

Formati pohrane i tehnike sažimanja digitalnih fotografija

Matušin, Marina

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Organization and Informatics / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet organizacije i informatike**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:211:624665>

Rights / Prava: [Attribution-NoDerivs 3.0 Unported](#) / [Imenovanje-Bez prerada 3.0](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-27**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Organization and Informatics - Digital Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE
V A R A Ź D I N

Marina Matušin

FORMATI POHRANE I TEHNIKE
SAŽIMANJA DIGITALNIH FOTOGRAFIJA

ZAVRŠNI RAD

Varaždin, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE
V A R A Ž D I N

Marina Matušin

Matični broj: 45237/16-R

Studij: Primjena informacijske tehnologije u poslovanju

FORMATI POHRANE I TEHNIKE SAŽIMANJA DIGITALNIH
FOTOGRAFIJA

ZAVRŠNI RAD

Mentorica:

Doc. dr. sc. Dijana Plantak Vukovac

Varaždin, rujan 2020.

Marina Matušin

Izjava o izvornosti

Izjavljujem da je moj završni izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onima koji su u njemu navedeni. Za izradu rada su korištene etički prikladne i prihvatljive metode i tehnike rada.

Autorica potvrdila prihvatanjem odredbi u sustavu FOI-radovi

Sažetak

Digitalna fotografija je medij koji se svakodnevno koristi, pohranjuje te distribuira na razne načine. Imamo dvije vrste fotografija to su analogna i digitalna fotografija. Ovaj rad bavi se nastankom digitalne fotografije te njezinom pohranom i prikazom. Prilikom pohrane digitalne fotografije mogu se koristiti razne tehnike sažimanja kako bi se smanjila veličina same fotografije uz što manje gubitke na kvaliteti. Formati koji se obrađuju u ovome radu su RAW, JPEG, PNG, GIF, BMP i TIFF. Svaki od spomenutih formata ima svoje prednosti i mane, tako da se RAW format najčešće koristi kada je potrebno zabilježiti sirov prikaz nekog objekta. Mana tog formata je što zauzima znatno više memorije od JPEG formata. JPEG format je sveprisutan, najviše na webu. Prednost ovog formata je malo zauzeće memorije, ali ne ostavlja puno mjesta za obradu fotografije. Kod formata poput PNG, BMP i TIFF ne dolazi do gubitka na kvaliteti fotografije prilikom sažimanja. PNG format najbolje je koristiti za pohranu crteža, teksta ili logotipa, dok se TIFF i BMP format najčešće koriste za ispis fotografija. GIF format najčešće se koristi na webu zbog malog zauzeća memorije, najveća mana ovog formata je degradacija kvalitete fotografije odnosno pojava zrnatosti. Fotografija nad kojom se provodi sažimanje jest RAW format. Svakim sažimanjem slika gubi na kvalitetom, koja se ponekad može vidjeti i ljudskim okom. U praktičnom dijelu rada ispituje se kako različiti formati digitalnih fotografija s različitim razinama sažimanja utječu na samu kvalitetu fotografije kod korisnika. Obrada fotografija radi se u grafičkom programu Adobe Photoshop. Rezultati dobiveni provođenjem istraživanja pokazuju nam da sažimanje ne utječe na percepciju kvalitete fotografije. Iako se kod nekih fotografija događa degradacija kvalitete, ta degradacija nije vidljiva ljudskome oku sve dok se fotografija ne poveća do određene veličine.

Ključne riječi: kvaliteta, formati, pohrane, sažimanje, fotografija

Sadržaj

Sadržaj	iii
1. Uvod	1
2. Povijest digitalne fotografije	2
3. Prednosti i mane digitalne fotografije	8
4. Formati pohrane digitalne fotografije	10
4.1. BMP format	10
4.2. JPEG format	12
4.3. TIFF format	13
4.4. GIF format	14
4.5. PNG format	15
4.6. RAW format	17
4.7. Noviji formati pohrane digitalnih fotografija	18
4.7.1. JPEG 2000	18
4.7.2. EXIF	18
4.7.3. HDR	19
4.7.4. HEIF	19
4.7.5. WebP	19
4.8. Usporedba formata pohrane digitalne fotografije	20
5. Sažimanje digitalne fotografije	23
5.1. Sažimanje bez gubitaka	23
5.1.1. Metode sažimanja	24
5.2. Sažimanje s gubitkom	27
5.2.1. Metode sažimanja	27
6. Ispitivanje utjecaja formata pohrane i razine sažimanja na percepciju slike	30
6.1. Priprema fotografija	31
6.2. Rezultati istraživanja s ispitanicima	41

Zaključak	49
Popis literature	51
Popis slika	54
Popis tablica	56

1. Uvod

Sam pojam fotografija može se izvesti iz grčkih riječi „*photos*“ i „*graphos*“ što znači pisanje svijetlom. Pojavom dagerotipije prvih uspješnih oblika fotografije, bio je prvi bitni odmak od dosadašnjih napora da se slikarskim, grafičkim ili drugim tehnikama dobije što preciznija i autorski neiskrivljena slika stvarnosti. Zanimanje za prikazivanjem što točnijom slikom krajolika, portreta itd. dolazi do osnovnih prednosti fotografije koja je tijekom svog dosadašnjeg života, doživjela brojne transformacije u izražajnom a i tehničkom smislu. Jedna od najvažnijih prednosti fotografije je količina informacija koje sadržava naspram bilo kojih drugih dokumentacijskih i komunikacijski sredstava.

Fotografija može biti stvaralačka, umjetnička ili njome možemo bilježiti stvarnost koja na okružuje (dokumentarna). Velika većina ljudi koristi fotografiju za bilježenje ili dokumentiranje stvarnosti kao što su npr. obiteljske fotografije. Zatim dolaze novinske fotografije i dokumentarne fotografije, te umjetničke fotografije koje služe za uživanje u ljepoti snimljenog događaja. Imamo dvije vrste fotografija a to su analogna i digitalna fotografija. Glavna razlika analogne i digitalne fotografije je, da analogna fotografija podrazumijeva snimanje slika na film, dok digitalna fotografija snima slike na memorijsku karticu, tvrdi disk ili CD-ROM.

Prva fotografija nastala je 1826. godine te ju je napravio Nicephore Niepce s pretečom *camere obscurae*, stvaranje te fotografije trajalo je 8 sati. Današnje doba smatra se vizualnom erom koju doživljavamo tiskanom slikom u novinama i časopisima, tv ekranima, monitorima, platnima i oglasnim plakatima. Ta nova vizualna era započela je prije 180 godina jednim od najvažnijih izuma a to je *Camera obscura* ili crna (mračna komora) koju je izumio François Arago. Nakon dugog istraživanja i razvijanja fotoaparata, nastala je trajna fotografija u boji koju je napravio James Clerk Maxwell. Ubrzo nakon toga dolazi do razvoja bljeskalice, diskete, memorijskih kartica što ubrzo postaje temelj za razvoj digitalne fotografije. Kasnije se iz fotografije razvijaju dva vizualna medija a to su kinematografija i televizija, koji su kasnije formulirali svoj vlastiti vizualni svijet. [1,2,3]

2. Povijest digitalne fotografije

Razvoj digitalne fotografije seže sve do davne 1908. godine gdje je znanstvenik Alan Campbell svoju ideju o snimanju i projekciji slike na daljinu spajanjem dvaju uređaja objavio u časopisu Nature. Tom idejom i nizom drugih otkrića stvoreni su temelji moderne televizije. Digitalna fotografija započinje 1951. s prvim *video tape recorderom* (VTR) koji je prenosio i primao slike uživo s TV kamera pretvarajući signale u električne impulse koji su bili poznati kao digitalni signali. Podaci su se spremali na magnetsku vrpcu. VTR tehnologija se usavršila krajem 50-ih godina i postala je općeprihvaćena. Russell Kirch izveo je prvo skeniranje slike 1957 godine. Skeniranje slike izveo je svojim rotacijskim drum skenerom, koji je očitavao sliku i spremio ju u binarnome obliku. Veličina prve skenirane slike bila je 5x5 cm, te na slici se nalazio tromjesečni Kirchov sin. Rezolucija crno-bijele skenirane slike bila je 176x176 piksela, te se ta fotografija danas smatra prvom digitalnom fotografijom u povijesti.[1,4]



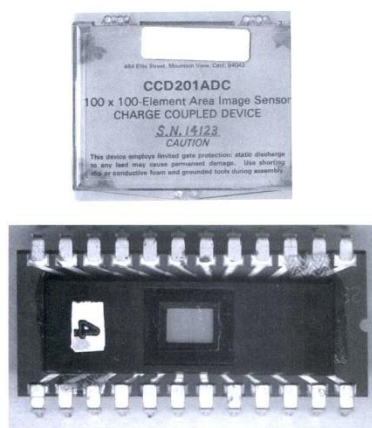
Slika 1. Prva skenirana slika (1957.) (Strgar Kurečić, 2017.)

Tijekom 1960-ih NASA je pretvaranjem analognih signala u digitalne signale svojom svemirskom sondom za mapiranje Mjesečeve površine, slala digitalne slike natrag na Zemlju. U isto vrijeme dolazi do naglog razvoja računalne tehnologije. NASA je koristila računala kako bi poboljšala slike koje su svemirske sonde slale. Špijunski sateliti u mnogim različitim zemljama koristili su istu tehnologiju za stvaranje slika. Kada je srušen američki špijunski avion iznad SSSR-a iste godine, počela se intenzivno razvijati tehnologija za špijuniranje iz orbite (sateliti). Najveći problem kod slanja fotografskog filma na Zemlju bilo je pronalaženje kapsule,

koja bi često završila u moru ili u rukama neprijatelja. Zbog tog problema, u satelite je kasnije ugrađeni prvi automatski uređaj za razvijanje filma i skener koji je slikovnu datoteku pretvarao u analogni signal koji je zatim tu slikovnu datoteku slao radiovezom na Zemlju. Zbog velike veličine slikovnih datoteka započeo je istraživanje čiji je cilj pretvaranje fotografije u digitalni oblik koji omogućava lakše slanje na velike udaljenosti.[1,5]

Godine 1968. Edward Stupp, Pieter Cath i Zsolt Szilagy, koji su radili u Philipsovima laboratorijima u New Yorku, izumili su "*All Solid State Radiation Imager*" koji je primao i pohranjivao optičku sliku na matrici sastavljenoj od niza fotodioda. To je bio prethodnik *Changed Coupled Device*-a (uređaja povezanog nabojem). [6]

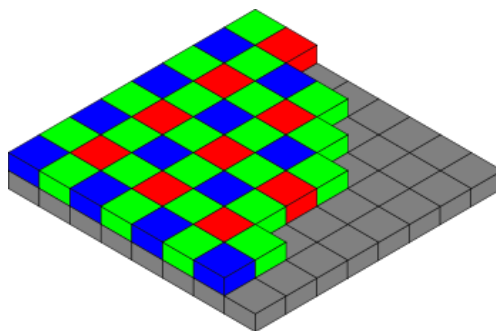
Prvi CCD (engl.*Changed Coupled Device*) predstavljen je 17. listopada 1969. godine. CCD je senzor s nizom fotoosjetljivih jedinica spojenih u redove koji pretvaraju svjetlo u električne signale. *Changed Coupled Device* osmislili su Willard Boyle i George Smith iz *Bell Labsa*. Ovaj izum donio im je brojne međunarodne nagrade, kao i Nobelovu nagradu za fiziku u 2009. godini. CCD iskorištavao je zajedničku karakteristiku poluvodiča, tj. njihovu sposobnost hvatanja obrazaca formiranih, negativno nabijenih elektrona i rupa, te spremanje ili čitanje obrazaca. Ti obrasci koristili su se za kodiranje i pohranjivanje digitalnih podataka. Uzorak bi se stvorio elektroničkim putem na površini uređaja kada bi se uređaj koristio kao memorija. Pošto je uređaj osjetljiv na svjetlost, uzorak se također može formatirati fokusiranjem slike na površini silicija. Jače svjetlo stvara jači električni naboj, manje svjetla, manje naboja. Zahvaljujući tome izumu omogućen je daljini razvoj digitalne fotografije, jer je to bio jedan od elemenata koji nedostaju za komercijalnu uspješnost digitalnih fotoaparata. Krajem 60-ih godina počela je vojna upotreba digitalne fotografije. Ostvareni preduvjeti za razvoj digitalne fotografije je u razdoblju 70-ih godina. [1,7]



Slika 2. Prvi CCD senzor (1973.) (Strgar Kurečić, 2017.)

Tvrtka Fairchild Semiconductor, 1973. godine uzela je CCD senzor i poboljšala ga. Gil Amelio vodio je Fairchildov dizajn i proizvodnju CCD proizvoda koji je bilo veličine 100x100 piksela, za serijsku pohranu i obradu slika. Pokazalo se da tvrtka Fairchild imaju najtrajnije vrijednosti kao osnovu za današnje senzore skenera i digitalnih fotoaparata. Iste godine tvrtka je najavila prvi komercijalno dostupan CCD uređaj na svijetu. Koristio se u prvom fotografskom uređaju za dobivanje elektronske slike, koji je razvio Kodakov inženjer Steven Sasson 1975. godine. Bio je to radni prototip fotoaparata, a ne komercijalna varijanta. Imao je 4 kg, mogao je snimiti sliku od 100 x 100 piksela i trebale su mu 23 sekunde da napravi sliku. Crno-bijela slika koju je bilježio CCD senzor spremala se na kazetu tj. magnetnu vrpcu, te je rezolucija fotoaparata bila 0,1 megapixel (MP). Taj digitalni fotoaparat nikada nije bio zapravo namijenjen produkciji, već je predstavljao važan eksperiment koji je ključan za daljnji razvoj digitalne fotografije. [1,4,8]

Kodakov zaposlenik Bryce Bayer izumio je, iste godine, sustav filtara (*Bayer filar*) u boji iznad fotodetektora na senzoru, RGB matrica (*Red, Green, Blue*) koja je omogućavala dobivanje digitalne fotografije u boji, te su potrebna za stvaranje boje na temelju podataka o sivoj skali koje bilježi čip za obradu slika. Slika snimljena fotoaparatom Bayer filtra poznata je i kao slika uzorka Bayer. Ovaj neobrađeni izlaz senzora mora se zatim umetnuti pomoću algoritama za demosaiciranje kako bi senzor stvorio točnu sliku s punim crvenim, zelenim i plavim podacima o slici za svaki piksel. [9]



Slika 3. Bayer filter (Strgar Kurečić, 2017.)

