

Poređenje kompresionih tehnika digitalne slike primenom DFT, DCT i SVD sa aspekta broja upotrebljenih transformacionih koeficijenata

Hana Stefanović, Svetlana Štrbac-Savić

Računarska tehnika

Visoka škola elektrotehnike i računarstva

Beograd, Srbija

stefanovic.hana@yahoo.com, svetalanas@viser.edu.rs,

Dejan Milić, Zorica Nikolić

Telekomunikacije

Elektronski fakultet

Niš, Srbija

dejan.milic@elfak.ni.ac.rs, zorica.nikolic@elfak.ni.ac.rs

Sadržaj—U radu su izloženi osnovni aspekti primene transformacionih tehnika kompresije digitalne slike koje koriste Diskretnu Furijeovu transformaciju (DFT – *Discrete Fourier Transform*) i Diskretnu kosinusnu transformaciju (DCT – *Discrete Cosine Transform*), a razmotren je i algoritam dekompozicije matrice na singularne vrednosti (SVD – *Singular Value Decomposition*), kao jedan od često korišćenih postupaka za dekomponovanje matrica u matrice karakterističnih korena i vektora. Ove kompresione tehnike upoređene su sa aspekta postignutog kvaliteta slike rekonstruisane na osnovu određenog fiksnog broja koeficijenata značajnih vrednosti. Konkretni primeri koji ilustruju postizanje određenog stepena kompresije, uz poređenje sa originalnom nekompresovanom slikom, rađeni su u MATLAB programskom okruženju, dok su kao numerički pokazatelji kvaliteta komprimovane slike, korišćeni srednja kvadratna greška (MSE – *Mean-Square Error*) i vršni odnos signal-šum (PSNR – *Peak Signal-to-Noise Ratio*).

Ključne reči—Diskretna Furijeova transformacija (DFT); Diskretna kosinusna transformacija (DCT); dekompozicija matrice na singularne vrednosti (SVD); kompresija digitalne slike

I. UVOD

Različite komercijalne primene kao što su video konferencije, video telefonija, kao i stalni razvoj sistema za prenos TV slike standardne i visoke rezolucije, zatim multimedijalnih sistema i sistema za obradu i čuvanje različitih dokumenata uslovljavaju stalnu i veliku potrebu za kompresijom digitalne slike [1], [2]. Postupci kompresije slike neophodni su da bi se smanjilo zauzeće memorijskih kapaciteta ili kapaciteta komunikacionih kanala kojima se podaci prenose, što je vrlo važno s obzirom da je velika količina podataka potrebna za reprezentaciju digitalne slike. Iz tih razloga postupci za kompresiju se intenzivno razvijaju, iako su već razvijene metode kojima je moguće komprimovati mirnu sliku i nekoliko desetina puta bez značajnog uticaja na kvalitet reprodukovane slike [3].

Digitalna slika se uobičajeno predstavlja pravougaonom matricom elemenata slike – piksela, pri čemu je svaki piksel opisan određenim brojem komponenti prezentovanih odgovarajućim brojem bitova [1]. Postupci kompresije slike

bez gubitaka (*lossless compression*) koriste se u slučajevima kada nekoprimeovana slika sadrži neke vrlo važne informacije koje bi mogle biti oštećene u postupku kompresije (kao što su medicinski snimci), dok se postupci kompresije slike sa gubicima (*lossy compression*) koriste u situacijama kada je lako ponoviti proces snimanja u slučaju da je to potrebno [4], [5], a od posebnog značaja su u sistemima gde se podrazumevano toleriše određen stepen gubitka informacija (kao što su video telefonija, multimedijalni distribucioni i TV sistemi i sl.). U ovom radu razmatrane su tehnike kompresije sa gubicima, koje su sa aspekta uštede memorijskih i/ili telekomunikacionih resursa značajnije. Analizirane su tehnike koje ostvaruju kompresiju primenom određenog broja transformacionih koeficijenata, značajnih u smislu pakovanja energije, dok je neki broj transformacionih tehnika u postupku rekonstrukcije slike odbačen. Daljom primenom kvantizacionih i različitih kodnih tehnika na dobijene transformacione koeficijente može se takođe ostvariti značajan stepen kompresije, što u ovom radu nije razmatrano. Analizirano je poređenje kvaliteta kompresovanih slika primenom različitih transformacionih tehnika sa aspekta broja upotrebljenih transformacionih koeficijenata značajnih vrednosti, dok dodatni kvantizacioni i kodni postupci nisu analizirani.

