

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Zavod za elektroničke sustave i obradbu informacija

SHAPE ADAPTIVE DCT

Seminarski rad iz predmeta

Napredne metode digitalne obradbe signala

Krešimir Fijačko 0036415617
Tomislav Krznar 0036407751
Antonela Šipić 0036405393

Zagreb, siječanj 2009.

Sadržaj:

1. DCT - Uvod	3
1.1. Matematički zapis DCT-a.....	3
1.2. Primjer DCT-a.....	4
2. SA – DCT (Shape – Adaptive)	5
2.1. Uklanjanje šuma (color denoising).....	5
2.2. Izoštavanje mutne slike (debluring).....	8
2.3. Uklanjanje blokova na slici (deblocking).....	11
2.4. Uklanjanje šuma na sivoj slici (greyscale denoising)	12
3. Primjena SA – DCT	14
4. Literatura.....	15

1. DCT - Uvod

Dvodimenzionalna separabilna diskretna kosinusna transformacija provedena nad kvadratnim ili pravokutnim blokovima slike opće je poznata i vrlo efikasna transformacijska metoda.

Za slike prirode i pejzaža izvedba DCT-a u korelacijskom smislu slična je optimalnoj Karhunen-Loeve transformaciji, rezultati nisu dovoljno dobri u okolini rubova na slici. Rubovi se, dakle, ne mogu efikasno kodirati i restaurirati, već uočavamo artefakte u njihovoj okolini. Unatoč tome, DCT se uspješno koristi u mnogim aplikacijama za kompresiju i uklanjanje šuma.

1.1. Matematički zapis DCT-a

Po definiciji diskretna kosinusna transformacija je:

$$S(u, v) = \frac{2}{N} C(u) C(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} s(x, y) \cos\left(\frac{\pi u(2x+1)}{2N}\right) \cos\left(\frac{\pi v(2y+1)}{2N}\right)$$

gdje je:

$$C(u) = C(v) = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \text{ako je } u, \text{ tj. } v = 0, \text{ inače je } C(u), \text{ tj. } C(v) = 1.$$

Po definiciji inverzna diskretna kosinusna transformacija je:

$$s(x, y) = \frac{2}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} C(u) C(v) S(u, v) \cos\left(\frac{\pi u(2x+1)}{2N}\right) \cos\left(\frac{\pi v(2y+1)}{2N}\right)$$

Rezultat transformacije je matrica koeficijenata $S(u, v)$ gdje su u i v koordinate u dobivenoj matrici.

$S(0, 0)$ je DC koeficijent i sadrži najviše informacije o slici. Svi preostali koeficijenti su AC komponente transformacije.

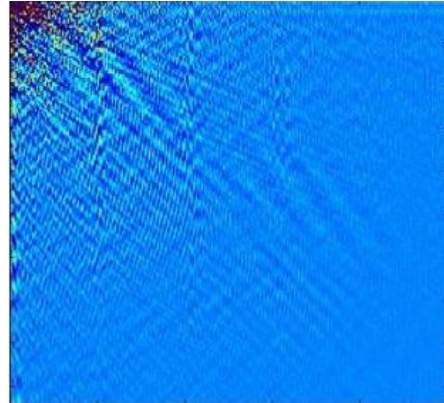
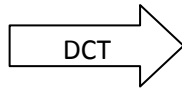
Dobra strana ove transformacije leži u činjenici da možemo zanemariti veliki dio AC koeficijenata (donji desni kut matrice koeficijenata) i nakon restauracije opet imamo zadovoljavajuću sliku. To nam omogućava velik stupanj kompresije.

1.2. Primjer DCT-a

Dajemo primjer DCT-a

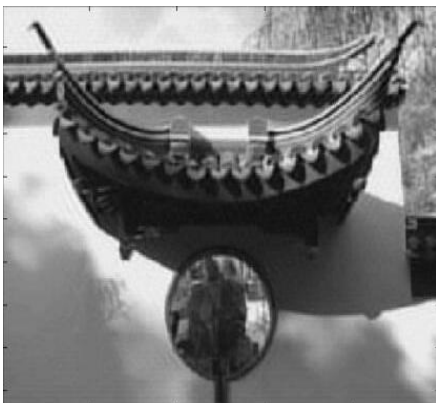


Slika 1 Originalna slika

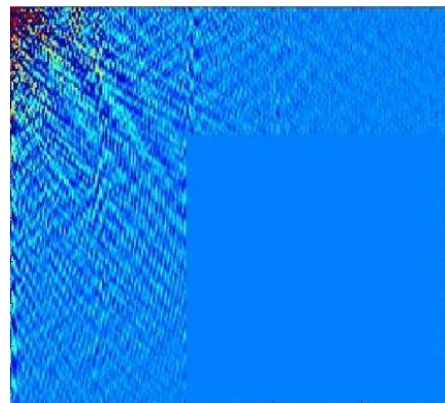
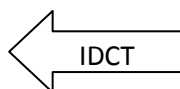


