VISOKO UČILIŠTE ALGEBRA
**ZAGREB, REPUBLIKA HRVATSKA**

**DIGITALNA OBRADA FOTOGRAFIJA POMOĆU JPEG FORMATA**

ESEJ

Zagreb, prosinac 2023.

# Sažetak

# Uvod

Evolucija digitalnih sustava u zadnjih 50 godina potakla je prijenos vanjskih informacija u digitalan oblik. U fotografijama, transformirala je način na koji doživljavamo vizualne informacije. Jedan od najpoznatijih formata za slike, *Joint Photographic Experts Group* (JPEG), treba smatrati ključnim elementom koji oblikuje način distribucije i prikaza slika u digitalnom svijetu.

Posebna pozornost bit će posvećena načinu formatiranja slika, istražujući kako konverzija utječe na autentičnost, percepciju i kvalitetu originalnih fotografija. Analizom će se razmotriti tehničke specifičnosti, poput komprimiranje podataka i veličine datoteka, ali i percepcijske aspekte kako bi se bolje razumjela interakcija između tehnoloških zahtjeva i korisničkog iskustva.

# Obrada slike

## Definiranje digitalne slike

U digitalnim sustavima slika se oblikuje kao dvodimenzionalna matrica, te svako polje unutar matrice se naziva *picture element* (piksel). Svaki piksel u slici iznosi nekakvu binarnu vrijednost, najčešće su to 8-bitne vrijednosti od 0 do 255. Sa jednom dvodimenzionalnom matricom mogu se reprezentirati samo monokromatske slike.

## Prostor boja

Digitalne slike obično imaju definiran prostor boja i kanale koje koriste za dobivanje boje unutar slika. Standardan model u digitalnim sustavima je RGB model gdje se koriste tri dvodimenzionalne matrice od kojih svaka definira jačinu crvene, zelene i plave boje, te kada se te matrice pridodaju, zajedno čine oko 16 miliona mogućih boja za sliku (u slučaju standardne 8-bitne slike)[1]. JPEG format podržava jedino 8- bitne boje, no noviji formati poput JPEG2000 ili JPEG-XL podržavaju više boja.

## Pretvaranje RGB modela u YCbCr

Kod kodiranja slika u JPEG format, prije bilo kakve manipulacije izvorne slike, slika treba biti konvertirana iz standardnog RGB modela boja u YCbCr model pomoću formula definiranih po BT.601-7 standardu od Međunarodne telekomunikacijske unije[2].

Slika 1. YCbCr model boja

IZVOR: leandromoreira, *digital\_video\_introduction,* Github, 2017

Tijekom konvertiranja, prvo se računa *Luma* vrijednost pomoću crvenog, zelenog i plavog kanala iz RGB modela, a onda se iz vrijednosti plavog i crvenog kanala u RGB modelu oduzima dobivena *Luma* vrijednost da se izračunaju *Chroma blue* i *Chroma red* vrijednosti.

## Kromatsko poduzorkovanje

Cijela poanta JPEG formata jest da smanji veličinu slike, a da slika vizualno izgleda nepromjenjiva ljudskom oku. Ljudsko oko osjetljivije reagira na svjetlinu naspram boja, te se zbog toga koristi proces kromatskog poduzorkovanja (*Chroma subsampling*) kako bi se iskoristila mana ljudskog oka za dobit smanjenja prostora koju slika zauzima.

Pomoću YCbCr modela, boje i svjetlina se odvajaju na svoje zasebne kanale, Y kanal definira svjetlinu dok Cb i Cr definira boje. JPEG tada uzima Cb i Cr kanale te im smanjuje količinu piksela, najčešće za duplo manje, time smanjuje veličinu datoteke, a da nama vizualno slika ostane ista. Formati kromatskog poduzorkovanja se označavaju kao 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0 itd. Ove oznake predstavljaju omjer rezolucije komponenti boje u odnosu na svjetlinu.

Treba imati u obzir da nakon ovog procesa, originalna slika gubi podatke, za uzvrat manje veličine datoteke.

## Diskretna kosinusna transformacija

Diskretna kosinusna transformacija (DCT) je matematička tehnika koju JPEG koristi kako bi još više komprimirao podatke slike i postigao još manju veličinu datoteke. DCT transformira niz podataka u drugi niz koji se sastoji od kosinusnih funkcija različitih frekvencija.

U procesu diskretne kosinusne transformacije, JPEG uzima svaki YCbCr kanal zasebno te na njima obavlja segmentaciju piksela. Svaki kanal se segmentira u blokove od 8 x 8 piksela. Proces prijenosa slike u blokove obično se odvija skeniranjem slike s lijeva na desno i odozgo prema dolje. Blokovi od 8x8 piksela uzimaju se jedan po jedan u redoslijedu kojim se slika čita. Svaki blok koji se izdvoji potom se obrađuje na sljedeći način.

Na svakom pikselu primjenjuje se oduzimanje vrijednosti piksela sa brojem -128, tada se dobivaju vrijednosti piksela između -128 do 127. Pomoću kosinusnih valova reprezentiranih u obliku slika, moguće je rekreirati svaki blok piksela.

