

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

Višemedijske komunikacije

2. DOMAĆA ZADAĆA

KODIRANJE SLIKE

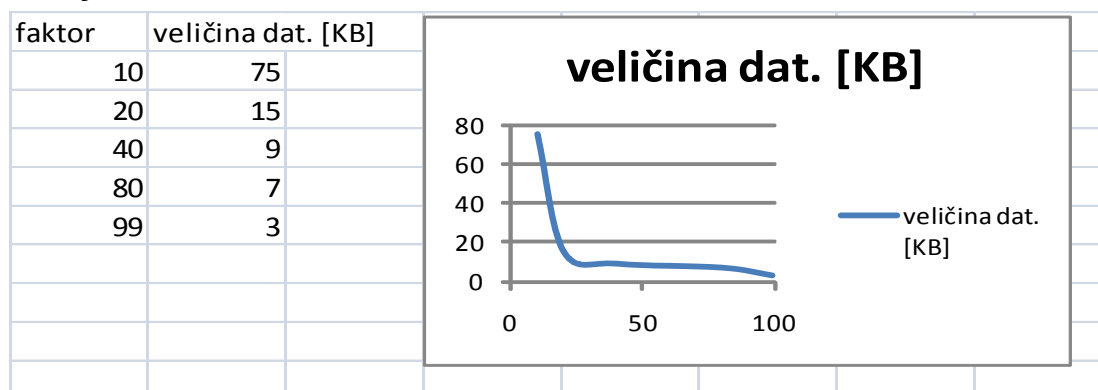
Vladimir-Mario Obelić

Sadržaj

1.	Kompresija slike bez gubitaka i sa gubitcima.....	1
1.1	JPEG	1
1.2	PNG	2
1.3	PNG vs JPEG	3
2.	Kompresija složene slike	5
2.1	Usporedba veličine datoteke i subjektivne kvalitete	5
2.2	Odnos veličina i kvaliteta između PNG i JPEG slika	6
3.	Kompresija digitalizirane fotografije.....	7
3.1	Usporedba kvalitete i veličine JPEG kodiranih slika	7
3.2	Odnos veličina PNG i JPEG	7
3.3	Usporedba omjera kompresije	8
4.	JPEG Koder	9
4.1	Zadatak 1	9
4.2	Zadatak 2	9
4.3	Zadatak 3	10
4.4	Zadatak 4	10
4.5	Zadatak 5	10
4.6	Zadatak 6	10
5.	JPEG2000.....	11
5.1	Kodiranje JPEG2000 slike.....	11
5.2	Dekodiranje JPEG2000 slike i usporedba sa JPEG kodiranom slikom	11
5.3	Usporedba veličine JPEG2000 i JPEG slike	11

1. Kompresija slike bez gubitaka i sa gubitcima

1.1 JPEG

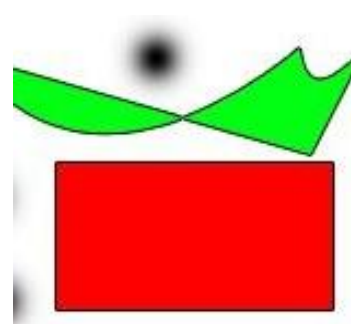


Slika 1 Grafički prikaz odnosa faktora kompresije kod i veličine datoteke (JPEG)

Iz gornjeg prikaza (Slika 1) jasno vidimo kakav je odnos faktora kompresije i veličine datoteke. Vidimo da taj odnos nije linearan već ima drastične promjene u ponašanju. Vidimo da veličina datoteke naglo pada prilikom korištenja faktora između 10 i 30, dok korištenjem većih faktora kompresije pad veličine datoteke postaje bitno blaži. Također korištenjem faktora iznad 80, ponovo je izražena nešto jača brzina pada veličine datoteke.

U našim slikama subjektivnim opažanjem uočavamo postepenu degradaciju slike korištenjem sve većih faktora kompresije. Slika sa faktorom 20 kompresije u odnosu na sliku faktora 10 ima već neke artefakte. To su naglašenost nekih kubičnih elemenata slike.