Osnovni cilj transformacionih tehnika kompresije je prikazivanje slike pomoću što manjeg broja transformacionih koeficijenata u kojima je sadržana značajna energija slike, dok se transformacioni koeficijenti posle toga kvantuju i kodiraju. Primenom transformacionih tehnika mogu se ostvariti bolji rezultati nego prediktivnim tehnikama, ali često po cenu veće računске složenosti [1]. S obzirom da je zbog velikog broja računskih operacija prilikom transformacija slike mogućnost izračunavanja brzih algoritima neophodan uslov za praktičnu primenu, pradžnost svakako imaju brze unitarne transformacije kao što su kosinusna, sinusna, Furijeova, Hartlejeva, Adamarova i druge. Na osnovu obimnih istraživanja i rezultata dostupnih u literaturi ustanovljeno je da optimalne rezultate daje Diskretna kosinusna transformacija (DCT – *Discrete Cosine Transform*) [6], [7]. DCT je separabilna transformacija, što umanjuje složenost izračunavanja, a takođe je i realna transformacija, tako da nije potreban rad sa kompleksnim

brojevima [8], za razliku od Diskretne Furijeove transformacije (DFT - *Discrete Fourier Transform*).

Za izračunavanje direktne i inverzne jednodimenzionalne DCT (1D DCT) i jednodimenzionalne DFT (1D DFT) razvijeni su brojni brzi algoritmi, kojima se transformacija vektora od N elemenata može izvršiti brojem operacija množenja i sabiranja koji je proporcionalan sa $M \log_2 N$, a zatim se dvodimenzionalne transformacije 2D DCT i 2D DFT računaju kao ogdovarajuće 1D transformacije po vrstama i po kolonama.

Zbog osobine kompresije energije većina transformacionih koeficijenata ima male vrednosti i u potupku prenosa podataka mogu se potpuno eliminisati. S obzirom da preostali koeficijenti nemaju podjednak značaj, u cilju daljeg povećanja stepena kompresije pogodno je predstavljavanje prenošenih koeficijenata nejednakim brojem bita, što u okviru ovog rada nije razmatrano. Određivanje broja bita kojima će biti predstavljeni koeficijenti uglavnom se vrši na osnovu njihove očekivane varijanse ili nekom drugom tehnikom [9], [10].

U ovom radu je, osim transformacionih postupaka zasnovanih na DFT i DCT, izložen i koncept dekompozicije matrice na singularne vrednosti (SVD - *Singular Value Decomposition*) [11], takođe u cilju redukcije dimenzionalnosti digitalne slike. Osnovni koncept SVD algoritma zasnovan je na principima smanjenja dimenzionalnosti dekompozicijom na singularne vrednosti, u cilju povećanja stepena kompresije slike [12]. SVD algoritam omogućava jednostavnu strategiju aproksimacije originalne matrice kojom je predstavljena digitalna slika [13], [14], koristeći matrice manjih dimenzija. Nakon sortiranja singularnih vrednosti u opadajućem poretku, moguće je zadržati prvih k najvećih, a ostale postaviti na nulu. Rezultat je nova matrica, ranga k , koja je, a u zavisnosti od vrednosti k , dobra aproksimacija originalne matrice, u smislu najmanjih kvadrata [11], [15].

U oblasti digitalne obrade slike, kao i digitalne obrade signala uopšte, mogućnosti primene softverskog paketa MATLAB su vrlo velike. Analiza postupaka, procena vremena potrebnog za obradu, kao i veliki broj ugrađenih funkcija, vrlo su značajni za razvoj novih i poboljšanje i optimizaciju postojećih algoritama u oblasti digitalne obrade slike i drugih multimedijalnih podataka [1], [10].