Nova era u fotografiji započinje lansiranjem, tvrtke Sony, prvog komercijalnog elektroničkog uređaja *Mavica* (engl. *Magnetic Video Camera*) godine 1981. Rezolucija uređaja iznosila je 0,28 MP te je to bila prva elektronička kamera s CCD senzorom. Taj uređaj zapravo je bila analogna kamera koja je snimala signale kontinuirano na magnetsku inčnu floppy disketu koja se zove „*Mavipak*“. Kapacitet te diskete iznosio je manje od 1 megabyte (MB) te se na nju moglo pohraniti oko 50 fotografija. Disketa *Mavipak* ujedinio je i preteča današnjih disketa. Sve fotografije koje su bile snimljene uređajem *Mavica* trebale su se digitalizirati na računalu. U narednim godinama dolazi do razvoja novih senzora koji omogućavaju prikaz

većeg broja piksela. Slike su imale kvalitetu televizije tog doba, ali kamera nije ušla u komercijalnu proizvodnju. Prva komercijalna analogna elektronička kamera bio je Canon RC-701 koji se pojavio 1984. Te su kamere bile vrlo skupe i imale su nižu kvalitetu slika u odnosu na standardni film. Također im je trebala oprema za snimanje i ispis slika što također nije pomoglo analognim kamerama da dođu do šire javnosti. Uglavnom su ih koristile novine i vojska. [4,10]

Znanstvenici Kodaka izumili su 1986. godine megapikselni CCD senzor koji je mogao zabilježiti 1,4 milijuna piksela. Kasnije je ugrađen u *Videk MegaPlus* kameru, ali to nije bio dovoljno da se izradi što kvalitetnija fotografija u boji, čija bi veličina bila veća od 7x10 cm. *Videk MegaPlus* kamera u većini slučajeva koristila se u znanstvene svrhe, zbog toga razvija se prvi digitalni fotoaparat koji je namijenjen širokom tržištu te je poznat pod nazivom *Fujix DS-1P*. To je prvi fotoaparat koji je snimao digitalne slike na izmjenjivu SRAM (engl. *Static Random Access Memory*) memorijsku karticu, koja je proizvedena od strane Tshibe. Godinu kasnije objavili su sedam proizvoda za snimanje, pohranjivanje, manipuliranje, prijenos i ispis elektroničkih statičnih video slika. [1,11]



Slika 4. Akto Mortia i Sony Mavica (Strgar Kurečić, 2017.)

Do vrhunca digitalne fotografije i internetskog booma dolazi 90-ih godina, gdje zahvaljujući ubrzanom razvoju tehnologije i računalima koji su postali pristupačniji širem tržištu, stvorio se temelj za proboj digitalnih fotografija. Početkom 90-ih godina, objavljen je prvi format koji omogućava sažimanje slika i videozapisa pod nazivom JPEG standard (engl. *Joint Photographic Experts Grup*). JPEG standard omogućavao je lakšu pohranu (manju veličinu datoteka) i širenje fotografije putem interneta.

Kodak je 1990. godine razvio sustav foto CD-a i predložio prvi svjetski standard za definiranje boje u digitalnom okruženju računala i računalne periferne opreme. Za vrijeme

razvoja *World Wide Weba* u Cern-u i mrežnog preglednika *Mosaica*, također se radilo i na razvoju programa za obradu digitalne fotografije, tako je 1990. godine *Adobe Photoshop* prvi puta predstavljen javnosti. Godinu kasnije, tvrtka Kodak na tržište lansira prvi profesionalni digitalni SLR fotografski sustav pod nazivom DCS 100 koji je namijenjen fotoreporterima. Sustav se sastojao od *Nikon F3 SLR* tijela i Kodakovim CCS senzorom od 1,3 MP. Snimljene fotografije spremale su na tvrdi disk DSU (engl. *Digital Storage Unit*) s kapacitetom od 200 MB. Disk je bio spojen kablom s fotoaparatom i obično se nalazio u zasebnoj jedinici koju su fotoreporter morali nositi većinom preko ramena i oko struka. Zbog nepraktičnosti, 1992. godine predstavljen je novi fotoaparat modela DCS 200 koji ima ugrađeni disk u dio koji se priključivao direktno na tijelo fotoaparata. [1,5,12]

Za to vrijeme tvrtka Fuji razvijala je kameru koja se sastojala od interne flash memorije, javnosti ju je predstavila 1993. godine pod nazivom *Fuji DS-200F*. Kamera je imala veliki utjecaj na razvoj digitalne fotografije, jer je to bila prva kamera koja se spremala slike na flash memoriju, koja se danas koristi u svim digitalnim fotoaparatima. Jedna od važnih godina bila je 1994. kada se na tržištu pojavljuje *CompactFlash* odnosno prva komercijalna memorijska kartica za digitalne fotoaparate kapaciteta 2MB te je postala najzastupljeniji tip kartice na tržištu koja se koristi i danas. [1]



Slika 5. DCS 100 (1991.) (Strgar Kurečić, 2017.)

Prvi digitalni fotoaparati koji su bili namijenjeni potrošačima i koji su radili s kućnim računalom putem serijskog kabla bili su kamera *Apple QuickTake 100* koji je predstavljen javnosti 17. veljače 1994., kamera *Kodak DC40* predstavljena 28. ožujka 1995., *Casio QV-11* s LCD monitorom predstavljen krajem 1995. i *Sonyjev Cyber-Shot* digitalni fotoaparat koji je predstavljen 1996. godine. Početak kraja filma započeo je 2000. godine gdje dolazi do naglog razvoja fotoaparata, te digitalni fotoaparati više nisu namijenjeni samo profesionalcima već i amaterima te započinje era digitalne fotografije. Foveon je 2002. godine započeo proizvodnju nove vrste senzora slike. Film u boji ima tri sloja, jedan za snimanje crvene, jedan za zelenu i jedan za plavu svjetlost. Stari digitalni senzori bilježili su boju na jednom sloju piksela i mogli

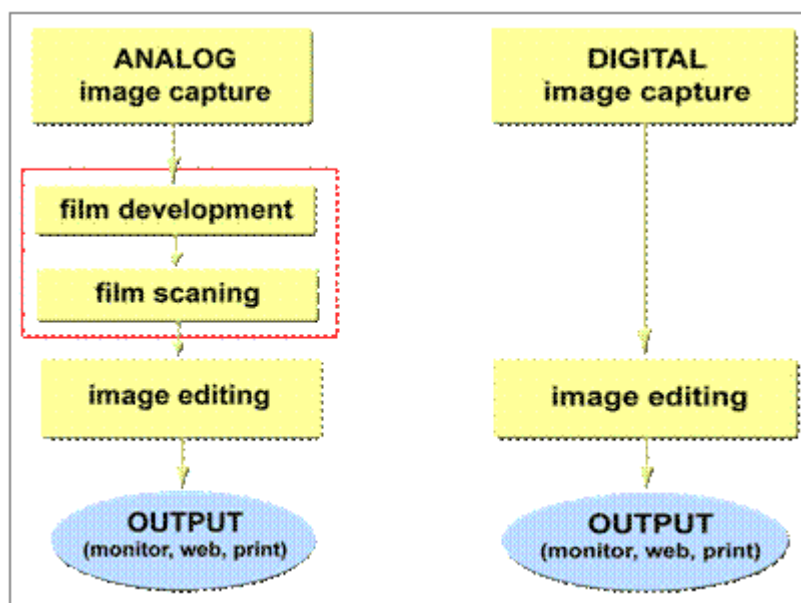
su zabilježiti samo dio dostupnih podataka o boji, dok novi Foveon X3 može uhvatiti sve podatke o bojama u tri odvojena sloja. Canon EOS 300D izazvao je revoluciju na tržištu 2003. godine, te ima važnu ulogu u povijesti digitalne fotografije jer je bio prvi cjenovno pristupačni digitalni SLR, te je potaknuo ostale proizvođače da smanje cijene svojih DSLR fotoaparata.

Digitalni fotoaparati počinju biti cijenom konkurenti analognim modelima te po prvi puta bilježe veću prodaju od njih. Do 2004. godine neki proizvođači gase proizvodnju analognih fotoaparata i filmova i povlače ih s tržišta. Od 2008. godine mnogi proizvođači počinju nuditi mogućnost snimanja i videa. Nikon D90 bio je prvi fotoaparat koji je nudio mogućnost snimanja HD filmova (720p s 24 fps) i iste godine Cannon predstavlja SLR namijenjen profesionalcima, EOS 5D Mark II koji može snimati Full HD filmove (1080p s 30 fps).[1,4,5]

3. Prednosti i mane digitalne fotografije

U svojih 150 godina fotografija je prolazila kroz razne transformacije u izražajnom ali i u tehničkom smislu, ali nikada se u njezino značenje i dokumentiranje života nije sumnjalo. Brojnost informacija koje fotografija sadržava neusporediva je s drugim komunikacijskim ili dokumentacijskim sredstvima. [10]

U usporedbi s fotografijom koja se temelji na filmovima, digitalna fotografija ima različite prednosti. Te prednosti novinsko izdavaštvo odmah je prihvatilo zbog mogućnosti slanja slika s terena u redakciju, brže obrade fotografije za razliku kod analogne fotografije kao što možemo vidjeti na slici 6. Pojavom digitalne fotografije pojavile su se nove i brže mogućnosti u objavljivanju najnovijih informacija popraćene kvalitetnom fotografijom. [13]



Slika 6. Analogna i digitalna obrada fotografije (<https://www.ziljak.hr/>)

Digitalni fotoaparati također omogućuju pregled snimljenih fotografija odmah na licu mjesta što znači da nije potrebno sliku razviti da bi mogli uočiti nedostatke kod snimanja već ih možemo odmah ispraviti. Jedna od velikih prednosti digitalne fotografije je spremanje snimljenih fotografija na memorijsku karticu a ne na film. Također omogućava nam spremanje fotografija na računalo i njihovu obradu npr. kontrolirati kontrast, svjetlinu, intenzitet boja na fotografiji. Omogućuju snimanje videa i zvuka, te brisanje nepotrebnih slika i pohranu velike količine fotografija što naravno ovisi i o memorijskoj kartici i kvaliteti slike, dok film ima mogućnost spremanja najviše 36 fotografija. Moguće je višekratno korištenje memorijske kartice, nakon što se slike s nje obrišu. Vrlo korisna činjenica je također da digitalni fotoaparati

bilježe dodatne podatke o fotografiji kao što su ekspozicija, blenda, ISO (engl.*International Organization for Standardization*), vrijeme i datum fotografiranja i itd. Digitalnu fotografiju moguće je kopirati bezbroj puta a da uz to ne dolazi do narušavanja kvalitete fotografije. Mana digitalnih fotoaparata je njegova cijena u odnosu na klasični fotoaparat. Manje zrnatu sliku daju filmovi velikih ISO osjetljivosti nego digitalni senzori iste osjetljivosti. [14]

U slučaju kvara hard diska, sve digitalne fotografije su izgubljene, dok fotografije snimljene klasičnim fotoaparatom su spremljene nakon razvijanja. Slike na filmu vrlo su pouzdane zato što se na njima mogu uočiti naknadne promjene, dok kod digitalnih fotoaparata ne postoji program koji bi mogao uočiti naknadne promjene na fotografiji. Digitalni fotoaparati ovise o energetsom izvoru kao što su baterije, koje mogu trajati neko vrijeme. S vremenom gube svoj kapacitet te dolazi do kašnjenja okidača. [15]

4. Formati pohrane digitalne fotografije

Podaci u računalu spremaju se u binarnome obliku, te način na koji se podaci pretvaraju u binarni oblik naziva se format podataka. Na primjer kada se slika pohranjuje na magnetski disk, tada je prvo potrebno sliku pretvoriti u binarne brojeve. Način pretvorbe slike u binarne brojeve naziva se još format za pohranu slika. Ispravno namještanje formata u kojemu će se fotografija snimiti najviše ovisi o namjeni te fotografije, koju je kasnije potrebno obraditi. Različiti formati koriste sažimanje podataka. Sažimanje podataka može se provesti na dva načina, a to su: sažimanje fotografije bez gubitaka (engl. „lossy“) i sažimanje s gubicima (engl. „lossless“).

JPEG je jedan od najpoznatijih i najzastupljenijih formata današnjice te je gotovo svaka slika na webu u tome formatu. JPEG format sažima sliku uz neprimjetne gubitke kvalitete slike, što nije uvijek slučaj. PNG i TIFF formati koriste sažimanje bez gubitaka, tj. koriste algoritme sažimanja koji ne umanjuju kvalitetu slike. RAW je jedini format u digitalnoj fotografiji koji nastaje u digitalnom fotoaparatu te snimljena slika je neobrađena „surova“. [16,17]

4.1. BMP format

Bitmapa (engl. *Bitmap*) ili skraćeno BMP bio je najčešće korišteni rasterski grafički format za spremanje slikovnih datoteka. Nastao je 1985. godine i početku je bio namijenjen samo za Windows platformu, ali sada ga prepoznaju mnogi programi i na Mac-u i na osobnim računalima. To je nesažeti zapis podatka bez gubitka kvalitete slike.

BMP format pohranjuje podatke o boji za svaki piksel na slici bez ikakvog sažimanja. Na primjer, BMP slika 10x10 piksela sadrži podatke o boji za 100 piksela. Ova metoda pohrane podataka o slikama omogućuje oštru i visokokvalitetnu grafiku, ali omogućuje i veliku veličinu datoteka. JPEG i GIF formati su također bitmapi, ali koriste algoritme sažimanja slike koji mogu značajno smanjiti njihovu veličinu datoteke. Iz tog razloga se JPEG i GIF slike koriste na webu, dok se BMP slike često koriste za ispis slika. [17,20]



Slika 7. Primjer BMP formata (lijevo) (Matušin M.) i usporedba s JPEG formatom (desno)

Usporedbom BMP formata i JPEG formata, možemo zaključiti da ljudskome oku nije vidljiva razlika na fotografijama. Kao što je spomenuto već u radu, BMP format zauzima mnogo memorije jer ne koristi sažimanje, te to možemo vidjeti u tablici 4.

Tablica 1. Karakteristike JPEG i BMP

	JPEG	BMP
Dimenzije	2592x1944	2592x1944
Veličina datoteke	2,32 MB	14,4 MB



Slika 8. Usporedba JPEG kvalitete (lijevo) i BMP kvalitete (desno)

Kada uspoređujemo JPEG format i BMP format, možemo zaključiti da ne dolazi do nikakvih promjena prilikom sažimanja, jer BMP format koristi sažimanje bez gubitaka, što znači da BMP prikazuje sve informacije na slici identične informacijama na JPEG slici, što možemo vidjeti na slici 15.

4.2. JPEG format

JPEG je zapravo skraćenica od *Joint Photographic Experts Group*, što je zapravo naziv grupe koja je krajem 80-ih godina radila na razvijanju i standardizaciji digitalnih formata zapisa slike. Godine 1992. objavljen je prvi JPEG format, s mogućnošću sažimanja slika i video zapisa. Time se olakšala njihova pohrana i dijeljenje datoteka. Format koristi sažimanje fotografija s gubitkom koje nije vidljivo ljudskom oku. Može prikazati 16777216 boja ili nijansa sivih boja. Gubitak kvalitete fotografija određuje se stupnjem sažimanja fotografija te što je stupanj sažimanja veći to je vidljiviji gubitak kvalitete slike i obrnuto. Prednost ovog formata je ušteda memorijskog prostora koja se najčešće koristi kod web stranica ili prilikom slanja slika elektroničnom poštom. Nedostatak ovog formata je smanjena kvaliteta fotografije prilikom sažimanja, ne podržava prozirnost i animaciju. JPEG ne ostavlja puno mjesta za obradu fotografije. Veličina same fotografije ovisi o kompleksnosti njezinoga sadržaja te samomu stupnju sažimanja, JPEG nije dobro koristi kada je potrebno prikazati originalan zapis fotografije. [17,18]



Slika 9. Primjer JPEG fotografije (Matušin, M.)