Primjerice crveni kvadrat u slici počinje na svojim rubovima dobivati neke „sjene“, a boja se na slovima pomalo promijenila prešavši u tamniju nijansu. Daljnjim promatranjem kod faktora 40 vidimo još jaču naglašenost prethodno uočenih „sjena“, te dodatno primjećujemo



Slika 2 JPEG faktor kompresije 20

granulaciju na slici odnosno efekt kao da je netko nanio šum u sliku.



Slika 4 JPEG faktor kompresije 80

Slika kodirana korištenjem faktora 80 sada već pokazuje ozbiljnije artefakte posebice oko ravnih linija na slici, te je šum sve više uočljiv.

Također sada dolazi do problema oko prikaza dijelova slike koji su mutniji, odnosno gradijenata, te lagano vidimo mjestimičnu podjelu na blokove.



Slika 3 JPEG faktor kompresije 80 - šumovi kod gradijenta



Slika 5 JPEG faktora kompresije 99

Slika sa faktorom kompresije 99 pokazuje ozbiljnu degradaciju i jasnu podjelu na blokove posebice izraženu uz zaobljene forme i dijelove slike koji su imali gradijent. Forme koje su donekle kompaktne i cjelovite poput crvenog pravokutnika sadrže značajno manje degradacije, te premda je faktor kompresije na maksimalnoj vrijednosti nije došlo do bitnih gubitaka originalnih svojstava. S druge strane neravne linije kao i boje koje su bile nanесene sa gradijentom („mutne mrlje“) najviše pate od degradacije upravo zbog svojstava JPEG koda, odnosno principa podjele slike na blokove radi kompresije temeljene na DCT transformaciji. Tekstualni zapis najviše pati ovdje od degradacije s obzirom na karakteristike oblika slova (puno zaobljenih kratkih linija). Tekst tako postaje težak za čitanje s obzirom na smetnje koje se oko rubova slova pojavljuju.

1.2 PNG

S obzirom na karakteristike PNG slike prilikom otvaranja u Photoshopu, te ponovnog spremanja (ponovnog kodiranja) u isti format, ne dolazi do nikakve promjene u veličini datoteke (20KB).

1.3 PNG vs JPEG

Usporedimo li PNG sa JPEG slikom dolazimo do nekih zaključaka. JPEG koder po svojim karakteristikama više je prilagođen kodiranju fotografija koje su slikane digitalnim fotografskim aparatom ili skenirane. Istina je da je JPEG slika kodirana sa gubitcima, međutim uzmemo li omjer kvalitete i veličine krajnje datoteke vidjeti ćemo da je JPEG efikasniji kod složenih fotografskih slika od PNG-a. Međutim situacija je bitno drugačija kod jednostavnih računalnih grafika poput naše slike fer.bmp (Slika 7). PNG format je pak prilagođen upravo jednostavnijoj računalnoj grafici, te će postizati bolju kompresiju, i to bez gubitaka. JPEG koder je za takvu jednostavnu sliku previše složen, odnosno nije prilagođen kodiranju računalne grafike, te će manju kompresiju morati izvršiti da bi dobio po prilici istu kvalitetu kao PNG format. Dakle veličina datoteke JPEG kodirane slike ispada veća od one datoteke PNG kodirane slike.

Usporedimo li dvije slike subjektivno podjednake kvalitete zapažamo sljedeće. Slika kodirana u JPEGu sa faktorom kompresije 10 subjektivno je podjednaka u kvaliteti istoj slici kodiranoj u PNG formatu. Međutim velika je razlika u veličini datoteke. Ista slika kodirana u JPEG formatu a faktora kompresije potrebnog za postizanje podjednake kvalitete slici kodiranoj u PNG formatu ima veličinu 75KB. Slika kodirana PNG formatom ima veličinu od samo 20KB. Razlika u efikasnosti je očigledna i tu prednjači PNG format.