U ovom radu su dati ilustrativni primeri u cilju komparativne analize pomenutih kompresionih tehnika, sa aspekta broja upotrebljenih transformacionih koeficijenata. Iz razloga jednostavnosti, a bez gubitka opštosti, u radu su analizirane monohromatske slike, a svi rezultati dobijeni su u MATLAB programskom okruženju.

II. POSTUPAK KOMPRESIJE PRIMENOM DFT

Furijeova transformacija omogućava razlaganje proizvoljnog diskretnog signala na sinusoidalne komponente različitih učestanosti, i ima veliki značaj prilikom diskretizacije slike, u spektralnoj analizi slike, kao i različitim kompresionim postupcima, čemu je naročito doprinelo razvijanje efikasnih algoritama za izračunavanje DFT.

DFT dvodimenzionalnog (2D) diskretnog signala određena je transformacionim parom [1], [8]:

$$X[k, l] = \frac{1}{\sqrt{MN}} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} x[m, n] \cdot \exp\left(-j \frac{2\pi}{M} mk\right) \cdot \exp\left(-j \frac{2\pi}{N} nl\right), \quad 0 \leq k \leq M-1, \quad 0 \leq l \leq N-1 \quad (1)$$

odnosno:

$$x[m, n] = \frac{1}{\sqrt{MN}} \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{l=0}^{N-1} X[k, l] \cdot \exp\left(j \frac{2\pi}{M} mk\right) \cdot \exp\left(j \frac{2\pi}{N} nl\right), \quad 0 \leq m \leq M-1, \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (2)$$

DFT je periodična, separabilna, linearna i simetrična, a osobina simetrije ima važnu primenu u oblasti digitalne obrade slike, s obzirom da se može smanjiti broj računskih operacija za izračunavanje odbiraka u frekvencijskom domenu. Pošto je jezgro 2D DFT separabilno i simetrično, izračunavanje 2D DFT se može izvršiti računanjem niza 1D DFT primenjenih na vrste i kolone slike, a u okviru literature iz oblasti digitalne obrade signala obrađen je veliki broj brzih algoritama koji se mogu koristiti za izračunavanje DFT vrsta i kolona slike [1], [4], [9].

Rezultat primene DFT i upotrebe 12% od ukupnog broja transformacionih koeficijenata u cilju kompresije originalne slike prikazan je na Sl.1, u slučaju izbora built-in demo MATLAB slike cameraman.tiff.



Slika 1. Originalna (nekompresovana) slika i slika rekonstruisana na osnovu 12% od ukupnog broja DFT koeficijenata

Povećanje računarske efikasnosti, zahtevi da transformacija bude realna, odnosno da se ne vrše operacije sa kompleksnim brojevima, kao i zahtevi za kompresiju energije u što manji broj komponenti u transformacionom domenu, su svakako razlozi za traženje i razvijanje novih transformacija [1], [6].

III. POSTUPAK KOMPRESIJE PRIMENOM DCT

U algoritmima za izračunavanje 2D DCT koji se primenjuju u transformacionoj kompresiji slike koristi se definiciona formula data izrazom [1], [8]:

$$C[k, l] = \alpha[k] \beta[l] \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} x[m, n] \cos \frac{\pi k (2m+1)}{2M} \times \cos \frac{\pi l (2n+1)}{2N}, \quad 0 \leq k \leq M-1, \quad 0 \leq l \leq N-1 \quad (3)$$

odnosno:

$$x[k, l] = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} \alpha[k] \beta[l] C[k, l] \cos \frac{\pi k (2m+1)}{2M} \times \cos \frac{\pi l (2n+1)}{2N}, \quad 0 \leq m \leq M-1, \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (4)$$

pri čemu su $\alpha[k]$ i $\beta[l]$ određeni sa:

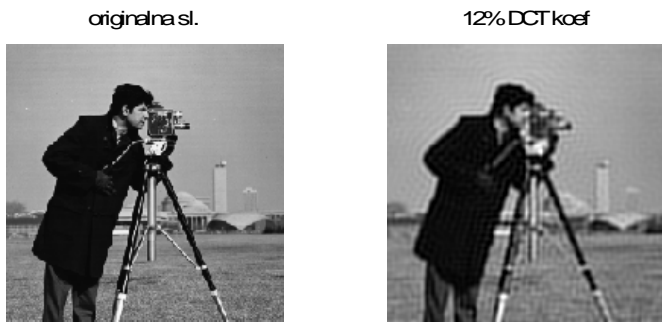
$$\alpha[k] = \begin{cases} 1/\sqrt{M}, & k = 0 \\ \sqrt{2/M}, & 1 \leq k \leq M-1 \end{cases} \quad (5)$$

odnosno:

$$\beta[l] = \begin{cases} 1/\sqrt{N}, & l = 0 \\ \sqrt{2/N}, & 1 \leq l \leq N-1 \end{cases} \quad (6)$$

Zbog povećanja brzine izračunavanja 2D DCT se ne izračunava primenom osnovne formule, nego se koriste brzi algoritmi, a pošto je reč o separabilnoj 2D transformaciji vrše se sukcesivne 1D transformacije vrsta i kolona. Razvijeni su algoritmi pogodni za hardversku implementaciju kojima se izračunavanje DCT vrši sa značajno smanjenim brojem operacija množenja i operacija sabiranja, u poređenju sa osnovnom formulom. Takođe se koriste i algoritmi za aproksimativno izračunavanje DCT koji uopšte ne sadrže operaciju množenja, a pogodni su za paralelnu aritmetiku, odnosno obradu više podataka istovremeno u jednoj aritmetičkoj jedinici [1], [7]

Rezultat primene DCT i upotrebe 12% od ukupnog broja transformacionih koeficijenata u cilju kompresije originalne slike prikazan je na Sl.2.



Slika 2. Originalna (nekompresovana) slika i slika rekonstruisana na osnovu 12% od ukupnog broja DCT koeficijenata

IV. POSTUPAK KOMPRESIJE SVD DEKOMPOZICIJOM

Iz teorije algebre poznato je da nenulti vektor x koji se linearnom transformacijom sa matricom A transformiše u sebi kolinearan vektor $Ax = \lambda x$, predstavlja svojstveni, sopstveni ili karakteristični vektor matrice A , dok skalar λ predstavlja svojstvenu, sopstvenu ili karakterističnu vrednost matrice A . Svojstveni vektori predstavljaju rešenja homogenog sistema linearnih jednačina sa matricom sistema $A - \lambda I$, pri čemu $\det(A - \lambda I)$ predstavlja karakteristični polinom matrice A [15].

Teorema: (SVD) Neka su m i n ($m \geq n$) prirodni brojevi, i neka je A proizvoljna $m \times n$ realna matrica. Tada postoji dekompozicija $A = U \Sigma V^T$, gde je U ortonormalna $m \times n$ matrica i V ortogonalna $n \times n$ matrica, dok je $\Sigma = \text{diag}(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n)$, pri čemu je $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_n \geq 0$.

Definicija: Kolone matrice $U = [u_1, u_2, \dots, u_n]$ nazivaju se levi singularni vektori, dok se kolone matrice $V = [v_1, v_2, \dots, v_n]$ nazivaju desni singularni vektori, dok brojevi $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$ predstavljaju singularne vrednosti.

Na osnovu izloženog matrica A se može prikazati kao:

$$A = U \Sigma V^T = \sum_{i=1}^n \sigma_i u_i v_i^T \quad (7)$$

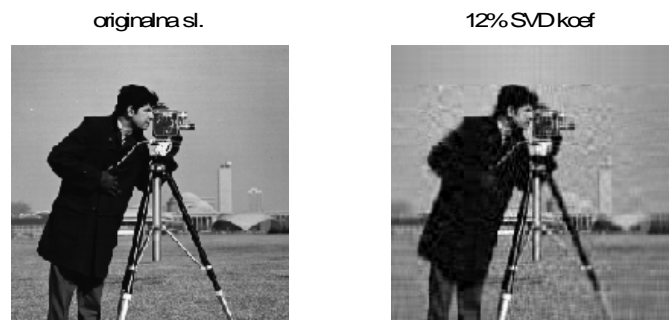
pri čemu matrice A , U , Σ i V podrazumevano moraju biti istog ranga [15]. SVD algoritam predstavlja relativno jednostavnu strategiju optimalne aproksimacije matrice matricama manjih dimenzija. Pošto su elementi matrice Σ (singularne vrednosti) sortirane u opadajućem poretku, moguće je zadržati prvih k najvećih vrednosti, a ostale postaviti na nulu. Proizvod dobijenih matrica je u tom slučaju nova matrica A_k , ranga k , koja je dobra aproksimacija matrice A .

Može se pokazati da je nova matrica A_k matrica ranga k koja je u smislu najmanjih kvadrata najbliža matrici A [15]. Matrica Σ može se pojednostaviti brisanjem vrsta i kolona koje su postavljene na nulu, čime se dobija matrica Σ_k . Ako se obrišu odgovarajuće kolone matrica U i V dobijaju se matrice U_k i V_k , dok rezultujuća matrica određena sa:

$$A_k = U_k \Sigma_k V_k^T = \sum_{i=1}^k \sigma_i u_i v_i^T \quad (8)$$

predstavlja najbolju moguću aproksimaciju matrice A ranga k , u smislu najmanjih kvadrata.

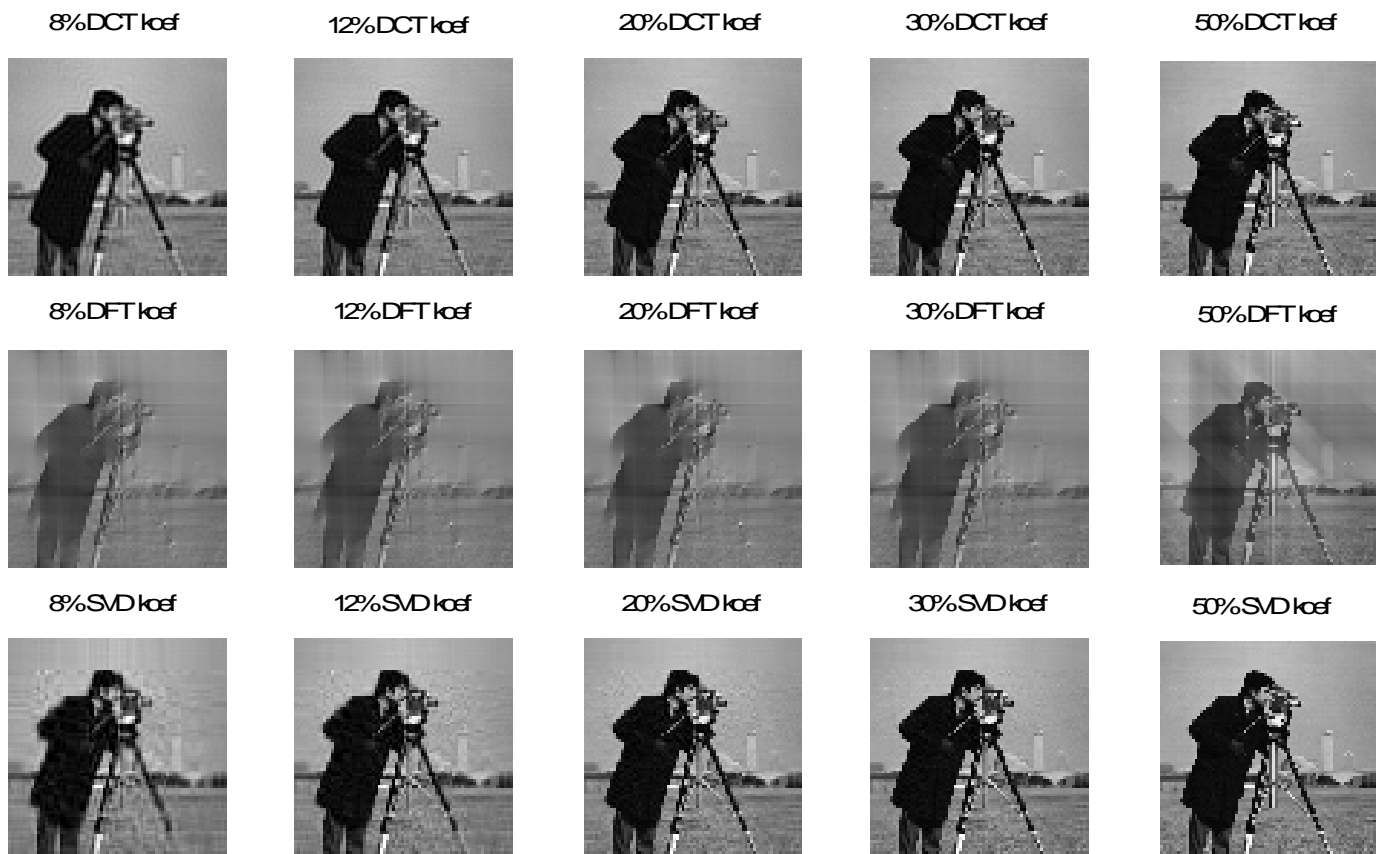
Rezultat primene SVD i upotrebe 12% od ukupnog broja singularnih vrednosti u cilju kompresije originalne slike prikazan je na Sl.3.