JPEG dopušta korisniku da postavi željenu razinu kvalitete ili omjer sažimanja. Sustav ljudskog vida ima neka specifična ograničenja, koja JPEG koristi kako bi postigao visoke stope sažimanja. Oko-moždani sustav ne može vidjeti iznimno fine detalje. Ako se unutar nekoliko piksela dogodi mnogo promjena, tada za taj segment slike smatramo da ima visoku prostornu frekvenciju tj. veliku promjenu u prostoru. Najveća prednost JPEG formata je manja veličina slika kod pohrane.[7,8]

4.3. TIFF format

TIFF format ili *Tagbased Image File Format* je format koji podržava sažimanje podataka bez gubitaka. Razvijen je od strane korporacije Aldus 1986. godine. Može prikazati slike koje sadrže 1677721 boja (ili nijansa sivih boja). Koristi se za sve namjene od pohrane fotografija, crteža i itd. Prednost formata u odnosu na JPEG formata je kvaliteta slike. Slike koje su spremljene u TIFF formatu zauzimaju puno više memorije nego kada su pohranjene u JPEG formatu. Koristi se za sve pohrane slika, zauzima puno više memorije u odnosu na JPEG. Sažimanjem ne dolazi do gubitka na kvaliteti slike. TIFF spada u jedan od najvažnijih formata kod razmjene podataka u grafičkoj pripremi jer podržava CMYK sustav boja te osigurava visoku rezoluciju slika za ispis. Slike mogu biti nesažete ali i sažete, primjenom algoritama bez gubitaka. Većinom se koristi za ispis i tisak visoke definicije boja, te kao i JPEG može se koristiti na svim računalnim platformama i programima za obradu fotografija. Kod snimanja fotografija u TIFF formatu memorijske kartice se brzo napune, jer slike zauzimaju veliku količinu memorije te je obrada na računalu sporija.[17,18]



Slika 10. JPEG fotografija(Matušin,M.)

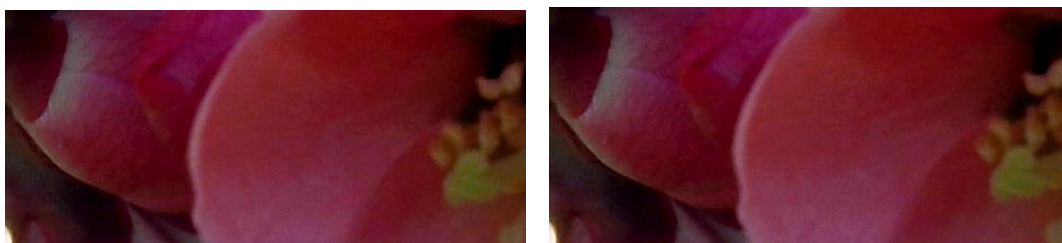


Slika 11. TIFF fotografija (Matušin,M.)

Kao što je već ranije spomenuto, prilikom sažimanja fotografije u TIFF formatu, ne dolazi do gubitka kvalitete. Tako da slika 7. i slika 8. izgledaju identično, ali usporedbom njihovih karakteristika kao što je prikazano u tablici 1. možemo vidjeti da se slike uveliko razlikuju u veličini datoteke.

Tablica 2. Karakteristike JPEG (lijevo) i TIFF (desno)

	JPEG	TIFF
Dimenzije	2224x1920	2224x1920
Veličina datoteke	1,98 MB	5,83 MB



Slika 12. Usporedba JPEG kvalitete (lijevo) i TIFF kvalitete (desno)

Kada uspoređujemo JPEG i TIFF format kao što su slike 7. i 8. razlike u kvaliteti fotografije nisu vidljive. Kada obje fotografije povećamo na istome mjestu za 200%, možemo zaključiti da su fotografije identične, odnosno da nije došlo do degradacije fotografije prilikom provođenja sažimanja. TIFF i JPEG su identični zato što TIFF format koristi sažimanje bez gubitaka, tako da fotografije, kao što je prikazano na slici 9. nemaju vidljivih gubitaka ili promjena.

4.4. GIF format

GIF je skraćenica od *Graphic Interchange Format* koji je predstavljen javnosti 1987. godine. To je format koji koristi sažimanje podataka bez gubitka kvalitete slike. Svi podaci slike se zapisuju i pri tome ne dolazi do gubitka izvorne kvalitete. Sažimanjem slike pretvara se u oblik koji zauzima manju količinu memorije od izvorne fotografije. GIF može prikazati samo 256 boja ili nijansi sive boje te je najprikladniji za pohranu grafike s nekoliko boja, poput logotipa ili slika u stilu crtića jer koristi LZW kopresiju bez gubitka. Prednost GIF-a je što omogućava prozirnost i animaciju te se zbog tih mogućnosti još uvijek široko koristi na web stranicama kao i u mnogim softvrskim programima. Animacija se postiže tako da su u jednome polju pohranjene sve slike od kojih se sastoji animacija te se dobiva privid pokretne slike. [17]



Slika 13. Primjer GIF formata (Matušin M.)

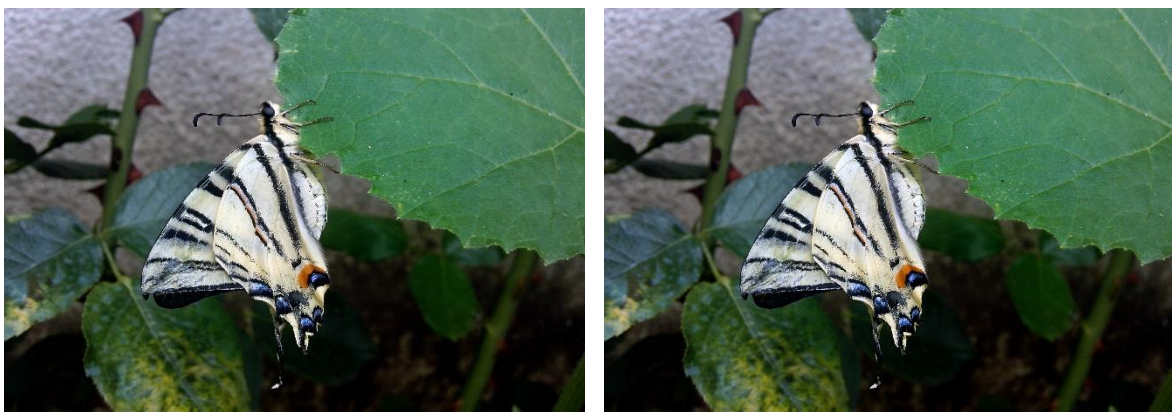
Prilikom usporedbe GIF formata i JPEG, razlika između fotografija također je u samoj veličini datoteke. GIF za razliku od JPEG formata je u veličini datoteke manji. Sama kvaliteta fotografije može se vidjeti golim okom. Kao što je prikazano na slici 10. vidljiva je znatna zrnatost u području latica i tučka.

Tablica 3. Karakteristike JPEG i GIF

	JPEG	GIF
Dimenzije	2592x1944	2592x1944
Veličina datoteke	2,44 MB	2,28 MB

4.5. PNG format

PNG ili *Portable Network Graphic* koji sadrži bitmapu indeksiranih boja i koristi sažimanje bez gubitaka, sličan je GIF-u te se obično koristi za pohranu grafike za web. Stvoren je 1994. godine kao odgovor na ograničenja u GIF formatu, zbog prikaza veće količine boja i pružanja formata slike bez license. PNG može sadržavati 8-bitni kanal transparentnosti koji omogućuje da boje na slici izbljeduju od neprozirnog do prozirnog, za razliku od GIF-a koji podržava samo neprozirne ili prozirne piksele. PNG se ne može animirati te ne podržava CMYK boju jer ovaj format nije namijenjen za profesionalnu upotrebu. PNG progresivno prikazuje piksele u dvodimenzionalnom modu, nekoliko u istom vremenu kroz sedam prikaza za svaki 8x8 blok slike. PNG je dobar izbor za pohranu crteža, teksta i ikone grafike u maloj veličini datoteke. [19]



Slika 14. Usporedba JPEG (lijevo) i PNG formata (desno) (Matušin M.)

Usporedbom fotografija možemo zaključiti da ne dolazi do gubitka kvalitete na fotografiji, ali veličina fotografije se znatno povećala u donosu na JPEG.

Tablica 4. Karakteristike JPEG i PNG

	JPEG	PNG
Dimenzije	2560x1788	2560x1788
Veličina datoteke	2,11 MB	5,36 MB



Slika 15. Usporedba JPEG kvalitete (lijevo) i PNG kvalitete (desno)

PNG koristi sažimanje bez gubitaka, tako da kada uspoređujemo istu sliku u JPEG i PNG formatu ne možemo uočiti nikakve promjene nastale na fotografijama. Kada povećamo određeni dio na fotografijama, na 200% također možemo zaključiti da nisu vidljive nikakve promjene na fotografijama kao što je prikazano na slici 13.

4.6. RAW format

RAW je nastao 2004. godine. To neobrađena i nekomprimirana datoteka koja predstavlja monokromatske slike objekta snimanja koje je potrebno procesirati da bi se stvorila konačna slika. Raw je također „sirova“ netaknuta datoteka koja dolazi izravno s CCD-a ili CMOS senzora, koje je kasnije potrebno komprimirati. RAW sadrži originalne informacije fotografije koje se kasnije moraju obraditi na računalu uz pomoć programa. Sam operacijski sustav ne podržava RAW datoteku, te je potrebno imati poseban program za obradu fotografija, kao što je Adobe Photoshop. Veličina RAW zapisa je 4 do 5 puta veća od JPEG-a. Većina profesionalnih fotografa slaže se da RAW format ima dvije velike prednosti u odnosu na JPEG, a to su:

- Nudi veću kvalitetu slike jer fotografije nisu sažete kao kod JPEG

- Slike izgledaju onako kako su ih zabilježili senzori fotoaparata i na njima nisu napravljene nikakve obrade (kod JPEG fotoaparat obavlja korekciju boja, izoštravanje i itd.)

Kod RAW formata fotograf mora samostalno podesiti korekcije kao što su ravnoteža bijelog, ekspozicije, sjena i druge zahvate na snimljenoj fotografiji u Adobe Photoshopu ili programu za obradu RAW fotografija. Kod obrade RAW fotografija važno je napomenuti da se neće oštetiti original (RAW digitalni negativ) te se mogu napraviti više novih fotografija iz digitalnog negativa. Kod pohrane RAW formata, osim neobrađenih slikovnih podataka tj. vrijednosti svjetline svakog piksela, pohranjuju se i meta podaci koje koristi RAW konverter za procesiranje snimke u RGB sliku.[17,18]



Slika 16. RAW fotografija (Matušin,M)

4.7. Noviji formati pohrane digitalnih fotografija

Naglim razvojem tehnologije došlo je i do pojave novih formata za pohranu digitalnih fotografija. Neki od tih formata su: JPEG 2000, Exif, HDR, HEIF, WebP i mnogi drugi. Do razvoja novih formata, poput JPEG 2000, došlo je s ciljem da se poboljša kvaliteta fotografije prilikom sažimanja. Razvoj EXIF formata omogućio je bilježenje raznih informacija o nastaloj fotografiji. Format HDR težio je izradi savršenoj fotografiji spajajući tri fotografije u jednu. HEIF format koji polako postaje standard, snima fotografije visoke kvalitete iste veličine kao i JPEG. WebP je svestrani format koji podržava sažimanje s gubitcima bez gubitaka. [21,28]

4.7.1. JPEG 2000

JPEG 2000 stvorila je The Joint Photographic Experts Group s ciljem boljeg sažimanja slike u odnosu na stariji format. Ovaj format smatrali su sljedećom generacijom sažimanja jer je obećavao bolje performanse sažimanja i poboljšanu kvalitetu slike. JPEG 2000 sažima fotografije tako da ne gubi na kvaliteti fotografije te prilikom spremanja slike u taj isti format, postoji mogućnost odabira između upotrebe sažimanja ili spremanja datoteke bez gubitaka kvalitete. Podržavajući veći dinamički raspon koji nije ograničen bitnom dubinom slike, stvara se bolja alternativa od originalnog JPEG formata. Format nije kompatibilan sa starijim formatom, odnosno JPEG-om, jer je osnovan na novome kodu. Korisnici koji su htjeli podržavati ovaj noviji format, morali su taj kod kodirati u novi standard i istovremeno morali su podržavati stariji format. JPEG 2000 zbog svoje složenosti, za svoju obradu zahtijeva računala s velikom memorijom. Ovaj format najčešće se koristi u profesionalnom uređivanju i distribuciji filmova. [21]

4.7.2. EXIF

Exchangeable Image File Format (EXIF) su metapodaci sadržani u datoteci slike, ti metapodaci mogu pružiti važne informacije poput marke i modela kamere koja je snimila sliku kao i je li slika izmijenjena grafičkim programom. Ovaj format je standard za specifikacije formata slike i zvuka koji uglavnom koriste digitalni fotoaparati i skeneri. Također ovaj standard sadržava podatke o označavanju i metapodacima s datotekom slike. Ti metapodaci mogu sadržavati informacije poput modela kamere, brzine zatvarača, datuma i vremena, otvora blende, proizvođača, vremena ekspozicije, X rezolucije, Y rezolucije itd. Metapodatci EXIF mogu također sadržavati slike zajedno sa tehničkim i primarnim slikovnim podacima u jednoj slikovnoj datoteci. [22,23]

4.7.3. HDR

HDR (engl. *High Dynamic Range*) ili visoki dinamički raspon je razlika između najsvjetlijeg i najtamnijeg mraka koji se može snimiti na fotografiji. Kada se prilikom fotografiranja nekog objekta premaši dinamički raspon fotoaparata, tada istaknuti dijelovi postanu bijeli ili tamne boje postanu velike crne mrlje. Jedna od karakteristika HDR fotografije je njezin specifičan stil s neobično visokim dinamičkim rasponom koji se ne može postići ni na jednoj fotografiji. HDR fotografija najčešće se sastoji od dvije ili tri ili devet fotografija snimljenih u različitim razinama izloženosti, koje se kasnije zajedno spoje pomoću softvera kako bi se stvorila bolja slika. HDR fotografija najbolje uspijeva s fotoaparatom na stativu. HDR format najčešće koristi za digitalne fotografije. Isprana područja, sjene i druga dinamika mogu se lako popraviti na HDR slikama. Slike spremljene u HDR formatu koriste se za poboljšanje slika i fotografija s obzirom na boju i svjetlinu. [24,25]

4.7.4. HEIF

High-Efficiency Image File Format (HEIF) također je poznat kao *High-Efficiency Image Coding* (HEIC) koji polako postaje standard. *Moving Picture Experts Group* (MPEG), razvio ga je 2013. godine a dovršen je 2015. godine. Ovaj format pohranjuje dvostruko više informacija od JPEG slika iste veličine, značajno poboljšavajući kvalitetu datoteka. Zbog te karakteristike može se spremati dvostruko veći broj datoteka nego prije. Zbog svoje manje veličine, slike se brže prenose. Na primjer, na iPhoneu, slike prenesene u *iCloud Photo Library* trebaju se kretati dvostruko brže. HEIF također podržava animaciju i može pohraniti više podataka nego animirani GIF. HEIF format osnovan je na video formatu visoke učinkovitosti (HEVC ili H.265 video formatu.) Danas su neke od najvećih tehnoloških tvrtki na svijetu prihvatile HEIF, uključujući Apple. [26]