Slika 6 Jednostavna računalna grafika u JPEG formatu kompresije 10, 75KB



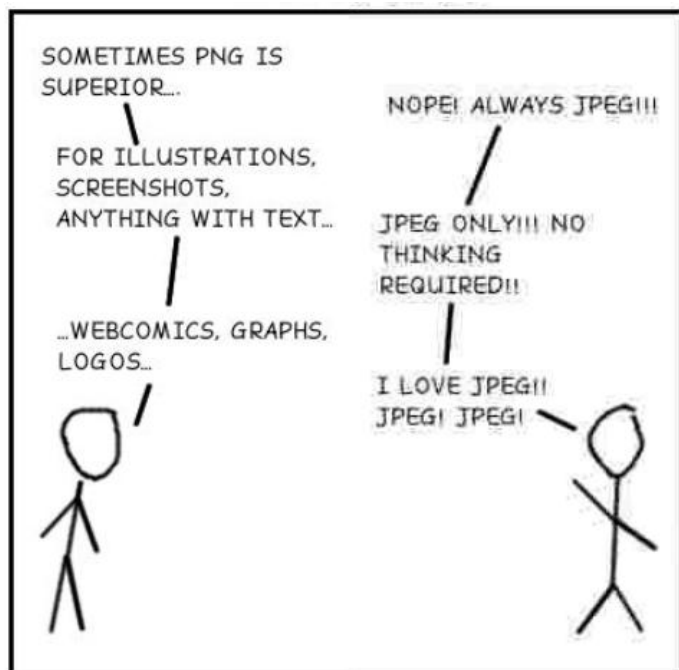
Slika 7 Jednostavna računalna grafika u PNG formatu, 20KB

Sada još samo da analiziramo kako se odnose kvalitete za približno slične veličine datoteka slika kodiranih JPEG i PNG formatima. Slika kodirana u JPEG formatu faktora kompresije 20 ima veličinu datoteke 15KB. Slika kodirana PNG formatom ima veličinu datoteke 20KB. Usporedimo li subjektivnu kvalitetu slika dolazimo do definitivnog zaključka kako je PNG format kod jednostavnijih kompjuterskih grafika efikasniji za omjer kvalitete i veličine kodirane slike.



Slika 8 Jednostavna računalna grafika u JPEG formatu kompresije 20, 15KB

Na slijedećem jednostavnom primjeru uočavamo razlike koje donosi kodiranje u JPEG i PNG formatu za tekstualni zapis u slici.