Slika 3. Originalna (nekompresovana) slika i slika rekonstruisana na osnovu 12% od ukupnog broja singularnih vrednosti

V. KOMPARATIVNA ANALIZA DFT, DCT I SVD

U cilju uporedne analize, na Sl.4. prikazane su rekonstruisane slike nakon upotrebe različitog broja transformacionih koeficijenata, a osim subjektivne ocene kvaliteta kompresovane slike urađana je i procena numeričkih pokazatelja kvaliteta rekonstruisanih slika.



Slika 4. Slika rekonstruisana na osnovu određenog procenta od ukupnog broja koeficijenata

Na osnovu subjektivne ocene kvaliteta može se zaključiti da porast broja upotrebljenih transformacionih koeficijenata, odnosno singularnih vrednosti, rezultuje poboljšanjem kvaliteta rekonstruisane slike, što je i očekivano. Takođe, tehnike zasnovane na DCT i SVD pokazuju dosta bolje performanse u poređenju sa DFT.

JPEG (*Joint Photographic Experts Group*) standard koristi kompresiju slike pomoću DCT, realizovanu kroz sledeće korake: podela slike na blokove dimenzija $p \times p$ (najčešće $p=8$), DCT transformacija svih blokova, određivanje broja bita potrebnih za kvantovanje DCT koeficijenata i kodovanje izlaza kvantizatora [1]. U ovom radu nije razmatrana podela slike na blokove, nego je izvršena DCT kompletne slike, uz upotrebu različitog broja DCT koeficijenata. Takođe, koeficijenti manjeg značaja (manjih vrednosti, odnosno sa manjim sadržajem energije) u okviru ovog rada odbačeni su prilikom rekonstrukcije slike, dok se u nekim kompresionim algoritmima manje značajni koeficijenti ne odbacuju nego se kvantuju neuniformnim postupkom, koristeći veći korak kvantizacije nego u slučaju koeficijenta značajnijih vrednosti. Na taj način moguće je postići još bolje rezultate prilikom rekonstrukcije slike, uz prihvatljivo zauzeće kapaciteta.

Odbacivanje određenih koeficijenata prilikom DFT i DCT u ovom radu je vršeno na sledeći način: u k -tom koraku svi elementi transformacione matrice imaju vrednost nula, osim elemenata podmatrice čije su dimenzije $k \times k$, pri čemu elementi te podmatrice koji su ispod sporedne dijagonale imaju vrednost nula, a na sporednoj dijagonali i iznad nje imaju vrednost

jedan. Vrednost brojača k varirana je od jedan do n , pri čemu je originalna matrica dimenzija $n \times n$, a grafički prikazi ilustrovani su samo za neke vrednosti k . Od ugrađenih funkcija u MATLAB-u korišćene su: `dct2(.)`, `idct2(.)`, `fft2(.)`, `ifft2(.)` i `svd(.)`.