Slika 2 DCT Originalne slike

Odbacimo dio koeficijenata



Slika 3 Restaurirana slika



Slika 4 DCT s odbačenim koeficijentima

2. SA – DCT (Shape – Adaptive)

Artefakti koje vidimo na restauriranoj slici nakon što smo odbacili velik broj koeficijenata DCT transformacije, posljedica su transformacije koja se vrši nad pravokutnim blokovima slike.

Shape – Adaptive DCT omogućava transformaciju nad proizvoljnim oblicima dijelova slike, što za rezultat daje sliku puno bližu originalu. Rubovi su izgladjeni za razliku od običnog DCT-a. Ova metoda se koristi u algoritmima za uklanjanje šuma, izoštravanje slike, uklanjanje artefakata i uklanjanje blokova. (denoising, deblurring, deringing and deblocking)

Obradili smo nekoliko slika, da bi se i sami uvjerali u prednosti i eventualne mane ovakve transformacije.

Koristili smo programski paket MATLAB i gotove skripte za, koje se mogu naći na web stranici [2].

Dajemo prikaz originala, oštećenih slika i rezultata dobivenih SA – DCT transformacijom, za različite primjene.

2.1. Uklanjanje šuma (color denoising)

Isprobali smo 2 verzije transformacije, u prvoj se za estimaciju boje koristi Wienerov filtar, a u drugoj „hard thresholding“.

- Wienerov filtar je sustav koji najbolje izdvaja slučajni signal iz aditivnog šuma uz eventualni vremenski pomak. Sustav se projektira tako da njegov izlaz bude najbolja procjena (estimacija) prošle, sadašnje ili buduće trenutne vrijednosti realizacije slučajnog procesa. "Najbolje" ovdje znači "uz najmanju kvadratnu pogrešku" procjene.
- Algoritam u kojem se postavi fiksni prag usporedbe, i odbacuju se koeficijenti koji su niži od postavljenog praga (postanu 0)

Original image



Slika 5 Originalna slika

Noisy observation



Slika 6 Slika sa šumom

Pointwise SA-DCT Wiener-filter color estimate, PSNR=32.268, ISNR=12.0942



Slika 7 Isfiltrirana slika – SA-DCT koristi Wienerov filtar

Pointwise SA-DCT hard-thresholding color estimate, PSNR=31.8089, ISNR=11.6351



Slika 8 Isfiltrirana slika – SA-DCT koristi „hard thresholding“

Restaurirane slike su puno bolje i zadovoljavajuće slične originalu u odnosu na sliku kojoj je dodan šum.

Radi usporedbe dajemo i brojčane podatke odnosa signal/šum prije i poslije filtriranja.

	SLIKA SA ŠUMOM	SA-DCT (Wienerov filter)
SNR Signal-to-Noise Ratio	16.6424	28.7366
PSNR Peak Signal-to-Noise Ratio	20.1738	32.268
MSE Mean Squared Error	624.7474	38.5731
RMSE Root of Mean Squared Error	24.9949	6.21072
MAE Mean Absolute Error	19.9427	4.32103
MAX Maximum Absolute Difference	143.978	61.3633

Tablica 1 Usporedba pogreški i odnosa signal/šum prije i poslije filtriranja

Vidimo da su vrijednosti značajno bolje za isfiltriranu sliku. Odnos signal/šum je veći, a pogreška manja.

2.2. Izoštavanje mutne slike (debluring)

Filtriranje smo ponovo vršili na 2 načina:

- RI - filtered Regularized Inverse estimate
- RW = filtered regularized Wiener inverse estimate

Korištena je slika kamermana dimenzija 256x256, zamućenje je uniformno, dodan je gaussov bijeli šum (BSNR 40dB, $\sigma^2=0.308$).



