technikailag képesek HDR jelet fogadni, a megjelenítés minősége nem közelíti meg a HDR tartalom eredeti célját.
 - Ez a különbség jól rámutat arra, hogy a HDR elsősorban hardveres képességek kérdése, amelyet szoftveresen csak részben lehet kompenzálni.

HDR típusok...

HDR típusok

- A HDR megjelenítés elterjedésével párhuzamosan **több különböző szabvány is kialakult**
- **Célja:** egységes módon írják le a nagy dinamikatartományú tartalmak fényességi és színinformációit.
- A szabványok nemcsak azt határozzák meg:
 - hogy a kép milyen színteret és bitmélységet használ,
 - hanem azt is, hogy a megjelenítő eszköz milyen kiegészítő információk alapján alkalmazza a tone mapping folyamatát.
- A legelterjedtebb HDR szabvány a **HDR10**
 - gyakorlatilag az iparági alapértelmezett megoldásnak tekinthető.
- A HDR10 nyílt szabvány, ezért széles körben támogatott televíziókon, monitorokon, játékkonzolokon és streaming platformokon.

HDR típusok

- A szabvány **10 bites színmélység**et ír elő
 - jelentősen csökkenti a sávosság kockázatát a nagy fényességtartomány mellett.
- **A HDR10 úgynevezett statikus metaadatokat használ**
 - a teljes filmre vagy videóra vonatkozó fényességi információk egyszer kerülnek megadásra.
 - Ennek következtében a tone mapping minden jelenetnél ugyanazon beállítások alapján történik,
 - ami egyszerűbb implementációt tesz lehetővé, de bizonyos jeleneteknél kompromisszumokat eredményezhet.

HDR típusok

- A HDR10 továbbfejlesztett változata a **HDR10+**
 - ez már dinamikus metaadatokat alkalmaz.
- Ebben az esetben a fényességi és kontrasztinformációk jelenetről jelenetre, sőt akár képkockáról képkockára is változhatnak.
- Ez lehetővé teszi, hogy a megjelenítő pontosabban igazítsa a tone mappinget az adott jelenethez
 - így a sötét és világos részletek egyaránt jobban megőrizhetők.
- A HDR10+ szintén nyílt szabvány, azonban a támogatottsága kevésbé egységes, mint a HDR10 esetében.

HDR típusok

- A **Dolby Vision** egy másik jelentős HDR szabvány
 - elsősorban a prémium tartalmak és megjelenítők világában terjedt el.
- A Dolby Vision egyik legfontosabb jellemzője, hogy akár **12 bites színmélységet** is támogat,
 - ami még finomabb árnyalatkezelést tesz lehetővé.
- A szabvány szintén dinamikus metaadatokat használ,
 - a tone mapping rendkívül pontosan illeszthető az adott jelenethez és a megjelenítő képességeihez.
- A Dolby Vision **zárt, licencelt technológia**, ezért a támogatása jellemzően a magasabb kategóriás televíziókra és eszközökre korlátozódik.

HDR típusok

- A műsorszórás területén külön szerepet tölt be a **HLG**, azaz **Hybrid Log-Gamma** szabvány.
- Kifejezetten élő közvetítésekhez fejlesztették ki, ahol a tartalomnak egyszerre kell kompatibilisnek lennie HDR és SDR megjelenítőkkel.
- A HLG egyik előnye, hogy nem használ hagyományos értelemben vett metaadatokat
 - a fényességi információt egy speciális átviteli görbével kódolja.
- Ennek eredményeként a HDR és SDR megjelenítés közötti átjárás egyszerűbbé válik, ami különösen fontos a televíziós sugárzásban.

Képfarmátumok...

Veszteséges és veszteségmentes tárolás

- A digitális képek tárolására és cseréjére különböző képformátumok alakultak ki,
- Ezek meghatározzák, hogy a pixeladatok milyen struktúrában, milyen kiegészítő információkkal és milyen tömörítési eljárással kerülnek eltárolásra.
- A digitális képformátumok egyik alapvető megkülönböztetési szempontja, hogy a képadatokat **veszteséges** vagy **veszteségmentes** tömörítéssel tárolják.
- A tömörítés célja a fájl méret csökkentése, azonban ennek módja jelentősen befolyásolja a kép minőségét és későbbi felhasználhatóságát.

Veszteséges és veszteségmentes tárolás

- A veszteségmentes tömörítés olyan eljárás, amely során a kép minden eredeti információja maradéktalanul visszaállítható.
- A tömörítés során redundáns adatokat távolítanak el, de a képpontok színértékei nem változnak meg.
- Ha egy veszteségmentes formátumú képet többször megnyitunk, módosítunk és újramentünk, a kép minősége nem romlik.
- Ez a tulajdonság különösen fontos olyan területeken, ahol a képi információ pontossága kritikus
 - Pl. tudományos feldolgozás, orvosi képalkotás vagy grafikai utómunka esetén
- **A veszteségmentes formátumok nagyobb fájl méretet eredményeznek**, viszont megőrzik az eredeti adatstruktúrát

Veszteséges és veszteségmentes tárolás

- A veszteséges tömörítés során a rendszer a fájl méret csökkentése érdekében **bizonyos képi információkat véglegesen elhagy.**
- Az algoritmusok jellemzően az emberi látás sajátosságait használják ki
 - Pl. azt, hogy bizonyos finom részleteket vagy színekülönbségeket kevésbé érzékelünk
- A tömörítés következtében a kép fájl mérete jelentősen csökkenhet, azonban a minőség romolhat.
- Ha egy veszteséges formátumú képet többször egymás után mentünk újra, a minőség fokozatosan tovább romlik,
 - mivel minden mentéskor újabb információvesztés történik.