4.7.5. WebP

WebP format razvijen je i prvi put objavljen od strane Googlea 2010.godine. Format podržava sažimanje slika bez gubitaka i s gubicima, što ga čini svestranim formatom za sve vrste vizualnih medija. WebP format često se uspoređuje sa sveprisutnim formatima zbog svoje vizualne kvalitete. Koristeći WebP, webmasteri i web programeri mogu stvoriti manje, bogatije slike koje čine web bržim. WebP slike koje koriste sažimanje bez gubitka imaju 26% manju veličinu u odnosu na PNG datoteke, dok WebP slike koje koriste sažimanje s gubicima su 25-34% manje od JPEG slika. Sažimanje s gubicima, izvodi se pomoću prediktivnog kodiranja za kodiranje slike, istom metodom koju koristi VP8 video kodek. Prediktivno kodiranje

koristi vrijednosti u susjednim blokovima piksela za predviđanje vrijednosti u bloku, a zatim kodira samo razliku. Sažimanje bez gubitaka koristi već viđene fragmente slike kako bi točno rekonstruirala nove piksele. Također može koristiti lokalnu paletu ako se ne pronađe podudaranje. [27,28]

4.8. Usporedba formata pohrane digitalne fotografije

Tablica 5. Usporedba formata pohrane digitalne fotografije

Format	Prednosti	Nedostaci
JPEG	-zauzima malo memorijskog prostora -brzi pristup fotografiji, brzo spremanje na karticu -stupanj sažimanja može se podesiti -prikaz 16777216 boja ili nijansa sivih boja	-koristi sažimanje s gubitcima -slika se može degradirati -malo prostora za obradu fotografije
TIFF	-koristi sažimanje bez gubitka -16777216 boja ili nijansa sivih boja -podržava CMYK	-zauzima mnogo memorije u odnosu na JPEG -spora obrada na računalu
RAW	-koristi sažimanje bez gubitka -korisnik može sam obraditi fotografiju -omogućuje istinit prikaz fotografije	-zauzima mnogo memorije u odnosu na JPEG -spor kod čitanja i spremanja -potreban program za obradu
GIF	-sažimanje bez gubitka kvalitete -omogućava prozirnost i animaciju	-256 boja ili nijansi sive boje -zrnatost fotografije
BMP	-sažimanje bez gubitka kvalitete -prikazuje 16777216 boja ili nijansa svih boja	-zauzima mnogo memorije
PNG	-sažimanje bez gubitaka kvalitete -transparentnost	-zauzima mnogo memorije u odnosu na JPEG

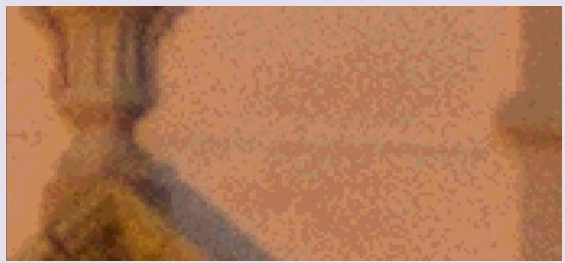
Ako usporedimo sve navedene formate s JPEG, možemo zaključiti da svaki od njih ima svojih prednosti i mana, kao što možemo vidjeti u tablici. U tablici je prikazana usporedba jedne fotografije koja je kasnije upotrebljena u anketi, u svim formatima. Prednost ima GIF jer zauzima najmanje memorije, ali mana tog formata je pojava zrnatosti na fotografiji. Zatim dolazi JPEG, koji ima veću kvalitetu u odnosu na GIF, te sažimanje nije odmah vidljivo ljudskome

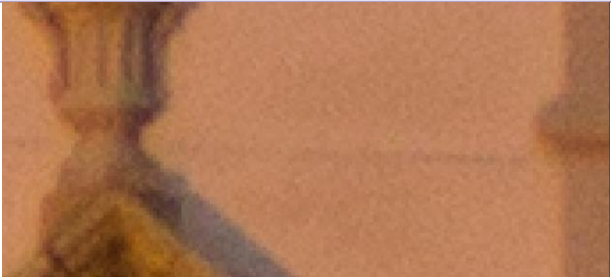
oku, mana postoji kod ponavljanog spremanja nakon obrade, jer tada se slika dodatno degradira. RAW prema veličini datoteke, nalazi se na trećem mjestu, iako zauzima veliku količinu memorije u odnosu na JPEG i GIF, prednost RAWa je to što korisniku pruža originalan prikaz fotografije, bez manipulacije kao kod ostalih formata. TIFF zauzima znatno veći dio memorije, što je ujedinio njegova mana, prednost je što nema gubitaka na fotografiji. BMP i PNG zauzimaju najviše memorije u odnosu na ostale formate. Prednost tih formata je prikaz slika bez gubitka na kvaliteti.

Tablica 6. Usporedba formata phrane digitalne fotografije prema veličini datoteke

RAW	GIF	JPEG	TIFF	BMP	PNG
23,7MB	8,44MB	15,5MB	37,2MB	45,7MB	68,6MB
					

Tablica 7. Usporedba formata phrane digitalne fotografije prema kvaliteti fotografije

RAW		-sirovi neobrađeni prikaz snimljenog objekta
GIF		-drastično se smanjuje broj nijansi kojima se interpretira sadržaj, što rezultira zrnatošću fotografije i promjenom boje

JPEG		-u odnosu na RAW dolazi do znatne degradacije fotografije, što možemo vidjeti pojavom piksela na ekranu te dolazi i do promjene boje
TIFF		-oku nije vidljiv gubitak kvalitete slike -došlo je do primjene u boji ali u kvaliteti nije došlo do promjene u odnosu na RAW format jer se koristi sažimanje bez gubitaka
BMP		-nema promjene u kvaliteti u odnosu na RAW -promjena boje, BMP je svjetliji u odnosu na RAW
PNG		-zbog korištenja sažimanja bez gubitaka nije došlo do nikakvih promjena u kvaliteti u odnosu na originalnu fotografiju -vidljiva promjena ljudskome oku je svjetlija boja na fotografiji

5. Sažimanje digitalne fotografije

Sažimanje podataka je proces kojim se smanjuje fizički prostor koji datoteka zauzima na mediju za pohranu. Kod sažimanja datoteka, ne mijenja se broj piksela koji tvore sliku, već samo se mijenja način na koji se slika priprema za pohranu. Na taj način, moguće je znatno smanjiti veličinu same datoteke i omogućiti brži prijenos datoteke u jedinici vremena. Kada govorimo o sažimanju digitalne fotografije bitno je napomenuti da postoje dvije vrste, tj. dva načina sažimanja fotografije a to je sažimanje bez gubitaka (engl. „lossy“) i sažimanje s gubitcima (engl. „lossless“).

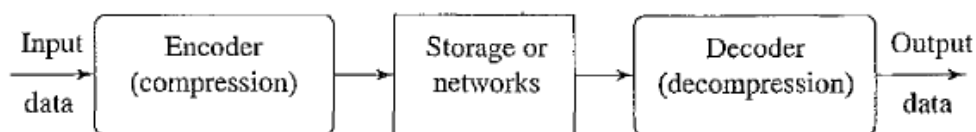
Sažimanje bez gubitaka omogućava izvođenje sažimanja tako da ne dolazi do gubitka kvalitete slike, tj. osiguravaju identičnost izvorne slike i sažete slike, dok sažimanje s gubitkom uzrokuje smanjivanje kvalitete slike u svakom koraku.

U računalima kvaliteta slike se može odrediti između 0 i 100%. 0% predstavlja najlošiju kvalitetu, najveći gubitak kvalitete i najveći gubitak sažimanja kod slike, dok 100% se odnosi na najbolju kvalitetu, najmanji gubitak kvalitete i najmanje sažimanje. U nekim programima kvaliteta se određuje u koracima od 1 do 12 gdje broj 12 odgovara najvećoj kvaliteti tj. najmanjem stupnju sažimanja. Kod digitalnih fotoaparata postoje tri stupnja sažimanja i tri stupnja kvalitete koje proizvođači fotoaparata označavaju na razne načine, a najčešći su:

- basic, normal, fine (FujiFilm)
- normal, fine, superfine (Canon)
- SQ, HQ, SHQ (Olympus) [16]

5.1. Sažimanje bez gubitaka

Sažimanje bez gubitaka ili drugim nazivom lossless sažimanje je proces sažimanja podataka gdje ne dolazi do gubitka tih podataka. Vršiti se pomoću koda a dekompresija se izvodi pomoću dekodera kao što je prikazano na slici 17.



Slika 17. Prikaz postupka sažimanja bez gubitka (Li, Ze-Nian, Drew Mark S.,2004. str.168)

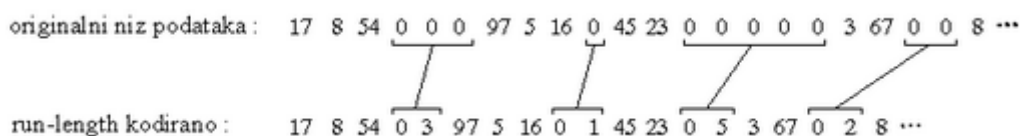
Ako je ukupan broj bitova potrebnih za prikaz podataka prije sažimanja B_0 i ukupan broj bitova potrebnih za prikaz podataka nakon sažimanja je B_1 , tada je potrebno definirati omjer sažimanja koji iznosi: $x = \frac{B_0}{B_1}$, gdje x predstavlja omjer sažimanja.

Kod sažimanja slike koja se provodi encoderom svi podaci ostaju sadržani, te se prilikom dekompresije pomoću dekodera sadržaj slike ostaje isti, tj. slika se vraća u izborni oblik u identičnome obliku. Elementi nakon dekompresije poprimaju iste vrijednosti koje su imali i prije sažimanja. Želimo da bilo koji kodek ima omjer sažimanja mnogo veći od 1, tj. što je viši stupanj sažimanja, to je bolja shema sažimanja bez gubitaka. Kada slika ide u tisak, potrebno je sliku sačuvati tako da je datoteka bez gubitaka. Pravilo sažimanja je da sliku uvijek treba spremati kao format bez gubitka prije same obrade. Formati koji ne gube na kvaliteti prilikom sažimanja su RAW, TIFF, PNG i JPEG2000. [29]

5.1.1. Metode sažimanja

a) Run-lenght kodiranje

Run-length kodiranje jedan od najjednostavnijih izraza sažimanja podataka koja umjesto uzimanja izvora bez memorije, iskorištava memoriju prisutnu u izvoru informacija. Iskorištava činjenicu da u datotekama postoje nizovi istih vrijednosti, zbog toga ovaj algoritam prolazi kroz datoteku i kada pronade niz dva ili više istih znakova koji se ponavljaju ubacuje posebne znakove (*engl. Token*). Prednosti ovog načina kodiranja je to da se lako implementira, softverski i hardverski, kodiranje se odvija brzo i lako se provjerava, ali veliki nedostatak je to što ima ograničene mogućnosti sažimanja. [16,29]

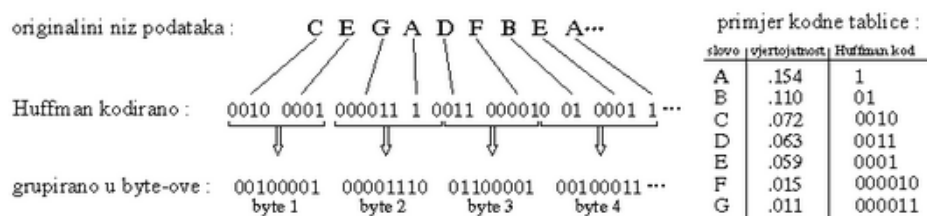


Slika 18. Run-lenght kodiranje (Mihic, Štukar, Vuksanović, 2014., str.8)

b) Huffman kodiranje

David A. Huffman predstavio je Huffman kodiranje u radu iz 1952. godine, te je to kodiranje usvojeno u mnogim važnim aplikacijama, npr. Faks uređaji, JPEG i MPEG. Temelji se na činjenici da se neki znakovi pojavljuju više puta. Prema tome algoritam izrađuje težinsko binarno stablo. Nova kodna riječ pridružuje se svakom elementu toga stabla te je određena

pozicijom znaka u stablu. Onaj znak koji se najviše ponavlja postaje korijen stabla i njemu se pridružuje najkraća kodna riječ. Kodna riječ najmanje ponavljano znaka može biti i dvostruko duža od samoga znaka. Koraci ovog algoritma odvijaju se prema odozdo prema dolje. [16,29]

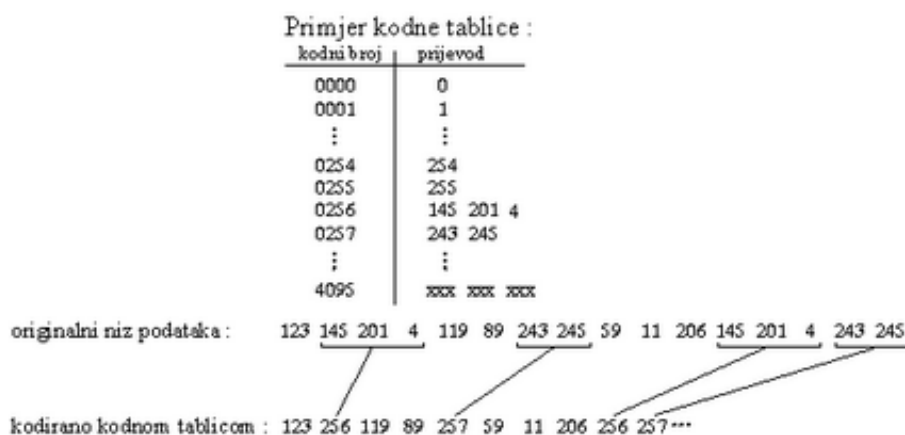


Slika 19. Primjer Huffman kodiranja (Mihić, Štuka, Vuksanović, 2014., str. 9)

c) Entropijsko kodiranje

To je oblik kodiranja u kojeg ne unosimo gubitke. Temelj ovog kodiranja su ulazni podaci. Najčešće metode za entropijsko kodiranje su Huffmanovo, aritmetičko 19 kodiranje i Lempel/Ziv koji se temelji na tome da koder i dekoader imaju jednak rječnik metasimbola od kojih svaki predstavlja cijelu sekvenciju ulaznih znakova. Ako se sekvencija ponovi nakon što je pronađen simbol za nju, ona se zamjenjuje s tim simbolom.

Rječnik (niz znakova= simbol) je sadržan u koderu i dekoderu te nema potrebe da kodirani podaci također sadržavaju rječnik. Za prosječne GIF slike omjer sažimanja iznosi 1:8, veliki nedostatak je implementacija jer sadrže tablice koje rastu s izvođenjem algoritma. [16,30,31]



Slika 20. Entropijsko kodiranje (Mihić, Štuka, Vuksanović, 2014., str. 10)

d) Kodiranje područja

Kodiranje područja je unaprijeđena verzija Run-Length kodiranja, koja se zasniva na iskoštavanju dvodimenzionalnih karakteristika slika. Područje kodiranja rabi se kada nam je određeni dio slike tj. sadržaj slike važniji odnosno kada govorimo o nekom objektu na slici i pozadini tog objekta. Pozadina koja se nalazi iza objekta u većini slučajeva nije toliko važna, pa se pomoću kodiranja odvaja promatrani objekt kojeg označava važnim i kodira ga višom kvalitetom ili kvalitetom bez gubitka u odnosu na pozadinu.