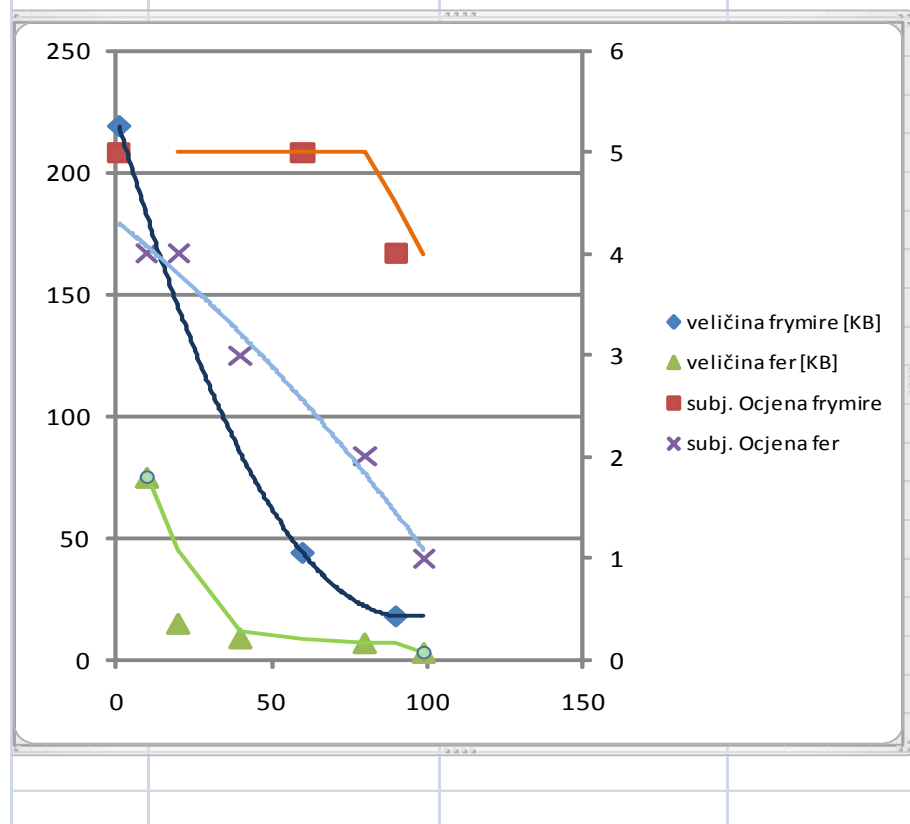
Slika 9 JPEG vs PNG

Ovaj šaljivi prikaz zorno ilustrira situaciju kada imamo tekstualni zapis u slici kojeg kodiramo JPEG formatom odnosno PNG formatom. Kako je PNG format bez gubitaka, deformacija kod teksta uopće nema dok su deformacije i artefakti itekako vidljivi u slučaju JPEG kodera. Poruka priče je da se JPEG format puno dulje koristi od PNG formata, te mnogo korisnika još ne koristi PNG format i time se u današnje vrijeme dosta gubi.

2. Kompresija složene slike

2.1 Usporedba veličine datoteke i subjektivne kvalitete

faktor	veličina frymire [KB]	subj. Ocjena frymire	veličina fer [KB]	subj. Ocjena fer
1	219	5		
10			75	4
20			15	4
40			9	3
60	44	5		
80			7	2
90	18	4		
99			3	1



Slika 10 Odnos veličine i faktora kompresije za JPEG format (flymire)

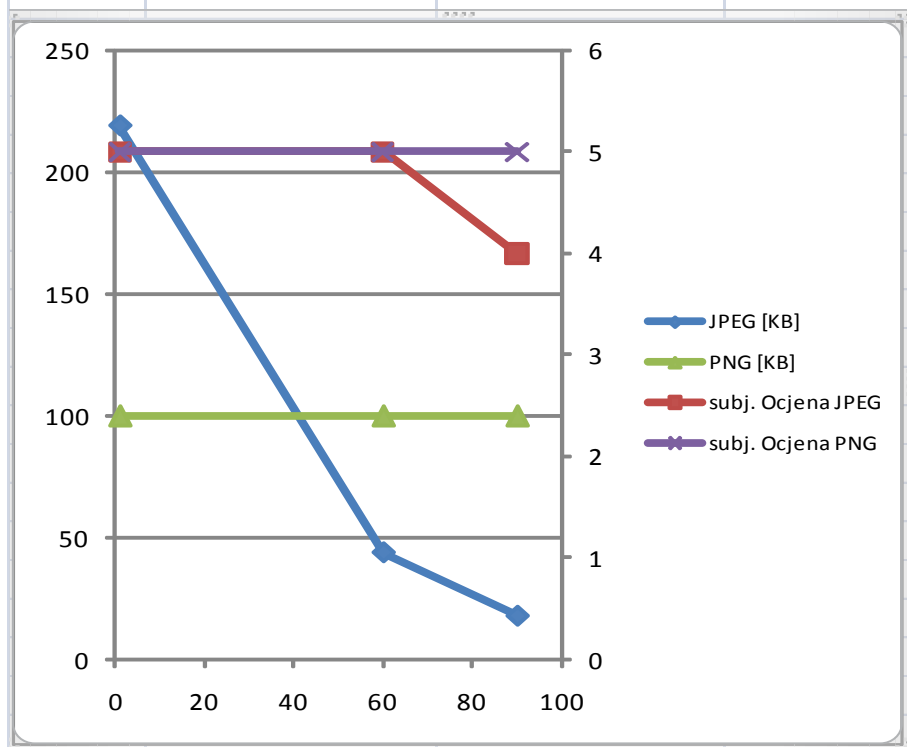
Kod JPEG formata uočavamo ponovo drastični pad veličine datoteke primjenom faktora kompresije. Tek negdje korištenjem faktora kompresije iznad 60 veličina datoteke počinje slabije opadati.