Osim subjektivne vizuelne ocene kvaliteta digitalne slike, ilustrovane primerima prikazanim na Sl.1, Sl.2, Sl.3 i Sl.4, urađena je i procena numeričkih pokazatelja kvaliteta kompresovane slike, kao što su srednja kvadratna greška (MSE – *Mean-Square Error*) i vršni odnos signal-šum (PSNR – *Peak Signal-to-Noise Ratio*).

Za slike $x(n_1, n_2)$ i $y(n_1, n_2)$ dimenzija $N_1 \times N_2$, MSE se određuje kao [1]:

$$MSE = \frac{1}{N_1 N_2} \sum_{n_1=1}^{N_1} \sum_{n_2=1}^{N_2} [x(n_1, n_2) - y(n_1, n_2)]^2 \quad (9)$$

dok je PSNR određen sa:

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{MAX_I}{MSE} \right) \quad (10)$$

pri čemu MAX_I predstavlja najveću moguću vrednost piksela, koja u slučaju osmorbite sivo-skalirane slike iznosi 255.

U Tabeli 1. dat je prikaz vrednosti ovih numeričkih pokazatelja, dobijenih na osnovu jednačina (9) i (10), za različite vrednosti (u procentima) broja upotrebljenih

transformacionih koeficijenata, odnosno različite vrednosti (takođe u procentima) broja upotrebljenih singularnih vrednosti prilikom rekonstrukcije slike.

Evidentno je da porast broja upotrebljenih koeficijenata, odnosno singularnih vrednosti, rezultuje slikom boljeg kvaliteta, što je u skladu sa subjektivnom vizuelnom procenom slike, ilustrovanom na Sl.1, Sl.2, Sl.3 i Sl.4. Takođe se može zaključiti da su postignute performanse bolje u slučaju primene DCT i SVD, nego u slučaju DFT, koja daje najlošije rezultate pri istom broju upotrebljenih transformacionih koeficijenata.

TABELA I. VREDNOST NUMERIČKIH POKAZATELJA KVALITETA

Broj upotrebljenih koef. [%]	Numerički pokazatelji kvaliteta	
	MSE	PSNR [dB]
8 (DFT)	0.01698	17.68
12 (DFT)	0.01653	17.80
20 (DFT)	0.01608	17.92
30 (DFT)	0.01574	18.01
50 (DFT)	0.00895	20.45
8 (DCT)	0.00494	23.06
12 (DCT)	0.00375	24.64
20 (DCT)	0.00260	25.85
30 (DCT)	0.00205	26.88
50 (DCT)	0.00089	30.48
8 (SVD)	0.00446	23.45
12 (SVD)	0.00269	25.36
20 (SVD)	0.00121	28.12
30 (SVD)	0.00054	30.74
50 (SVD)	0.00027	38.33

Na osnovu prezentovanih rezultata može se zaključiti da povećanje broja upotrebljenih transformacionih koeficijenata, odnosno sigularnih vrednosti, rezultuje slikom boljeg kvaliteta, ali je takođe potrebno i više memorijskog prostora ili kapaciteta komunikacionog kanala, za skladištenje, arhiviranje ili slanje ovakve slike. Trend opadanja srednje kvadratne greške sa povećanjem broja transformacionih koeficijenata, odnosno singularnih vrednosti koje su uključene u proces rekonstrukcije slike, izraženiji je u slučaju primene SVD i DCT, a manje je izražen u slučaju primene DFT, kao što je prikazano u Tabeli 1.