Veszteséges és veszteségmentes tárolás

- A két megközelítés közötti választás mindig az alkalmazási céltól függ.
- Webes felhasználás esetén, ahol a sávszélesség és a betöltési sebesség kiemelt szempont, gyakran előnyös a veszteséges tömörítés alkalmazása.
- Ezzel szemben szerkesztési munkafolyamatokban célszerű veszteségmentes formátumot használni,
 - csak a végső publikáláskor alkalmazni veszteséges tömörítést.
- **Fontos kiemelni:** a tömörítés típusa nem csupán fájlméretbeli különbséget jelent, hanem a képfeldolgozás további lépéseire is hatással van!
 - Veszteségesen tömörített képeken bizonyos feldolgozási műveletek során a tömörítési hibák felerősödhetnek, ami torz eredményhez vezethet.
 - Pl. éldetektálás vagy kontrasztnövelés

Ismertebb képformátumok

- **BMP:** Az egyik legismertebb formátum
 - Gyakorlatilag tömörítés nélküli raszteres képtárolást valósít meg.
 - Egyszerű felépítésű és könnyen feldolgozható,
 - nagy fájlmérete miatt ritkán használják hatékony adattárolásra.
- **JPEG:** széles körben elterjedt formátum, amely veszteséges tömörítést alkalmaz.
 - különösen alkalmas fényképek tárolására, mivel a tömörítési algoritmus figyelembe veszi az emberi látás sajátosságait,
 - azokat a részleteket hagyja el, amelyek kevésbé észrevehetők.
 - Ennek következtében jelentős méretcsökkenés érhető el
 - ugyanakkor minden mentéskor bizonyos mennyiségű információ végleg elveszik.

Ismertebb képformátumok

- **PNG:** veszteségmentes tömörítést alkalmaz. A kép visszafejtésekor pontosan az eredeti pixelértékek állnak elő.
 - **A PNG támogatja az átlátszóságot** is, amelyet egy külön alfa csatorna segítségével valósít meg.
 - Emiatt gyakran használják olyan grafikai elemek esetén, ahol fontos az éles kontúr és a pontos színvisszaadás.
- **GIF:** történelmileg fontos szerepet tölt be, mivel korai időktől kezdve támogatta az animációt.
 - **Korlátozott színmélységgel rendelkezik**, mivel egyszerre legfeljebb kétszázötvenhat különböző színt tud megjeleníteni.
 - Ez a korlátozás miatt a GIF elsősorban egyszerű grafikákra és rövid animációkra alkalmas, részletgazdag fényképekhez kevésbé.

Ismertebb képformátumok

- **PCX:** korai, széles körben elterjedt raszteres képformátum. ZSoft Corporation (1980) - PC Paintbrush
 - Hosszú ideig de facto szabványnak számított egyszerű bitmap képek tárolására
 - Raszteres képeket tárol, a képet pixelek rácsaként reprezentálja.
 - A kép adatállománya soronként (scanline-alapúan) van eltárolva.
 - Veszteségmentes tömörítést alkalmaz, egy egyszerű **RLE** (Run-Length Encoding) **algoritmust**.
- **Az RLE lényege:**
 - az egymást követő azonos pixelértékeket nem egyenként, hanem ismétlésszámmal együtt tárolja.
 - Ez különösen hatékony volt olyan képeknél, amelyek nagy homogén területeket tartalmaztak,
 - például grafikus felületek, ikonok vagy korai játékok sprite-jai esetén.

4, 8, 24 bites színmélységek táémogatása

Ismertebb képformátumok

- A webes alkalmazások elterjedésével a digitális képek tárolására és továbbítására új szempontok jelentek meg
 - elsősorban a fájl méret csökkentését és a gyors betöltést helyezik előtérbe.
- A webre optimalizált képformátumok célja:
 - a lehető legjobb vizuális minőséget biztosítsák
 - a lehető legkisebb adatméret mellett,
 - figyelembe véve a különböző kijelzők és hálózati környezetek korlátait
- JPEG és a PNG nem minden esetben biztosítják az optimális tömörítési hatékonyságot
- WebP: a Google fejlesztette ki.
 - Célja: hatékonyabb tömörítést kínáljon a JPEG és a PNG alternatívájaként.
 - A WebP támogatja mind a veszteséges, mind a veszteségmentes tömörítést, valamint képes átlátszóság és animáció kezelésére is

Ismertebb képformátumok

- A modern webes technológiák fejlődésével egyre nagyobb hangsúlyt kap a nagy dinamikatartományú megjelenítés és a magas színpontosság
- **AVIF:** Ezt a célt szolgálja az AVIF képformátum, amely az AV1 videókódolóra épül.
 - Az AVIF különösen hatékony tömörítést biztosít,
 - és támogatja a nagy színmélységet és a **HDR** megjelenítést is.
 - Az AVIF dekódolása számításigényesebb lehet, a modern böngészők és hardverek egyre szélesebb körben támogatják
 - a jövőben várhatóan egyre nagyobb szerepet kap a webes képtárolásban
- **HEIF (HEIC):** eredetileg a mobil eszközök világában terjedt el
 - Nagy hatékonyságú tömörítés mellett lehetőséget ad több kép, metaadat és különböző színprofilok együttes tárolására.
 - Webes környezetben a támogatottsága még nem teljes körű,
 - technológiai szempontból fontos példája annak, hogy a képformátumok fejlődése egyre inkább a komplex tartalmak és a magas minőség felé halad.

Köszönöm a figyelmet!