JPEG tada rekreira svaki blok piksela koristeći dvodimenzionalne kosinusne valove u različitim frekvencijama. Ti valovi su često vizualizirani pomoću 8 x 8 tablice.

Slika 2: DCT tablica

Izvor: JeffThompson, StackExchange, 2019

U gore prikazanoj slici, može se vidjeti tranzicija crno-bijelih piksela te njihova frekvencija izmjenjivanja od nulte frekvencije u gornjem lijevom kutu, pa sve do najviše frekvencije u donje desnom kutu. Tijekom rekreacije blokova svaka vrijednost piksela u bloku koji se transformira definira jačinu utjecaja kosinusa na finalni blok.

## Kvantizacija

Druga velika mana ljudskog oka jest loša prepoznatljivost visoko frekventnih objekta. Ljudsko oko loše prepoznaje sitne detalje u slici, poput teksture tkanina ili lišća u šumi. Stoga se informacije povezane s ovim detaljima mogu kvantizirati bez značajnog gubitka percepcije kvalitete u slici.

Umjesto da se zadrže sve informacije o frekvencijama, kvantizacija omogućuje eliminaciju ili redukciju manje bitnih detalja koji bi inače značajno povećali veličinu datoteke bez značajnog poboljšanja percepcije slike. Kvantizacija se provodi tako što JPEG format pogleda vrijednost *Quiality* varijable koja je ugrađena u JPEG, te na temelju toga određuje koliko visoko frekventnih kosinusa će ukloniti iz svakog pojedinog 8 x 8 bloka u slici. U smislu DCT tablice, kvantizacija kreće od donjeg desnog kuta i miče se dijagonalno po tablici do gornjeg lijevog kuta.

Slika 3: Smijer kvantizacije

Izvor: Martin Ender, StackExchange, 2016

## Dodatno komprimiranje

Zadnji korak u procesu kodiranja JPEG formata brine se o dodatnom komprimiranju podataka sa *Run-lenght encoding* i Huffman kodiranjem. Ovaj proces samo dodatno komprimira rezultat, a ne briše podatke unutar slike.

# Rezultati i utjecaji JPEG formata

JPEG format jedan je od najpopularnijih formata za slike na *web*u, njegova skalabilnost pomoću *qualtity* varijable, koja određuje razinu komprimiranja slike, omogućava različite razine kvalitete i veličine datoteka, te njime omogućuje optimizaciju slika za putovanje kroz mrežu. Također, JPEG format je jako star format što znači da ga gotovo svi moderni *web* preglednici i uređaji podržavaju, što ga čini praktičnim i dostupnim za većinu korisnika računala bez potrebe za dodatnim alatima za pregledavanje slika.

JPEG format komprimira slike, čak i implementira *quality* varijablu koja ide od 1 do 100 koja definira intenzitet komprimiranja[3]. Za primjer i demonstraciju efektivnosti JPEG komprimiranja, sastavljena je tablica koja prikazuje veličinu datoteka u JPEG fromatu u odnosu originalne slike u CR3 (*Canon Raw 3*) formatu. CR3 format je format za najnovije Canon kamere čiji je cilj svaku moguću informaciju sa senzora kamere pohraniti u datoteku bez ikakvog komprimiranja.

# Zaključak

Razmatrajući proces kompresije slika u JPEG formatu, jasno je da je evolucija digitalnih sustava oblikovala način kako percipiramo i distribuiramo vizualne informacije. JPEG, kao klasičan format za kompresiju slika, ostaje temeljni standard već desetljećima.

Pregled procesa, uključujući definiranje digitalnih slika, prostor boja, konverziju u YCbCr model, kromatsko poduzorkovanje za smanjenje prostora, diskretnu kosinusnu transformaciju (DCT) i kvantizaciju, ilustrira kompleksnost tehnika koje omogućuju smanjenje veličine datoteke slika. Značajno je istaknuti da tehnologija komprimiranja slika u JPEG-u ne samo da smanjuje veličinu datoteke, već održava vizualni dojam slike prihvatljivim za ljudsko oko.

Iako je JPEG ostao klasičan standard, nadolazeći formati signaliziraju potencijalne poboljšanja u kompresiji slika. Unatoč trenutnom statusu, inovacije donose nadu za buduće prilagodbe i unaprjeđenje kvalitete slike, nudeći prostor za daljnji razvoj kompresije slika u digitalnom svijetu.

# Popis literature

[1] M. Matijević, „Utjecaj JPEG-WebP konverzije na karakteristike fotografske slike”. Tehnički vjesnik, Vol. 23 No. 2, 2016.

[2] Studio encoding parameters of digital television for standard 4:3 and wide screen 16:9 aspect ratios, ITU-R Standard BT.601-7, 2011.

[3] Joint Photographic Experts Group, Guideline on controlling JPEG 2000 image quality using a single parameter, ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG1, 2023.

U izradi ovog eseja korišten je Chat GPT.