ZAKLJUČAK

Praktična implementacija DFT, DCT i SVD algoritma ilustrovan u ovom radu, dosta je jednostavna, s obzirom da su korišćene ugrađene funkcije u MATLAB programskom okruženju, a takođe omogućava korisniku da nakon nekoliko iteracija, uz prihvatljivu računsku složenost, postigne željeni stepen kompresije, uz prikaz odgovarajućih vizuelnih i numeričkih pokazatelja kvaliteta kompresovane slike. Korisniku je takođe omogućeno i da izabere broj transformacionih koeficijenata odnosno singularnih vrednosti

na osnovu kojih će biti izvršena rekonstrukcija slike, uz mogućnost paralelnog prikaza originalne i kompresovane slike, uključujući i prikaz numeričkih pokazatelja kvaliteta. Ilustrovani primeri ukazuju na prednost tehnike DCT i SVD u odnosu na DFT, što je u skladu sa očekivanim rezultatima.

LITERATURA

- [1] M. Popovic, Digitalna obrade slike, Akademski misao, Beograd, 2006.
- [2] M. Dukic, Principi telekomunikacija, Akademski misao, Beograd, 2008.
- [3] H. J. Trussell, M. J. Vrhel, Fundamentals of Digital Imaging. UK: Cambridge University Press, 2008.
- [4] W. K. Pratt, Digital Image Processing. Inc. New York, NY, USA, John Wiley & Sons, 2007.
- [5] J. C. Russ, The Image Processing Handbook, 5th edition, CRC Press, 2006.
- [6] F. Douak, R. Benzid, N. Benoudjit, "Color image compression algorithm based on the DCT transform combined to an adaptive block scanning", AEU – Int. J. of Electronics and Communications, vol. 65, issue 1, 2011, pp. 16-26.
- [7] XiHong Zhou, "Research on DCT-based Image Compression Quality", Cross Strait Quad-Regional Radio Science and Wireless Technol. Conf. – CSQRWC'2011, Harbin, vol. 2, 26-30 July 2011, pp. 1490-1494.
- [8] N. Ahmed, T. Natarajan, K. R. Rao, "Discrete Cosine Transform", IEEE. Trans. Computer, vol. C- 23, 1974, pp. 90-93.
- [9] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, Digital Image Processing, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2008.
- [10] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, S. L. Eddins, Digital Image Processing Using MATLAB, Knoxville, TN: Gatesmark Publishing, 2009.
- [11] A. Ranade, S. S. Mahabalaran, S. Kale, "A variation on SVD based image compression", Image and Vision Computing J. vol. 25, issue 6, June 2007, pp. 771-777.
- [12] O. Bryt, M. Elad, "Compression of facial images using the K-SVD algorithm", J. Vis. Commun. Image R., vol. 19, 2008, pp. 270-282.
- [13] R. Sun, H. Sun, T. Yao, "A SVD- and quantization based semi-fragile watermarking technique for image authentication", Int. Conf. on Signal processing, vol. 2, 2002, pp. 1592 – 1595.
- [14] H. Stefanović, S. Štrbac-Savić, D. Milić, Z. Nikolić, "Primena dekompozicije matrice na singularne vrednosti (SVD) u oblasti kompresije digitalne slike", Međunarodni naučno-stručni Simpozijum-INFOTEH 2015, vol. 14, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 2015, pp. 615-619.
- [15] W. Keith Nicholson, Linear algebra with applications, 4th ed., Toronto: McGraw-Hill Ryerson, 2002.

ABSTRACT

In this paper some lossy compression algorithms using different transformations of image data are presented, resulting in great reduction of digital image file size for storage, processing and transmission. Some advantages of Discrete Cosine Transform (DCT) and Singular Value Decomposition (SVD) algorithm over Discrete Fourier Transform (DFT) are shown, while some numerical performance measures, like Mean-Square Error (MSE) and Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) are calculated. Numerical results with examples in MATLAB are also provided, showing some advantages of DCT, like better energy compaction capability and also better computational efficiency.

COMPARISON BETWEEN DFT, DCT AND SVD IMAGE COMPRESSION TECHNIQUES FROM THE NUMBER OF TRNASFORMATION COEFFICIENTS POINT OF VIEW

Hana Stefanovic, Svetlana Strbac-Savic, Dejan Milic,
Zorica Nikolic