Algoritam pronalazi pravokutne regije jednakih karakteristika koje se zatim kodiraju u opisnoj formi kao elementi s određenom strukturom i s dvije točke. Cijela slika mora biti opisana kako bi se moglo provesti dekodiranje bez gubitka. Performanse algoritma temelje se na pronalaženju najvećih područja koja sadržavaju jednake karakteristike što predstavlja kompleksan problem. Kodiranje područja je vrlo efikasan način kodiranja, ali veliki nedostatak mu je nemogućnost sklopovske implementacije zbog nelinearnosti i relativno je spor. [16,30]

e) LZW postupak sažimanja

LZW algoritam jedan je od postupaka koji su namijenjeni sažimanju binarnih datoteka. Nazvan je po početnim slovima autora teorijske osnove algoritma i autora praktične verzije algoritma, Lempel, Ziv, Welch. Postupak sažimanja pripisuje kodove čitavom nizu znakova, te se dugački niz znakova zamjeni jednim kodom, čime dobivamo tablicu ili rječnik simbola. LZW spada pod entropijsko kodiranje i metoda se zasniva na koderu i dekoderu koji sadrže jednaki rječnik meta simbola.

Meta simboli predstavljaju cijeli niz ulaznih znakova. Ako se niz ponovi tada je i pronađen simbol za nju i niz se zamjeni simbolom. Kodna tabela koja se generira prilikom kodiranja sastoji se od 4096 kodnih riječi i sadrži najviše 45568 bita. Od 0-255 kodne riječi sadrže brojeve od (od 0 do 255), kodna riječ na mjestu 256 sadrži kod *Clear*, a kodna riječ na mjestu 257 označava kraj datoteke, *End of Information*. Kodne riječi od 258 do 2095 sadrže nizove bitova koji se susreću na slici. [29]

5.2. Sažimanje s gubitkom

Sažimanje s gubitkom ili lossy sažimanje koristi se za sažimanje slika u multimedijским aplikacijama gdje je potreban veći stupanj sažimanja, obično se prihvaćaju metode sažimanja s gubitkom.

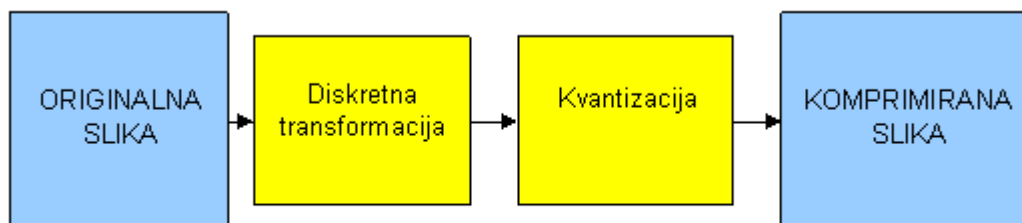
Algoritmi sažimanja s gubitkom rade na principu brisanja ili zaboravljanja nepotrebnih podataka. Sažeta slika kod sažimanja s gubitkom nije ista kao i izvorna slika, odnosno gubi se dio informacija na slici ali s druge strane dobivamo sliku koja zauzima manje memorijskog prostora. Obrađena slika još uvijek ima dovoljno informacija za relativno kvalitetnu rekonstrukciju slike. Svakim korakom sjedećeg sažimanja dolazi do gubitka kvalitete na slici, odnosno slika se dodatno degradira.

Najpoznatiji format koji koristi sažimanje s gubitcima je JPEG te je ujedno i standard za sažimanje slike s gubitkom, te zbog tog je prisutan kod digitalnih fotoaparata. [29,30,31]

5.2.1. Metode sažimanja

a) Transformacijsko kodiranje

Transformacijsko kodiranje je jedan od postupaka sažimanja s gubitcima koje se koristi kod JPEG datoteka. Sastoji se od dva važna postupka a to su transformacija signala iz prostorne u frekvencijsku domenu i kvantizacija. Ovo kodiranje se koristi kako bi se prostorne slike u vrijednostima slikovnih elemenata transformirale u vrijednosti koeficijenta. Broj proizvedenih koeficijenata jednak je broju transformiranih slikovnih elemenata jer je to linearni proces i ne dolazi do gubitka informacija.[31]



Slika 21. Blok shema transformacijskog kodiranja (<http://spvp.zesoi.fer.hr/seminari/1999/ks/ks.htm>)

Frekvencijsku analizu nad diskretnim valnim oblicima slike vrši diskretna transformacija koja na osnovi promjena diskretnih vrijednosti u slici prepoznaje koje prostorne frekvencije slika

generira, koje i grupira. Slike dimenzija $N \times N$ dijele se u manje blokove dimenzija $N \times N$ te se na svakom od tih blokova primjenjuje unitarna transformacija. Cilj je dekodiranje originalnog signala što rezultira raspodjelom najvećeg dijela energije u nižim koeficijentima transformacije.

Proces se može svesti na četiri koraka:

- Podjela slike
- Transformacija slike
- Kvantizacija koeficijenata
- Huffman kodiranje

Transformacijsko kodiranje odvija se u dva koraka:

- 1) Segmentacija → vrši se podjela slike na dvodimenzionalne vektore
- 2) Transformiranje → primjenjuje se izabrana transformacija

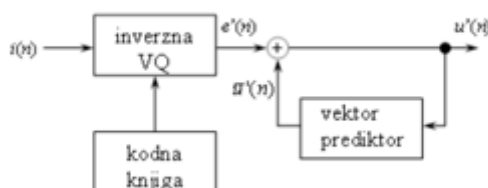
Sliku je potrebno podijeliti na manje dijelove odnosno blokove, čija veličina je jednaka i najčešće blok sadrži 64 elemenata slike. Za svaki blok zasebno se primjenjuje diskretna transformacija, gdje blok predstavlja matricu X a rezultat transformacije je Y matrica, čiji se elementi nazivaju transformacijski koeficijenti. Provodi se frekvencijska analiza nad elementima bloka, gdje se provodi i koncentriranje energije u niskofrekvencijske transformacijske koeficijente. Koeficijenti u matrici Y su tako da se prvo pojavljuju niskofrekvencijski, pa zatim visokofrekvencijski koeficijenti u dijagonalnom smjeru, od elemenata Y_{00} (istosmjerni koeficijent, DC) prema elementu Y_{MN} gdje Y_{00} ima najveću vrijednost. Vrijednosti ostalih koeficijenata opadaju u dijagonalnom smjeru.

Transformacija ne unosi gubitke niti provodi sažimanje, te je priprema za daljnji korak a to je kvantizacija. Kvantizacija je postupak koji unosi gubitke i gdje se uklanja određen broj visokofrekvencijskih koeficijenata, a preostali se kvantiziraju s manjom preciznošću. Korisnik može samostalno utjecati na kvalitetu sažete slike, mijenjajući parametre kvantizacije, te ako ukloni previše visokofrekvencijskih koeficijenata, na slici se može pojaviti vidljivost rubova blokova na koju je ljudsko oko veoma osjetljivo. [29,32]

b) Vektorska kvantizacija

Metoda je efektivna jer se promatrani uzorci kvantiziraju kao vektori, a ne kao skalari. Ovaj algoritam još se može matematički definirati kao transformacijski operator. R-K prostor transformira u konačan podskup X u R-K prostoru koji je predstavljen s N vektora, koji se još naziva vektorska knjiga. Blokovima određenih dimenzija dijeli se slika, te se ti blokovi uspoređuju sa skupom reprezentativnih vektora.

Glavna ideja ove metode je praćenje indeksa najčešćeg reprezentativnog vektora. Kako bi vektorska kvantizacija bila što efikasnija potrebno je dizajnirati kvalitetan rječnik, koji se generira na temelju uzoraka za treniranje. Što je veći rječnik ostvaruju se bolji rezultati sažimanja. Kodiranje koje nastaje generiranjem kodne knjige, koristi se u primjeni operatora na vektore originalne slike. Svaka grupa od N piksela bit će kodirana kao adresa u vektorskoj kodnoj knjizi. [30]



Slika 22. Vektorska kvantizacija
(<http://www.am.unze.ba/rg/2017/5954.pdf>)

c) Aproksimacijske metode i segmentacija

Slika se modelira kao regija, a svaka od tih regija je karakterizirana određenim stupnjem uniformnosti svojih piksela. Jedni od najpoznatijih primjera ove metode su polinomska aproksimacija i aproksimacija teksturama. Prva metoda temelji se na izgradnji regija na osnovi temeljnih vrijednosti polinomske funkcije, a druga metoda se osniva na sintezi parametriziranih tekstura koje su bazirane na nekom modelu. [31]

d) Frkatalno kodiranje

Fraktalno kodiranje nastalo je na temelju matematičke teorije pod nazivom *Iterated Function Systems* (IFS), koju je kasnije razvio Michael Barnsley i njegova istraživačka grupa. Zasniva se na opisu slike pomoću fraktala odnosno njihovih parametara. Ova metoda dobra je za prirodne scene. Najveći problem je bila izrazito velika kompleksnost i dugo izvođenje takvih algoritama (za jednu sliku bilo je potrebno oko 100 sati rada u Cray-u), te primjena ove metode u komercijalne svrhe nije bila uspješna. S godinama algoritmi su se nadograđivali tako da se danas koriste nove verzije i radi se na njihovoj implementaciji u hardverski oblik. Postoje četiri pogleda na fraktalno kodiranje a to su:

- Iterated function systems (IFS); Iterirani funkcijski sustavi (IFS)
- Self vector quantization; Samo-vektorska kvantizacija
- Self-quantized wavelet subtrees; Samokvantizirani valoviti podskupovi
- Convolution transform coding; Kodiranje konvolucijskih transformacija [33]

6. Ispitivanje utjecaja formata pohrane i razine sažimanja na percepciju slike

Ovo poglavlje odnosi se na obradu fotografije u RAW formatu. Nakon provedbe sažimanja nad fotografijom, izrađuje se anketa u kojoj korisnici biraju između dvije iste slike, te nad jednom od ponuđenih slika provedeno je sažimanje. Cilj provođenja ankete je pokazati koliko sažimanje zapravo utječe na samu kvalitetu fotografije i koliko je vidljiva ljudskome oku. Sažimanje omogućava smanjenje veličine datoteke prilikom pohrane slike, zato što digitalne fotografije sadržavaju velike količine podataka. Da bi se anketa mogla provesti prvo je potrebno obraditi, tj. sažeti fotografiju u RAW obliku u više formata. Na temelju sažetih fotografija ispitanici donose odluke na temelju kojih se obrađuju dobiveni podaci. Korištena je autorska fotografija kod sažimanja, koja je snimljena kamerom Sony SLT-A77.



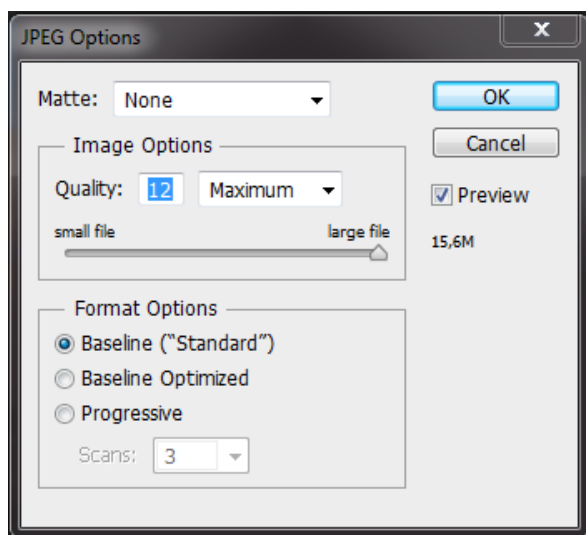
Slika 23. RAW fotografija

6.1. Priprema fotografija

Prvi primjer koji će se uspoređivati u anketi je RAW format i JPEG format. Ista RAW fotografija pomoću *Adobe Photoshopa CS6* spremljena je u obliku JPEG formata. JPEG format je metoda sažimanja s gubitcima te svakim sažimanjem fotografije gubi se kvaliteta same fotografije. Kod spremanja fotografije u JPEG format potrebno je podesiti određene parametre kako bismo dobili željene rezultate. Ponuđeni parametri za JPEG format imaju sljedeće značenje: *Matte* nudi mat izbor boja kako bi se simulirao sam izgled prozirnosti pozadine na slikama koje sadrže prozirnost. *Image Options* odnosno opcije slike određuju samu kvalitetu slike. Imamo mogućnost odabira između četiri mogućnosti kvalitete a to su *Low*, *Medium*, *High* i *Maximum*. U anketi ispitanici susresti će se s tri mogućnosti kvalitete.

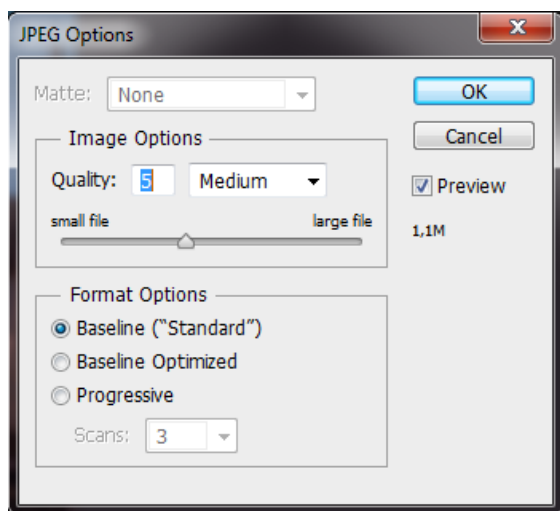
Također možemo odabrati veličinu same fotografije koja je u našem slučaju najveća tj. iznosi 15,6 MB, dok kod RAW formata veličina fotografije iznosi 23,7 MB. *Format options* ili opcije formatiranja određuju format naše JPEG datoteke. *Baseline* („*Standard*“) koristi format koji se koristi u većini web preglednika.

Baseline Optimized stvara datoteku s optimiziranom bojom i nešto manjom veličinom datoteke. *Progressive* prikazuje niz detaljnijih verzija slike (sami odabiremo koliko njih) prilikom preuzimanja. Ne podržavaju svi web preglednici optimizirane i progresivne JPEG slike te zbog toga se u ovom anketiranju koristi *Baseline* odnosno *Standard* kao što je prikazano na slici 24. [34]



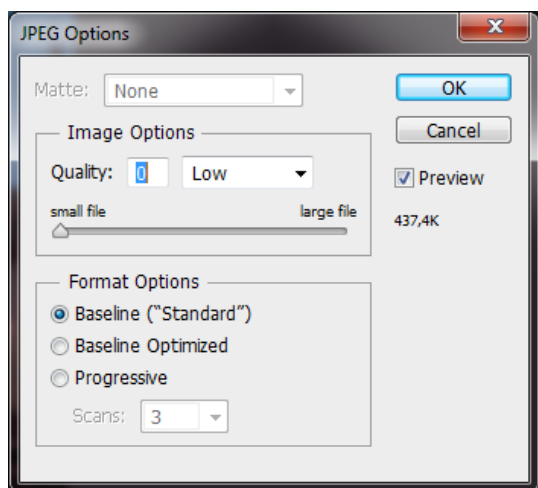
Slika 24. JPEG sažimanje s najvećom kvalitetom

Kvaliteta fotografije na slici 25. odnosno *Quality* postavljena je na *Medium* tj. broj 5. Uz promjenu kvalitete primjećuje se veliki gubitak na veličini fotografije koja sada iznosi 1,1 M.



Slika 25. JPEG sažimanje s srednjom kvalitetom

Jedna od karakteristika sažimanja s najmanjom kvalitetom tj. *Low Quality* je mala veličina fotografije koja u našem slučaju iznosi 437,4K.



Slika 26. JPEG sažimanje s najmanjom kvalitetom

Uspoređivanjem sažetih fotografija zaključujemo da mijenjanjem kvalitete fotografije utječemo na kvalitetu fotografije tj. dolazi do malih promjena boja na fotografijama.