Važno je za spomenuti kako je ovakva slika po strukturi, odnosno složenosti, nešto prikladnija za JPEG kodiranje nego što je to slučaj kod slike *fer*. Ovakva slika bliža je fotografiji, te zbog svojih brojnih detalja i manjeg broja jednostavnih lako uočljivih oblika poput kružnica, kvadrata, linije i slova dolazi do manje uočljivih degradacija primjenom korištenja većih

faktora kompresije. Primjerice gledajući sliku *frymire-90.jpg*, dakle korištenjem skoro najvećeg faktora kompresije, ne zamjećujemo ni približno toliko drastične degradacije koje smo uočili na slici *fer-99.jpg*. Ta slika (*frymire*) je i dalje „iskoristiva“ za razliku od slike *fer* na tako velikoj kompresiji. Pogledajmo i veličinu datoteka. Datoteka *fer-99.jpg* ima veličinu 3KB, dok *frymire-90.jpg* ima veličinu 18KB. Valja uzeti u obzir da je kod slike *fer-99.jpg* korištena praktički maksimalna kompresija dok je kod *frymire-90.jpg* korištena nešto manja kompresija. Nadalje slika *fer-99.jpg* ima daleko manje detalja (sadržane informacije) nego *frymire-90.jpg*

2.2 Odnos veličina i kvaliteta između PNG i JPEG slike

faktor	JPEG [KB]	subj. Ocjena JPEG	PNG [KB]	subj. Ocjena PNG
1	219	5	100	5
60	44	5	100	5
90	18	4	100	5



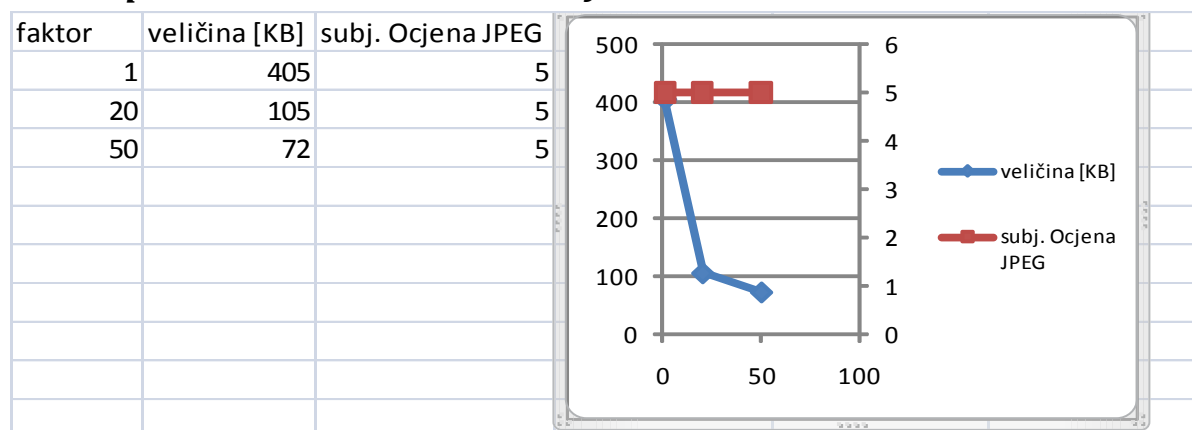
Slika 11 Usporedba PNG i JPEG

Usporedbom PNG i JPEG slika ovdje jasno vidimo kako je optimalna kompresija JPEG slike gdje ne dolazi do bitnog gubitka kvalitete oko faktora 40. PNG format je karakterističan po tome da ne unosi gubitke niti degradaciju, no njegova primarna primjena je kod jednostavnije računalne grafike. Valja uzeti u obzir i bitnu razliku između ovih primjera JPEG i PNG kodiranih slika. JPEG kodirana slika koristi 24 bita po pixelu dok PNG koristi 8 bita po pikselu. Naime originalna slika koristi svega 256 boja i dovoljno je 8 bita po pikselu da bi se

slika ispravno prikazala. JPEG ovdje nema tu mogućnost, te kod malih kompresija „pati“ od velike veličine datoteke. Za ovaj slučaj može se reći kako je podjednaka preporuka za korištenjem bilo koja od ova dva formata kako bi se kodirala originalna slika ako gledamo efikasnost ova dva formata.