Slika 9 Originalna slika



Slika 10 Zamućena slika

RI SA-DCT estimate



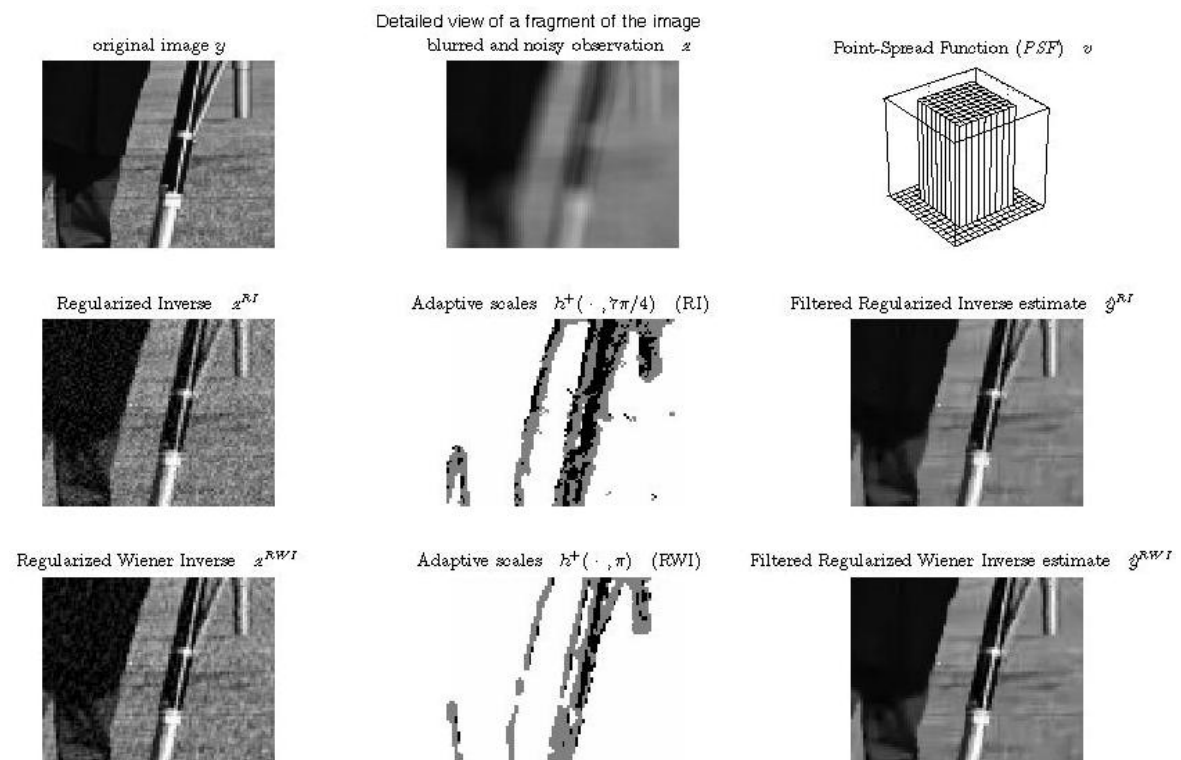
Slika 11 Isfiltrirana slika (RI)