Prva sažeta fotografija u donosu na RAW ne pokazuje nikakve promjene na slici koje su vidljive ljudskome oku, dok druga fotografija pokazuje svjetlije boje u odnosu na prethodnu fotografiju. Svakim daljnim sažimanjem gubi se na kvaliteti fotografije kao što se to može vidjeti na trećoj fotografiji u kojoj su boje znatno svjetlije u odnosu na prethodnu fotografiju. Iako promjene nisu jako vidljive ljudskome oku, pomoću *Adobe Photoshopa* može se vidjeti zapravo koliko je došlo do promjene kvalitete tj. do povećanja pixela, povećajući sve tri JPEG fotografije na istu veličinu (600%) kao što možemo vidjeti na slici 27.



Slika 27. Usporedba JPEG kvalitete (lijevo max, sredina medium, desno low)

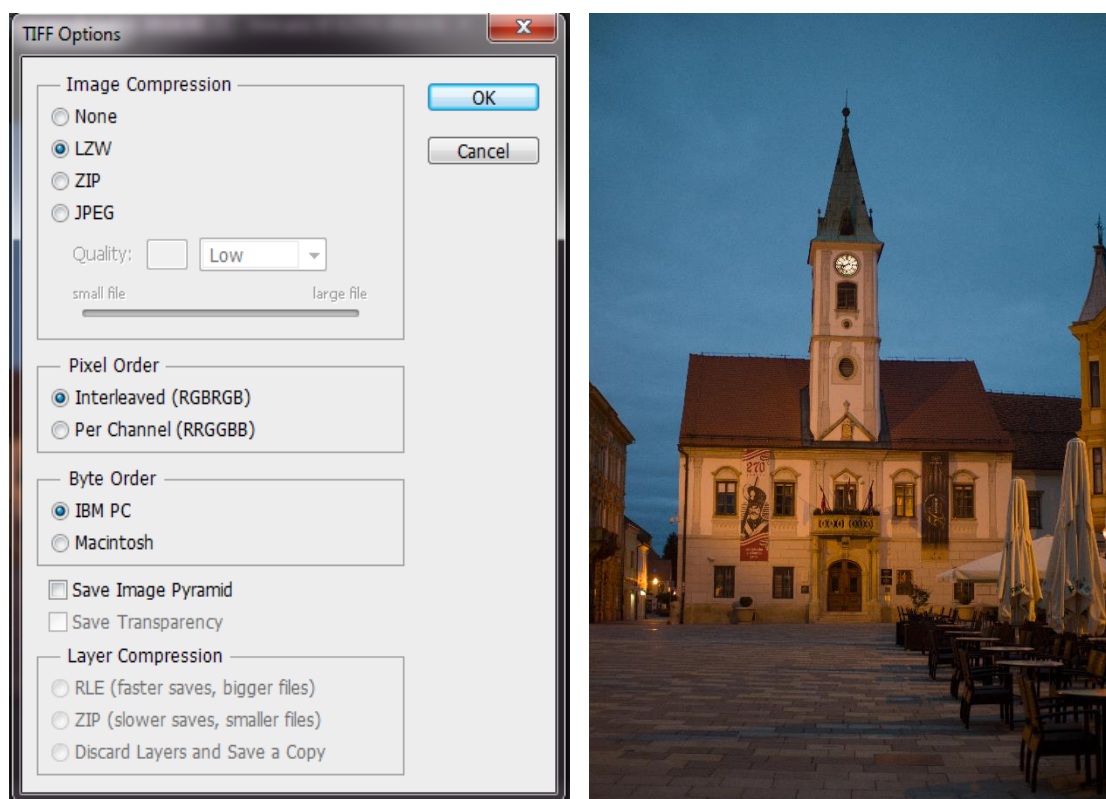
Sljedeće sažimanje provodi se pomoću formata TIFF. Kao bismo fotografiju uspješno saželi prvo je potrebno popuniti ponuđene parametre koji se pojavljuju prilikom spremanja RAW fotografije u TIFF format. Prvi parametar koji je potrebno odabrati je *Image Compression* gdje se mora odrediti metoda sažimanja fotografije. Ponuđene su 4 metode a to su: Ni jedna (*None*), LZW (*sažimanje bez gubitka*), ZIP, JPEG.

Prvom slučaju odabiremo LZW sažimanje. Zatim je potrebno odabrati *Pixel Order* koji piše TIFF datoteku s podacima o kanalima koji su prepleteni. Datoteka s paniranim redoslijedom može se brže čitati i pisati te nudi malo bolje sažimanje. Oba ponuđena kanala su kompatibilna sa starijim verzijama *Photoshopa*.

Byte Order odabire platformu na kojoj se datoteka može čitati. Ova opcija je korisna kada ne znamo u kojemu se programu datoteka može sve otvoriti. Photoshop i najnovije aplikacije mogu čitati datoteke koristeći se naredbom *IBM PC* ili *Macintosh byte*. *Save Image Pyramid* omogućava čuvanje podataka o razlučivosti. Photoshop ne nudi mogućnost otvaranja datoteka s više razlučivosti, te se slika otvara s najvećom rezolucijom unutar datoteke.

Opcija *Save transparency* očuva transparentnost kao dodatni alfa kanal kada se datoteka otvori u drugoj aplikaciji. Transparentnost se uvijek čuva kad se datoteka ponovno otvori u Photoshopu.

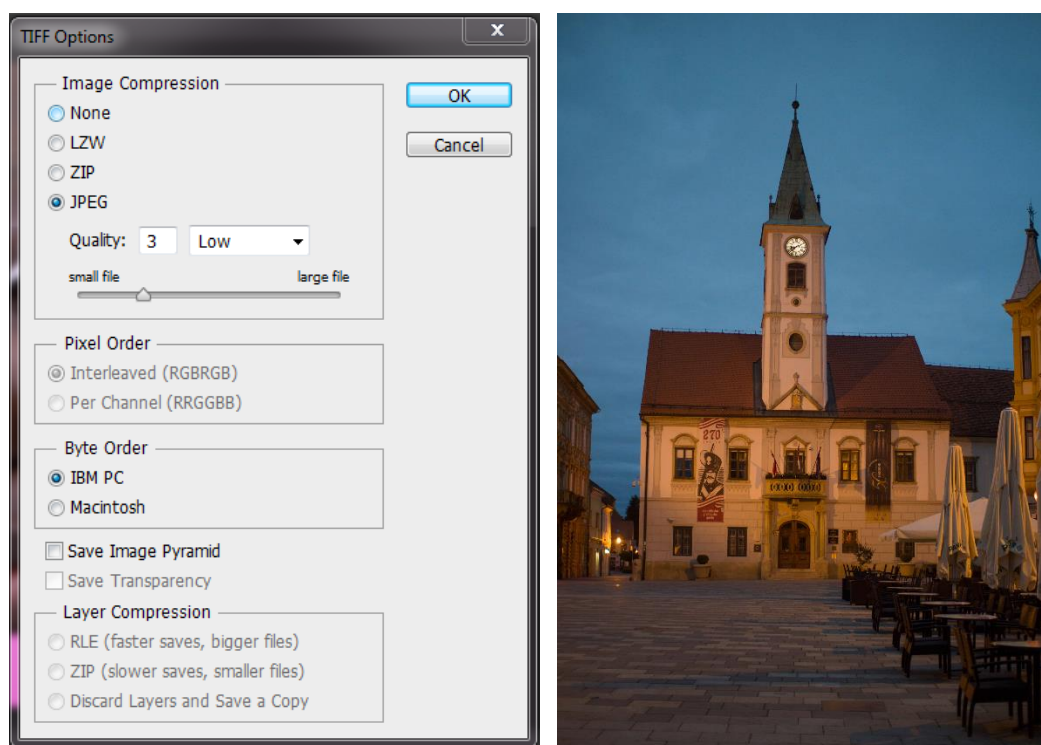
Layer Compression određuje metodu komprimiranja podataka za piksele u slojevima. Mnoge aplikacije ne mogu čitati podatke o slojevima i preskaču ih prilikom otvaranja TIFF datoteka. Photoshop, međutim, može čitati podatke o slojevima u TIFF datotekama. Iako su datoteke koje sadrže podatke o slojevima veće od onih koje nemaju, spremanje podataka slojeva eliminira potrebu za spremanjem i upravljanjem zasebne PSD datoteke za držanje podataka sloja. [34]



Slika 28. TIFF sažimanje LZW metodom

Usporedbom RAW fotografije i fotografije u TIFF formatu s LZW sažimanjem zaključujemo da ne postoji razlika između tih dviju fotografija. Fotografija nema nikakvih gubitaka boja jer TIFF format ne gubi podatke prilikom sažimanja. Jedine razlike između RAW i TIFF fotografije s LZW sažimanjem je veličina datoteke nakon sažimanja koja u TIFF-u iznosi 37,2 MB što je veće od RAW datoteke, te promjena boje.

Sažimanjem TIFF datoteke sa ZIP sažimanjem dobiva se fotografija iste kvalitete, bez gubitka podataka. Razlika TIFF datoteke s ZIP sažimanjem je veličina fotografije koja je u ovom slučaju manja od TIFF datoteke s LZW sažimanjem a to je 32,2 MB. Prilikom sažimanja TIFF datoteke s JPEG sažimanjem, potrebno je odrediti kvalitetu te fotografije, isto kao i kod sažimanja JPEG formata. U ovom primjeru uzet će se jedna kvaliteta sažimanja, u ovom slučaju Low kao što možete vidjeti na slici 29.



Slika 29. TIFF sažimanje u JPEG metodom

Kao što možemo vidjeti na slici 29. gubitka kvalitete prilikom sažimanja koja je vidljiva ljudskom oku nema. Veličina datoteke je znatno manja te iznosi 848 KB, te možemo zaključiti ukoliko odaberemo kvalitetu High veličina datoteke će se povećati.



Slika 30. Usporedba TIFF sažimanje (LZW, ZIP, JPEG-low)

Kada fotografije povećamo za 600% na istome mjestu, promjene koje se događaju prilikom provođenja sažimanja postanu vidljive. Prilikom sažimanja LZW metodom i ZIP metodom, ne dolazi do znatnog gubitka kvalitete kao kod sažimanja JPEG metodom s najmanje postavljenom kvalitetom. Pikseli na fotografiji postanu vidljiviji te fotografija prilikom povećavanja u Adobe Photoshopu postaje mutnija.

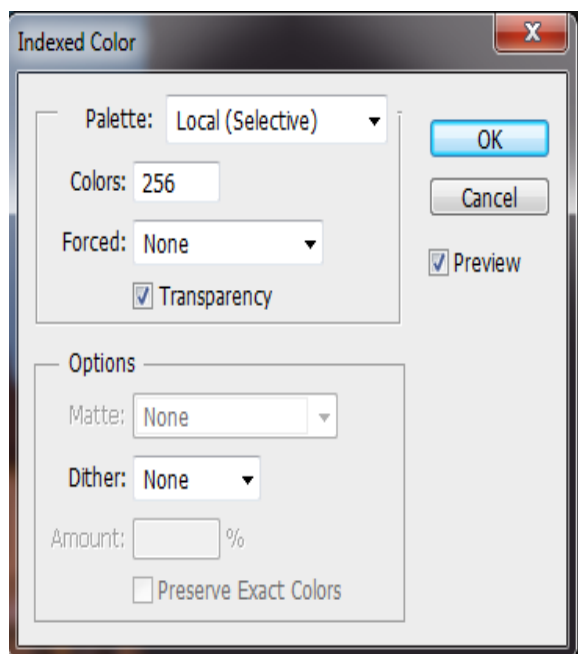
GIF sažimanje uvelike smanjuje kvalitetu RAW fotografije, te ti nedostaci vidljivi su ljudskom oku. Prvo je potrebno spremiti RAW fotografiju u GIF format, kako bi se to učinilo, potrebno je odabrati ponuđene parametre prije spremanja fotografije. Sažimanje se provodi nad slikom po zadanim opcijama u programu.

Colors omogućava odabir ukupnih boja na slici, od 2 do 256. Nekim slikama možda nije potrebno prikazivati svih 256 boja, tako da se mogu smanjivati sve dok nismo zadovoljni veličinom i slikom datoteke.

Kod opcija ponuđene su dva parametra a to su *Matte* i *Dither*. *Dither* određuje način i količinu bojenja slike, tj. to je proces prikriivanja stvarnosti da se prikazuje manji broj boja u nizu koje su stopljene zajedno da bi izgledale kao drugačija boja. Postoji nekoliko mogućnosti koje su prikazane u padajućem izborniku.

Opcija *None* ne miješa boje kako bi dobila druge boje. *Diffusion* je najčešći i poželjan način *dithering*-a (odumiranja). Kod ove metode nema uzoraka boje jer boje koje su potrebne za stvaranje boje koja nedostaje raštrkane na slici. Uz odabir te opcije pojavljuju se još dvije opcije a to su *Amount* i *Preserve Exact Colors*.

Pattern je opcija odumiranja koja ima mali utjecaj na veličinu datoteke. Problem kod ove opcije je uzorak koji koristi za bojanje boje koja nedostaje, te ta boja neće izgledati podjednako lijepo kao i difuzna boja. *Noise* je vrsta opcije koja omogućuje odmrzavanje koje se postiže stvaranjem buke na slici. Ovom opcijom slika dobiva ružne nakupine boja na slici. Ako stvorimo sliku s određenom bojom pozadine, zatim tu boju postavimo prozirnom, boja će se uklopiti s izvornom bojom pozadine. Ako želimo spojiti drugu boju pozadine, tada koristimo opciju *Matte*. [34]



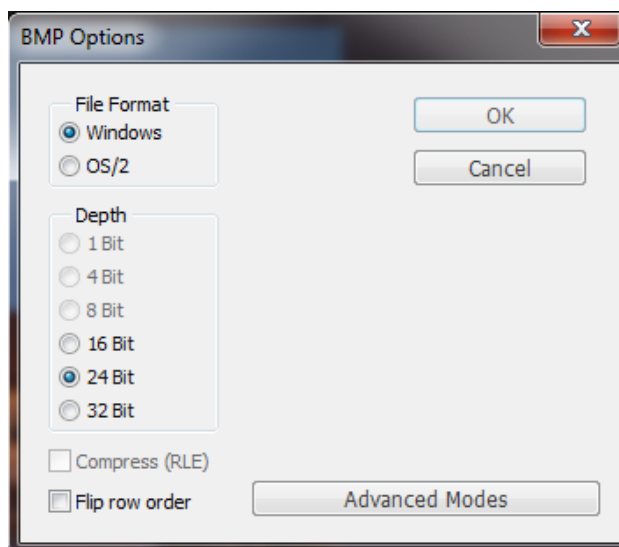
Slika 31. GIF sažimanje

Usporedbom RAW fotografije i GIF fotografije na slici se može uočiti zrnatost na cijeloj fotografiji u odnosu na RAW fotografiju, što ukazuje na veliko smanjenje kvalitete fotografije koje je vidljivo ljudskome oku. Ako u postavkama pod *Dither* odaberemo *Diffusion* slika zadobije veću zrnatost. Ako odaberemo *Pattern* slika postaje još tamnija u odnosu na prvu fotografiju te zrnatost je još veća u odnosu na prve dvije fotografije. *Noise* posvjetljuje dijelove fotografiji te se zrnatost povećava u području neba kao što se može vidjeti na slici 32.