3. Kompresija digitalizirane fotografije

3.1 Usporedba kvalitete i veličine JPEG kodiranih slika



Slika 12 Analiza veličine datoteke i kvalitete slike lena

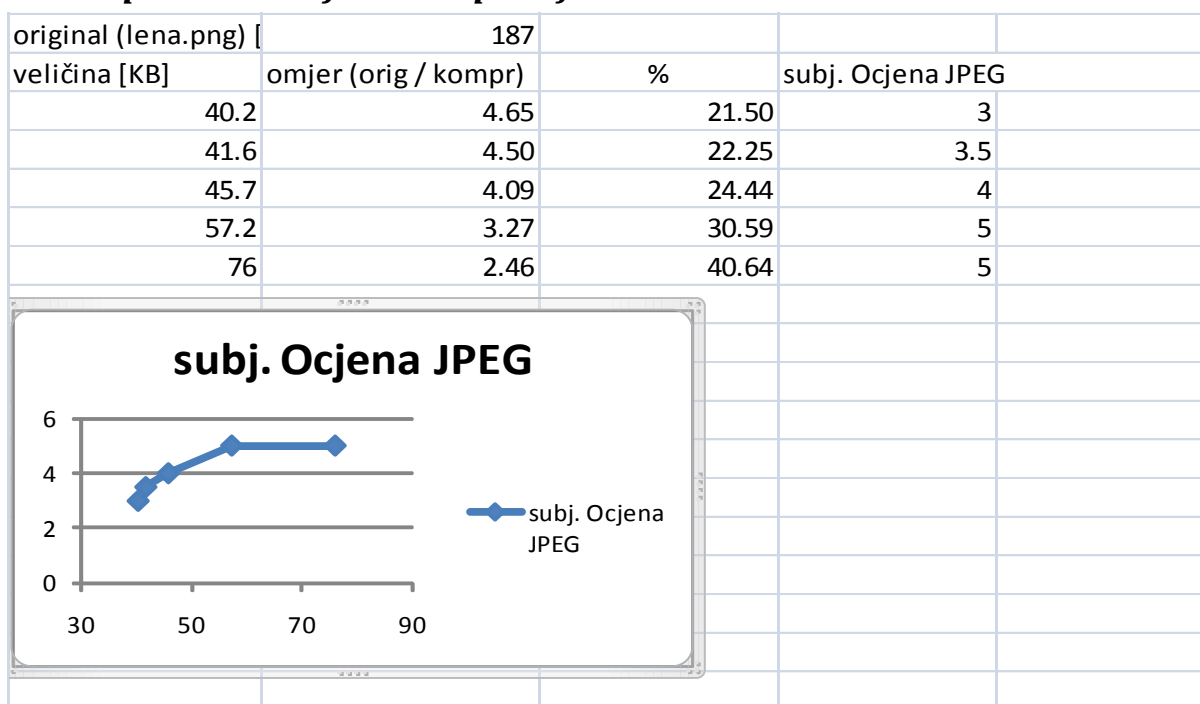
S obzirom na karakteristike JPEG koder rezultati nisu niti začuđujući. Naime JPEG koder dizajniran je na temelju poznavanja ljudske vizualne percepcije. Ljudsko oko vidi realne slike koje sadrže složene oblike i veliku količinu boja. Dakle u fotografiji *lena* više nemamo jednostavne računalne grafike, već realnu sliku. Tu istinski dolazi do izražaja poznavanje ljudske vizualne percepcije i to na taj način da se kompresijom u JPEGu odstranjuju informacije koje ljudskom oku nisu toliko zamjetljive. Gotovo je nemoguće na priloženim slikama uz navedene faktore kompresije zamijetiti degradaciju u slici, te prema tome sve tri slike dobivaju maksimalnu subjektivnu ocjenu za kvalitetu. Možemo bez bojazni za značajnijom degradacijom koristiti čak i nešto veće faktore kompresije