Slika 32. GIF sažimanje (*Diffusion*, *Pattern*, *Noise*)

BMP format je format slike za Windows operativni sustav. Slike su u rasponu od crno-bijele (1 bit po pikselu) do 24 bitne boje (16,7 milijuna boja).



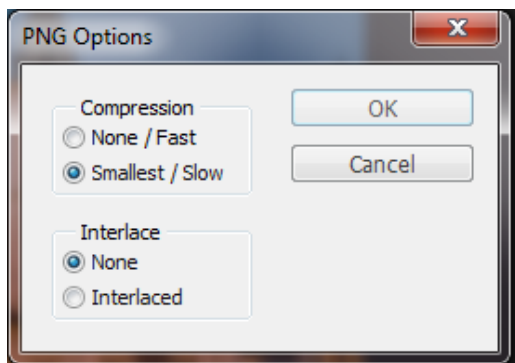
Slika 33. Opcije BMP sažimanja



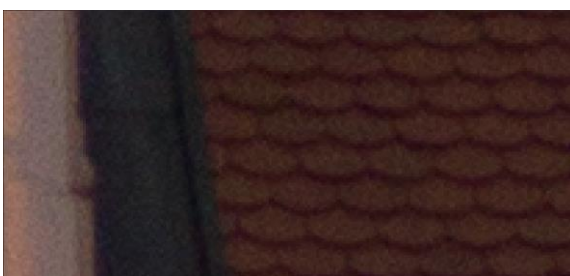
Slika 34. BMP sažimanje (16 Bit, 24 Bit, 32 Bit)

Na temelju usporedbe triju sažimanja koje su prikazane na slici 34. možemo zaključiti da prilikom BMP sažimanja ne dolazi do znatnog gubitka kvalitete fotografija koje bi bile vidljive ljudskome oku. Datoteke prilikom BMP sažimanja povećale su svoju veličinu, tako da sažimanje sa 16 bita iznosi 45,7 MB, sažimanje od 24 Bit iznosi 68,6 MB i sažimanje od 32 bita iznosi 91,5MB, te iz toga možemo zaključiti da se veličina a i sama kvaliteta fotografije povećava povećavanjem bitova.

Sljedeće i posljednje sažimanje koja će se se obraditi u ovome radu je PNG sažimanje. Prilikom pohrane imamo ponuđene određene opcije. Možemo odabrati način sažimanja, prva opcija je bez sažimanja ili brzo sažimanje dok se drugo sažimanje odnosi na malo i sporo sažimanje. Također možemo odabrati opciju prepletenja tj. *Interlace*. Opcija *None* prikazuje sliku u pregledniku samo nakon završetka preuzimanja, dok opcija *Interlaced* prikazuje slike niske razlučivosti u pregledniku prilikom preuzimanja datoteke. Zbog opcije *Interlaced* vrijeme preuzimanja se čini kraćim, ali povećava veličinu datoteke. [34]



Slika 35. PNG sažimanje



Slika 36. Usporedba RAW i PNG

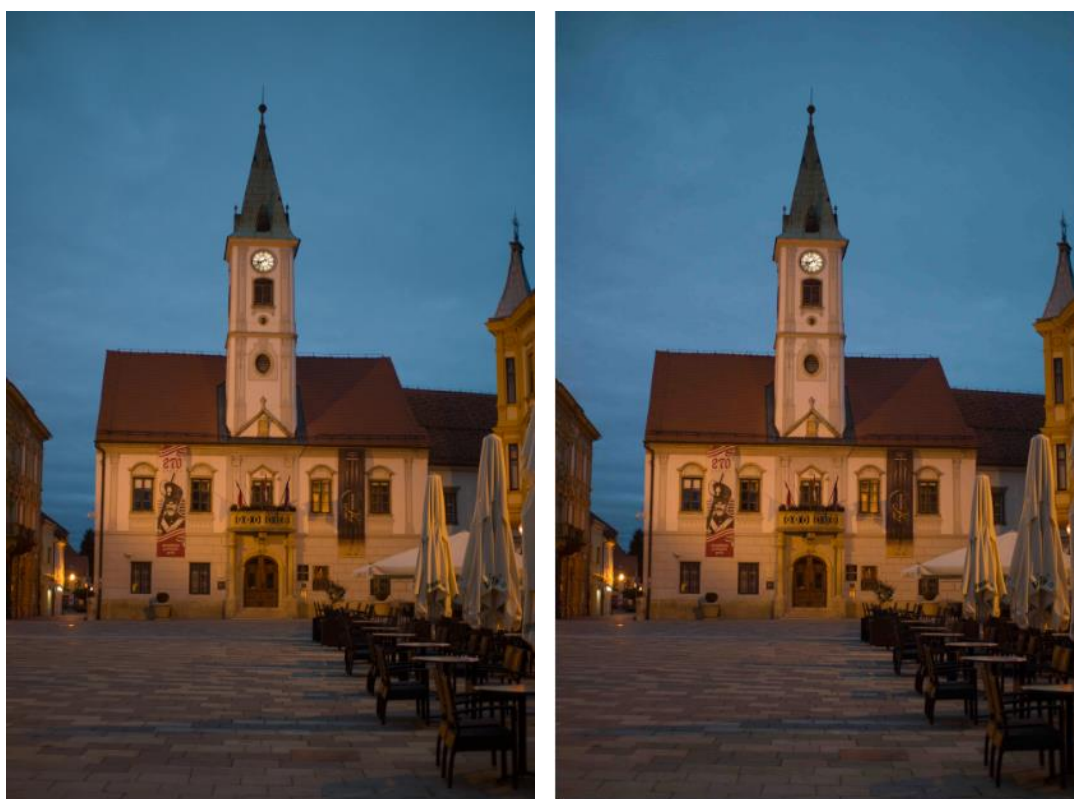
Prilikom usporedbe RAW fotografije i sažete PNG fotografije može se zaključiti da nema velikih promjena. Jedna od promjena koja je vidljiva kada se obadvije fotografije povećaju na 500% kao što je prikazano na slici 36. je promjena boje, odnosno kod PNG boje na fotografiji postaju tamnije. Kod ovog primjera rađena su četiri sažimanja koje su se na kraju uspoređivale s RAW fotografijom. Prvo sažimanje kao što se može vidjeti na slici 35. nema uočljivih promjena. Jedna od velikih razlika kod ovog sažimanja je veličina same datoteke koja u ovome slučaju iznosi 34,2 MB dok RAW datoteka iznosi 23,7 MB. Kod drugog sažimanja u kojoj su postavke sažimanja postavljene na *Smallest/Fast* i ispreplitanje na *Interlaced*, također promjene na fotografiji nisu vidljive ljudskome oku, ali kao i u prvome primjeru sažimanja velika razlika nalazi se u samoj veličini datoteke koja iznosi 37,7 MB. Postavke kod trećeg sažimanja postavljene su tako da je za način sažimanja odabrana opcija *None/Fast* i kod opcije ispreplitanje odabrana je opcija *None*. Također nije vidljiva promjena na fotografiji ali kao i u svim ostalim primjerima veličina datoteke se znatno povećala u odnosu na RAW

fotografiju. Veličina datoteke kod trećeg sažimanja iznosi 68,6 MB što je tri puta više od veličine RAW fotografije. Četvrto sažimanje ima postavke postavljene tako da je za način sažimanja odabrana opcija *None/Fast*, a za ispreplitanje opcija *Interlaced*, te veličina fotografije je ista kao i kod trećeg sažimanja a to je 68,6 MB.

6.2. Rezultati istraživanja s ispitanicima

Nakon obrade fotografija, provela se anketa na 10 ispitanika. Ispitanici su se nalazili u istome okruženju te anketu su rješavali na istome računalu čija je duljina dijagonale 15,6 ". Slike su se cijele prikazivale jedna pored druge. Slika koja se uzela za usporedbu je JPEG s najvećom kvalitetom fotografije. Korisnik morao odabrati jedan od ponuđenih odgovora, da li su ponuđene fotografije sažete ili nisu. Ispitanici nisu znali na kojoj od fotografija je rađeno sažimanje.

1. Pitanje



Slika 37. JPEG s najvećom kvalitetom i JPEG s najmanjom kvalitetom

Nad lijevom fotografijom provedeno je sažimanje s najvećom kvalitetom a na drugoj fotografiji provedene je sažimanje s najmanjom kvalitetom. U anketi 50% ispitanika smatra da

je rađena sažimanje na lijevoj fotografiji. Dvadeset posto ispitanika smatraju da fotografije nisu sažete, te drugih 20% smatra da je desna fotografija sažeta, a ostalih 10% smatra da su obje fotografije sažete, što je i točno.

Osamdeset posto ispitanika ne mogu uočiti razlike na ponuđenim fotografijama, dok ostalih 20% ih uočava. Najčešći odgovor tih ispitanika je da je desna fotografija mutnija i zamagljena, te da su boje drugačije u odnosu na lijevu fotografiju.

2. Pitanje



Slika 38. JPEG s sažimanjem (medium kvaliteta) i JPEG s najvećom kvalitetom

Na drugome pitanju ispitanicima je prikazana JPEG fotografija s sažimanjem srednje kvalitete te JPEG s najvećom kvalitetom. Kod ovog primjera 30% ispitanika odabralo je desnu fotografiju kao sažetu, dok 30% drugih ispitanika odabralo je lijevu fotografiju nad kojom se provelo sažimanje. Ostalih 20% ispitanika smatra da su obje fotografije sažete dok ostalih 20% smatra da ni jedna fotografija nije sažeta.

Sedamdeset posto ispitanika ne mogu uočiti nikakvu razliku između dviju ponuđenih fotografija. Samo 30% uočava razlike poput mutnosti i zamagljenosti fotografije te da je desna fotografija manje kvalitet

3. Pitanje



Slika 39. JPEG s najvećom kvalitetom i TIFF sažimanje (LZW)

Kod trećeg pitanja uspoređuju se dvije fotografije, nad desnom fotografijom provedeno je sažimanje s najvećom kvalitetom dok nad drugom fotografijom rađeno je sažimanje bez gubitka LZW metodom te slika je u TIFF formatu. Od 10 ispitanika 40% njih smatra da je nad desnom fotografijom provedeno sažimanje, dok 20 % smatra da je lijeva fotografija sažeta. Njih 10% smatra da su obadvije fotografije sažete, dok ostalih 30% smatra da ni jedna fotografija nije sažeta.

Četrdeset posto ispitanika uočava razlike na ponuđenim fotografijama poput slabije kvalitete druge fotografije, pikseliziranost te mutnost na fotografiji.

4. Pitanje



Slika 40. TIFF s sažimanjem (JPEG) i JPEG s najvećom kvalitetom

Kod četvrtog pitanja uspoređuje se slika u TIFF formatu nad kojom je provedeno sažimanje JPEG metodom s najmanjom kvalitetom (lijevo) s fotografijom s najvećom kvalitetom (desno). Četrdeset posto ispitanika smatra da je desna fotografija sažeta, dok 30% smatra da je lijeva fotografija sažeta što je zapravo i točan odgovor. Deset posto ispitanika smatra da nad fotografijama uopće nije provedeno sažimanje, dok ostalih 20% smatra da su obje fotografije sažete.

Šezdeset posto ispitanika ne uočava nikakve razlike između dviju fotografija te smatraju da su fotografije identične, dok 40% uočava male razlike poput mutnosti na desnoj fotografiju, svjetlijih boja na lijevoj fotografiji.

5. Pitanje



Slika 41. JPEG s najvećom kvalitetom (lijevo) GIF s sažimanjem (Noise) (desno)

Peto pitanje odnosi se na fotografiju s najvećom kvalitetom i na fotografiju koja se nalazi u GIF formatu. Nad fotografijom u GIF formatu provedeno je sažimanje *Noise*. Osamdeset posto ispitanika smatra da je sažimanje provedeno nad desnom fotografijom, dok ostalih 20% smatra da je sažimanje provedeno na lijevoj fotografiji.

Isti omjer postotaka je i kod uočavanja razlika, 80% uočava razlike poput zrnatosti, pikseliziranosti i loše kvalitete desne fotografije dok 20% ne vidi nikakvu razliku između fotografija.

6. Pitanje



Slika 42. JPEG s najvećom kvalitetom i PNG (None/Fast; Interlaced)

Šesto pitanje odnosi se na JPEG s najvećom kvalitetom i PNG, način sažimanja *None/Fast* i preplitanje *Interlaced*. Od 10 ispitanika 90% smatra da je nad drugom fotografijom provedeno sažimanje, dok 10% smatra da ni jedna fotografija nije sažeta.

Omjer postotaka kod uočavanja razlika je također isti, te 90% ispitanika smatra da je desna fotografija mutna, slabije kvalitete i oštine, te fotografija nije jasna i čista kao lijeva fotografija. Ostalih 10% smatra da nema nikakvih razlika između ponuđenih fotografija.

7. Pitanje

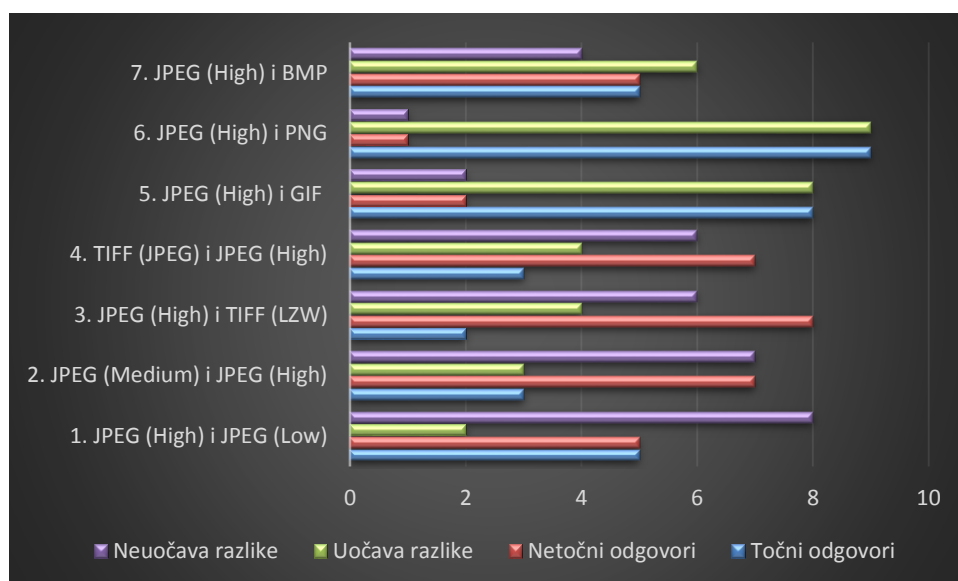


Slika 43. JPEG s najvećom kvalitetom i i BMP (16 Bit)

Pitanje 7 odnosi se na usporedbu JPEG s najvećom kvalitetom i BMP s sažimanjem od 16 bita. 50% ispitanika smatra da je sažimanje provedeno nad desnom fotografijom, dok 20% smatra da je lijeva fotografija sažeta. Ostalih 30% smatra da su boje fotografije sažete.

Razlike između ponuđenih fotografija uočava 60% ispitanika, dok 40% ne uočava nikakve razlike. Neke od uočenih razlika su da je desna fotografija slabije kvalitete, da detalji na toj istoj fotografiji nisu jasni.