3.2 Odnos veličina PNG i JPEG

Korištenjem PNG formata za kodiranje ove fotografije dobiva se datoteka veličine 187KB. S druge strane kodiranjem te fotografije u JPEG formatu na maksimalnoj kvaliteti (faktora kompresije 1) dobivamo veličinu datoteke 405KB. Zaključujemo da se radi o kontradiktornosti s obzirom da je JPEG format sa gubitcima dok je PNG format bez gubitaka. Logikom stvari zaključili bi da JPEG slika mora imati manju veličinu datoteke u svakom slučaju. Do suprotnog dolazi ipak zbog načina na koji se sama kompresija u JPEG koderu vrši.

Kompresija u JPEG formatu obavlja se na temelju aproksimacije djelića slike matematičkim modelima odnosno aproksimiranjem DCT transformacijom. Tako se za svaki djelić slike zapisuju neki podaci. U minimalnoj kompresiji, odnosno maksimalnoj kvaliteti ta aproksimacija je najpreciznije moguće iskazana te je tako postignuta velika količina podataka za svaki dio (blok) slike. Time veličina datoteke kodirane u JPEG formatu može imati i poveću veličinu. Slika kodirana u PNGu koristi jedan način kodiranja i sažimanja, te nema faktora kojima se može više ili manje sažeti informacija u slici. Dakle dok PNG uvijek daje istu veličinu datoteke, JPEG na maksimalnoj kvaliteti prestiže PNG kodiranu sliku.

3.3 Usporedba omjera kompresije



Slika 13 Usporedba omjera kompresije za JPEG

Uočavamo kako je idealni omjer kompresije između 1:3 i 1:4, odnosno između ~25 % i ~30% ukoliko želimo postići najbolju kvalitetu.

4. JPEG Koder

4.1 Zadatak 1

Uočavamo kako je prva matrica zapravo kvantizacijska matrica $Q(u,v)$, druga matrica je DCT matrica koeficijenata $S(u,v)$, dok je treća matrica kvantizirana DCT matrica $K(u,v)$ koju dobivamo preko kvantizacijske matrice iz DCT matrice. Matrica DCT koeficijenata uobičajeno se označava sa $S(f)$. Kvantiziranu DCT matricu $K(u,v)$ dobivamo preko formule $K(u,v)=\text{round}(S(u,v)/Q(u,v))$. Parametri u i v označavaju koordinate elemenata u matrici.

Na omjer kompresije odnosno kvalitetu direktno utječe kvantizacijska matrica što vidimo iz gornje formule.

Tabela 1 Usporedba kvantizacijskih matrica

Q	omjer	ocjena	
QM1	12.3	4	
QM2	7.67	5	
QM3	33.94	3	
QM4	17.3	3	
QM5	2.04	5	
QM6	60	1	

Najveći omjer kompresije tj minimalnu kvalitetu slike dobivamo koristeći QM6 iz razloga što cijela matrica sadrži velike vrijednosti, ukupno najviše elemenata ima najveće vrijednosti na svim mjestima u matrici u odnosu na sve druge ovdje prikazane kvantizacijske matrice. Na taj način dobivena kvantizirana DCT matrica izgubiti će najveći broj vrijednosti. Najmanji omjer odnosno najveću kvalitetu slike dobivamo pak kod QM5. Razlog tome je što ta matrica sadrži najveći broj malih vrijednosti na svim mjestima što znači da će kvantizirana DCT matrica imati najmanje gubitaka.

4.2 Zadatak 2

Prateći elemente u kvantiziranoj matrici K uočavamo kako je svojstveno bloku 8×8 pixels koji se nalazi na većim horizontalnim promjenama nijanse boje da poprima najviše vrijednosti različitih od nule upravo u prvom retku. Dakle prvi redak kvantizirane DCT matrice odgovoran je za prikaz horizontalnih frekvencija, odnosno promjene nijanse boje u horizontalnom smjeru

4.3 Zadatak 3

Slično prethodnom zadatku dolazimo do zaključka kako oni blokovi koji se nalaze na većim vertikalnim promjenama nijansa boje imaju vrijednosti različite od nule u prva dva stupca kvantizirane DCT matrice. Dakle prva dva stupca kvantizirane DCT matrice odgovorna su za prikaz vertikalnih frekvencija odnosno promjene nijanse boje u vertikalnom smjeru.

4.4 Zadatak 4

Nakon djelovanja na kvantizacijsku matricu unosom naredbe *is*, smanjujemo vrijednosti kvantizacijske matrice elemenata čije su x i y koordinate manje od one koju smo označili. Na taj način povećavamo kvalitetu slike, odnosno smanjujemo omjer kompresije sa početnih 1:60. Što veći broj u *is* naredbi koristimo, to će manje gubitaka imati kvantizirana DCT matrica, odnosno konačna slika će imati manji omjer kompresije i veću kvalitetu. Štoviše s obzirom da utječemo na najrelevantnije elemente matrice, i to one najbliže DC komponenti K(0,0) to ćemo značajniji utjecaj na promjenu kvalitete slike imati. Za ovu situaciju kada postavimo sve elemente blize (0,0) na 1 dobivamo sljedeći scenario. Slika će imati vrlo veliku kvalitetu a omjer kompresije će biti ipak malen od svega 1:5.

4.5 Zadatak 5

U ovoj situaciji mijenjamo elemente koji su udaljeniji od DC komponente matrice, te koliko god mi mijenjali vrijednosti vrlo malo ćemo utjecati na kvalitetu konačne slike. Konkretno Smanjimo li vrijednosti komponentata daljih od elementa (3,3) na 1, dobiti ćemo jako maleni omjer kompresije (1:2.22) ali veoma lošu kvalitetu slike.

4.6 Zadatak 6

32	17	18	18	24	40	51	61
18	18	22	21	26	58	60	55
22	21	24	26	40	57	69	56
16	19	24	31	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

Slika 14 Omjer 1:14 sa relativno dobrom kvalitetom slike

5. JPEG2000

5.1 Kodiranje JPEG2000 slike

Traženi uvjet da JPEG2000 slika bude više od dva puta manja od JPEG slike postiže se za rate postavku ispod 1.2 bpp. Traženi zadatak izvršavamo naredbom `java -cp jj2000-5.1.jar JJ2KEncoder -rate 1.2 -i lena.ppm -o lena.j2k`. Dobivena slika `lena.j2k` ima veličinu 39159Byte.

5.2 Dekodiranje JPEG2000 slike i usporedba sa JPEG kodiranom slikom

Dekodiranje slike kodirane JPEG2000 formatom vršimo naredbom `java -cp jj2000-5.1.jar JJ2KDecoder -i lena.j2k`.

Prelazimo na usporedbu dviju slika.

Uočavamo razlike u finijim detaljima. Primjerice degradacija u JPEG2000 kodiranoj slici manja je na glatkim prijelazima boja nego je to slučaj kod JPEG kodirane slike. JPEG kodirana slika ima nešto veću granulaciju kod tamnijih tonova boje, te se slika doima „oštrijom“. Kod JPEG2000 slika je prirodna i „mekanih“ nijansa boje. Zaključujemo kako se JPEG2000 bolje nosi od JPEG kodirane slike pogotovo što je više nego duplo manje veličine nego JPEG.

5.3 Usporedba veličine JPEG2000 i JPEG slike

Neznatno lošija kvaliteta JPEG2000 kodirane slike postiže se po prilici na 0.5 bpp. Artefakti koji se počinju kod tako kodirane slike nazirati su prisutni na uočljivim prijelazima između dviju boja, odnosno kod izraženih linija. Za razliku od artefakata i deformacija koji se počinju nazirati kod JPEG slike pri većim omjerima kompresije, JPEG2000 ne donosi uočljivu podjelu slike na blokove. Tako kodirane slike imaju sljedeće veličine. Slika kodirana JPEG2000 koderom ima veličinu 16KB, dok slika kodirana JPEG koderom ima veličinu 82KB.