Grafom možemo prikazati odnos između točnih i netočnih odgovora, te odnos između uočenih razlika na fotografijama i neuočenih razlika, koje možemo vidjeti na slici 44. Te iz grafa možemo pročitati da prevladavaju netočni odgovori i neuočene razlike, što znači da ispitanici nisu vidjeli nikakve razlike u ponuđenim fotografijama u anketi. Iznimku čini peto pitanje u kojemu se uspoređuje JPEG s najvećom kvalitetom fotografije i GIF, te šesto pitanje u kojemu se uspoređuje JPEG i PNG. U navedenim pitanjima ispitanici imaju najviše točno odgovorenih pitanja te uočavaju razlike u fotografijama.



Slika 44. Grafički prikaz odgovora

Zaključak

Podaci u računalu spremaju se u binarnome obliku, te način na koji se podaci pretvaraju u binarni oblik naziva se format podataka. Ispravni odabir formata u kojemu će se fotografija snimiti najviše ovise o namjeni te fotografije, koju je kasnije potrebno obraditi u posebnome programu poput Adobe Photoshop.

Kako bi mogli pohraniti što više fotografija na memorijsku karticu ili tvrdi disk potrebno je provesti sažimanje podataka ili kompresiju. Tim postupkom smanjuje se veličina datoteke, omogućuje se brži prijenos datoteke bez da se utječe na kvalitetu same fotografije. Kada govorimo o sažimanju digitalne fotografije bitno je napomenuti da postoje dva načina sažimanja fotografije a to je sažimanje bez gubitaka (engl. „lossy“) i sažimanje s gubitcima (engl. „lossless“). Različiti formati koriste sažimanje podataka.

TIFF format podržava sažimanje podataka bez gubitaka. Koristi se za sve namjene od pohrane fotografija, crteža i itd. Prednost formata u odnosu na JPEG formata je kvaliteta slike, te spada u jedan od najvažnijih formata kod razmjene podataka u grafičkoj pripremi jer podržava CMYK sustav boja te osigurava visoku rezoluciju slika za ispis. Ovaj format najčešće se koristi za ispis i tisak visoke definicije boja.

GIF je format koji koristi sažimanje podataka bez gubitka kvalitete slike. Svi podaci slike se zapisuju i pri tome ne dolazi do gubitka izvorne kvalitete. GIF je najprikladniji za pohranu grafike s nekoliko boja, poput logotipa ili slika u stilu crtića. Prednost GIF-a je što omogućava prozirnost i animaciju te se zbog tih mogućnosti još uvijek široko koristi na web stranicama kao i u mnogim softverskim programima, također zauzima jako malo mjesta.

JPEG format koristi sažimanje fotografija s gubitkom koje nije vidljivo ljudskom oku. Gubitak kvalitete fotografija određuje se stupnjem sažimanjem fotografija te što je stupanj sažimanja veći to je vidljiviji gubitak kvalitete slike i obrnuto. Prednost ovog formata je ušteda memorijskog prostora koja se najčešće koristi kod web. Nedostatak ovog formata je smanjena kvaliteta fotografije prilikom sažimanja, te ne ostavlja puno mjesta za obradu fotografije.

PNG koristi sažimanje bez gubitaka obično se koristi za pohranu grafike za web. Stvoren je kao odgovor na ograničenja u GIF formatu, zbog prikaza veće količine boja i pružanja formata slike bez license. PNG nije namijenjen za profesionalnu upotrebu, već se koristi za pohranu crteža, crteža, teksta i ikone grafike u maloj veličini datoteke.

BMP je najčešće korišteni rasterski grafički format za spremanje slikovnih datoteka, te se najčešće koristi za ispis slika velike kvalitete. RAW format je „sirova“ netaknuta datoteka koju je potrebno kasnije obraditi. RAW u odnosu na JPEG nudi veću kvalitetu slike, te slike izgledaju onako kako su ih zabilježili senzori fotoaparata.

Usporedbom sažetih fotografija s izvornom odnosno RAW fotografijom možemo zaključiti da sažimanje najvećeg stupnja ne utječe na kvalitetu fotografije koja bi bila vidljiva ljudskome oku. Daljnjim istraživanjem i provedbom ankete može se zaključiti da ljudsko oko ne može uočiti male degradacije koje su nastale prilikom sažimanja određenih fotografija. Temeljem ankete ispitanici nisu mogli vidjeti koja fotografija ima koji stupanj degradacije ili koja fotografija je s nižom kvalitetom, a koja s višom. Potrebno je usporediti dvije fotografije u različnim formatima s različitim stupnjem kvalitete da bi ljudsko oko moglo vidjeti razliku. Kod dviju fotografija u različitim formatima koje su slične ili jednake kvalitete, ispitanici nisu vidjeli razlike.

.

Popis literature

- [1] Strgar Kurečić M.(2017.), *Osnove digitalne fotografije*, Zagreb,Školska knjiga, Grafički fakultet
- [2] Doble R.(2013), *A Brief History of Light & Photography*, Preuzeto: 29.8.2020. s https://www.researchgate.net/publication/265612332_A_Brief_History_of_Light_Photography
- [3] Osterman M.,Romer B. G (bez dat.), *History and evolution of photography*, Preuzeto: 29.8.2020 s <http://www.pittwatercameraclub.org/uploads/2/5/2/0/25201964/osterman-romer-history-of-photography-ex.pdf>
- [4] *History of Photography part 3: A Digital Photography Timeline* (bez dat.), Preuzeto 29.8.2020. s <http://www.annedarlingphotography.com/digital-photography-timeline.html>
- [5] Bellis M. (2020.), *The History of Digital Camera*, Preuzeto: 29.8.2020. s <https://www.thoughtco.com/history-of-the-digital-camera-4070938>
- [6] *History of Digital Photography - Who Invented the First Digital Camera?* (2020.), Preuzeto: 29.8.2020. s <http://www.photographyhistoryfacts.com/photography-development-history/history-of-digital-photography/>
- [7] *Charge Coupled Device* (bez dat.), Preuzeto: 30.8.2020.s <https://www.bell-labs.com/about/history-bell-labs/stories-changed-world/charge-coupled-device/>
- [8] Laws D. (2010.), *A Company of Legend: The Legacy of Fairchild Semiconducto*, Preuzeto: 30.8.2020. s https://www.researchgate.net/publication/224124475_A_Company_of_Legend_The_Legacy_of_Fairchild_Semiconductor
- [9] Halvik D. (2012.), *Bryce Bayer, Kodak scientist who created ubiquitous Bayer Filter for color digital imaging, has passed away*, Preuzeto: 30.8.2020. s <https://www.imaging-resource.com/news/2012/11/20/bryce-bayer-who-created-bayer-filter-for-digital-cameras-has-died>
- [10] Smokovina M.(2000), *Od dagenoskopije do digitalne fotografije*, Preuzeto:23.3.2020. s <https://hrcak.srce.hr/file/2108130>
- [11] [Tolmachev I.](#) (2010.), *A History of Photography Part 3: Going Digital*, Preuzeto: 30.8.2020. s <https://photography.tutsplus.com/articles/a-history-of-photography-part-3-going-digital--photo-4003>
- [12] *The History of Digital Photography* (bez dat.), Preuzeto: 1.9.2020. s <https://moneymakerphotography.com/history-digital-photography/>
- [13] Agić D.,Strgar Kurečić M., *Digitalni i klasični fotografski sustav u reprodukciji nestandardnih originala*, Preuzeto: 15.6.2020. s

<https://www.ziljak.hr/tiskarstvo/tiskarstvo07/Radovi%2007htm/Agic%20Strgar%20tiskarstvo%2007x.html>

[14] Chun-bon Law (2005.) U The Hong Kong Medical Diary, *Photography*, Preuzeto: 20.4.2020. s <http://www.fmskh.org/database/articles/592.pdf>

[15] Katić A. (2016.), *Prednosti i nedostaci digitalne fotografije*, Preuzeto: 23.3.2020. s <https://www.scribd.com/doc/316090245/Prednosti-i-Nedostaci-Digitalne-Fotografije>

[16] Mihić, J., Štuka I., Vuksanović A.(2014.), Seminarski rad, *Utjecaj kompresije na kvalitetu slike*, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu

[17] *Formati za pohranu slika*, (bez dat.) Preuzeto: 21.3.2020. s http://racunala.ttf.unizg.hr/files/Formati_slika.pdf

[18] Langford M. Fox A., Sawdon Smith R. (2010.), *Langford's basic photography: The guide for serious photographers 9th edition*

[19] PNG file extension (bez dat.), Preuzeto: 26.3.2020. s <https://fileinfo.com/extension/png>

[20] File Formats: BMP Definition (bez dat.), Preuzeto: 1.9.2020. s <https://techterms.com/definition/bmp>

[21] Archambault M. (2015.), *JPEG 2000: The Better Alternative to JPEG That Never Made it Big*, Preuzeto: 1.9.2020. s <https://petapixel.com/2015/09/12/jpeg-2000-the-better-alternative-to-jpeg-that-never-made-it-big/>

[22] Dale Liu, U Cisco Router and Switch Forensics (2009.), *Exchangeable Image File Format*, Preuzeto: 1.9.2020. s <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/exchangeable-image-file-format>

[23] What is an EXIF file? (bez dat.), Preuzeto: 1.9.2020. s <https://docs.fileformat.com/image/exif/>

[24] Ginn D (2019.), What is HDR photography and how can I shoot it with my camera? Preuzeto: 1.9.2020. s <https://www.digitaltrends.com/photography/what-is-hdr-photography/>

[25] The HDR Raster image file format (bez dat.), Preuzeto: 1.9.2020. s <https://www.online-convert.com/file-format/hdr>

[26] Bryant M. (2019.), *What is the HEIF Photo Standard and Why Should You Care*, Preuzeto: 2.9.2020. s <https://www.groovypost.com/howto/what-is-the-apple-heif-photo-standard-and-why-should-you-care/>

[27] Wagner J. (2019.), *Using WebP Images*, Preuzeto: 2.9.2020. s <https://css-tricks.com/using-webp-images/>

[28] A new image format for the Web (bez dat.), Preuzeto: 2.9.2020. s <https://developers.google.com/speed/webp>

[29] Ze-Nian Li, Drew M.S (2004.) *Fundamentals of Multimedia*

[30] *Algoritmi i formati za kompresiju slike* (bez dat.), Preuzeto: 3.4.2020. s <http://www.am.unze.ba/rq/2017/5954.pdf>

- [31] Cvjetković M., Slade-Šilović M., (bez dat.), *Kompresija slike*, Preuzeto: 5.4.2020. s <http://spvp.zesoi.fer.hr/seminari/1999/ks/ks.htm>
- [32] Jančić M. (bez dat.), *Transformacijsko kodiranje*, Preuzeto: 10.4.2020. s <http://www.vcl.fer.hr/dtv/jpeg/trafo.htm>
- [33] Saupe D., Hamzaoui R., Hartenstein H. (bez dat.), *Fractal Image Compression An Introductory Overview*, Preuzeto: 12.4.2020. s <https://www.uni-konstanz.de/mmsp/pubsys/publishedFiles/SaHaHa96.pdf>
- [34] Adobe, *Save files in graphics formats*, Preuzeto: 17.7.2020. s https://helpx.adobe.com/photoshop/using/saving-files-graphics-formats.html#save_in_png_format

Popis slika

Slika 1. Prva skenirana slika (1957.) (Strgar Kurečić,2017.)	2
Slika 2. Prvi CCD senzor (1973.) (Strgar Kurečić,2017.)	3
Slika 3. Bayer filter (Strgar Kurečić,2017.).....	4
Slika 4. Akto Mortia i Sony Mavica (Strgar Kurečić,2017.).....	5
Slika 5. DCS 100 (1991.) (Strgar Kurečić,2017.)	6
Slika 6. Analogna i digitalna obrada fotografije (https://www.ziljak.hr/).....	8
Slika 7. Primjer BMP formata(lijevo) (Matušin M.) i usporedba s JPEG formatom (desno) ...	11
Slika 8. Usporedba JPEG kvalitete (lijevo) i BMP kvalitete (desno)	11
Slika 9. Primjer JPEG fotografije (Matušin,M.).....	12
Slika 10. JPEG fotografija(Matušin,M.)	13
Slika 11. TIFF fotografija (Matušin,M.).....	13
Slika 12. Usporedba JPEG kvalitete (lijevo) i TIFF kvalitete (desno).....	14
Slika 13. Primjer GIF formata (Matušin M.).....	15
Slika 14. Usporedba JPEG (lijevo) i PNG formata (desno) (Matušin M.).....	16
Slika 15. Usporedba JPEG kvalitete (lijevo) i PNG kvalitete (desno)	16
Slika 16. RAW fotografija (Matušin,M)	17
Slika 17. Prikaz postupka sažimanja bez gubitka (Li, Ze-Nian, Drew Mark S.,2004. str.168)	23
Slika 18. Run-length kodiranje (Mihic,Štucar,Vuksanović,2014.,str.8)	24
Slika 19. Primjer Huffman kodiranja (Mihic,Štucar,Vuksanović,2014.,str.9)	25
Slika 20. Entropijsko kodiranje (Mihic,Štucar,Vuksanović,2014.,str.10).....	25
Slika 21. Blok shema transformacijskog kodiranja (http://spvp.zesoi.fer.hr/seminari/1999/ks/ks.htm).....	27
Slika 22. Vektorska kvantizacija (http://www.am.unze.ba/rg/2017/5954.pdf).....	29
Slika 23. RAW fotografija.....	30
Slika 24. JPEG sažimanje s najvećom kvalitetom.....	31
Slika 25. JPEG sažimanje s srednjom kvalitetom	32
Slika 26. JPEG sažimanje s najmanjom kvalitetom	33
Slika 27. Usporedba JPEG kvalitete (lijevo max, sredina medium, desno low)	33
Slika 28. TIFF sažimanje LZW metodom.....	35
Slika 29. TIFF sažimanje u JPEG metodom	36
Slika 30. Usporedba TIFF sažimanje (LZW, ZIP, JPEG-low)	36
Slika 31. GIF sažimanje.....	37
Slika 32. GIF sažimanje (Diffusion, Pattern, Noise)	38
Slika 33. Opcije BMP sažimanja	38

Slika 34. BMP sažimanje (16 Bit, 24 Bit, 32 Bit)	39
Slika 35. PNG sažimanje.....	40
Slika 36. Usporedba RAW i PNG	40
Slika 37. JPEG s najvećom kvalitetom i JPEG s najmanjom kvalitetom.....	41
Slika 38. JPEG s sažimanjem (medium kvaliteta) i JPEG s najvećom kvalitetom	42
Slika 39. JPEG s najvećom kvalitetom i TIFF sažimanje (LZW).....	43
Slika 40. TIFF s sažimanjem (JPEG) i JPEG s najvećom kvalitetom	44
Slika 41. JPEG s najvećom kvalitetom (lijevo) GIF s sažimanjem (Noise) (desno)	45
Slika 42. JPEG s najvećom kvalitetom i PNG (None/Fast; Interlaced)	46
Slika 43. JPEG s najvećom kvalitetom i i BMP (16 Bit).....	47
Slika 44. Grafički prikaz odgovora	48

Popis tablica

Tablica 4. Karakteristike JPEG i BMP	11
Tablica 1. Karakteristike JPEG (lijevo) i TIF F(desno).....	14
Tablica 2. Karakteristike JPEG i GIF	15
Tablica 3. Karakteristike JPEG i PNG.....	16
Tablica 5. Usporedba formata phrane digitalne fotografije.....	20
Tablica 6. Usporedba formata phrane digitalne fotografije prema veličini datoteke.....	21
Tablica 7. Usporedba formata phrane digitalne fotografije prema kvaliteti fotografije.....	21