RW SA-DCT estimate

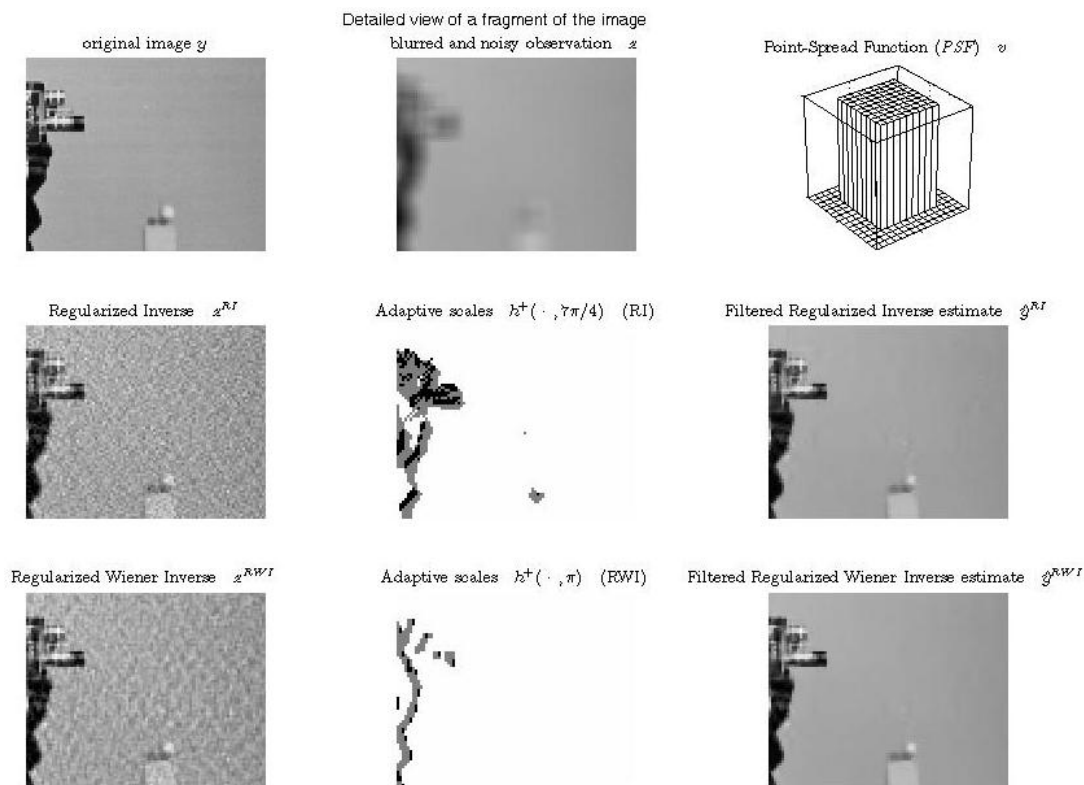


Slika 12 Isfiltrirana slika (RW)

Dajemo i uvećan prikaz dijelova slike.



Slika 13 Uvećan prikaz jednog dijela originalne, zamućene i isfiltriranih slika



Slika 14 Uvećan prikaz jednog dijela originalne, zamućene i isfiltriranih slika

Jasnije vidimo razlike između originala, zamućene slike i isfiltriranih slika. Također se vidi i skaliranje odabranih površina na slici za obje varijante (RI i RW).

Dajemo brojčani prikaz odnosa signal/šum i pogrešaka zamućene slike i transformacija.

	RI SA-DCT	RW SA-DCT
SNR Signal-to-Noise Ratio	23.15578	23.75898
PSNR Peak Signal-to-Noise Ratio	28.73962	29.34282
MSE Mean Squared Error	86.91975	75.64821
RMSE Root of Mean Squared Error	9.323076	8.697598
MAE Mean Absolute Error	5.262208	4.941503
MAX Maximum Absolute Difference	109.4001	104.7265

Tablica 2 Usporedba pogreški i odnosa signal/šum prije i poslije filtriranja

2.3. Uklanjanje blokova na slici (deblocking)

Dajemo prikaz originala, slike s vidljivim blokovima (rezultat smanjenog broja bpp - bits per pixel) i rezultat transformacije.

Original image



Slika 15 Originalna slika



Slika 16 Slika s blokovima



Slika 16 Transformirana slika

	SLIKA S BLOKOVIMA	SA-DCT
PSNR Peak Signal-to-Noise Ratio	26.2465 dB	27.5384 dB

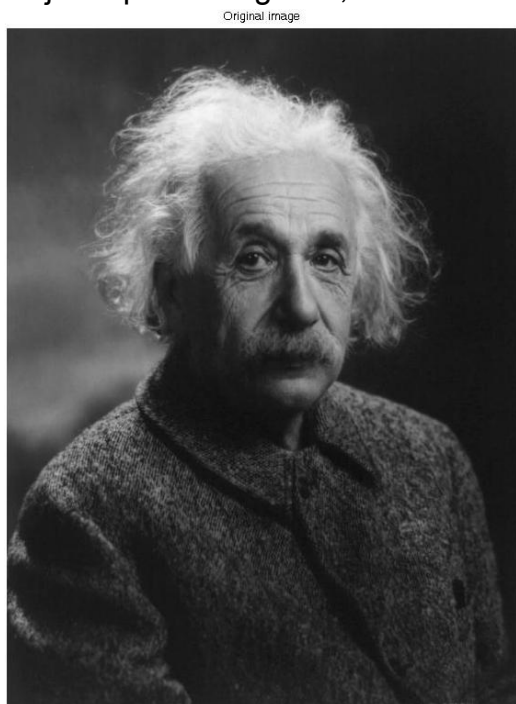
Tablica 3 Vršna vrijednost odnosa signal/šum oštećene i isfiltrirane slike

Prema brojčanim rezultatima ne bismo rekli da je slika filtriranjem previše poboljšana, ali samim promatranjem jasno je koliko je bolja i sličnija originalu u odnosu na „oštećenu“ sliku.

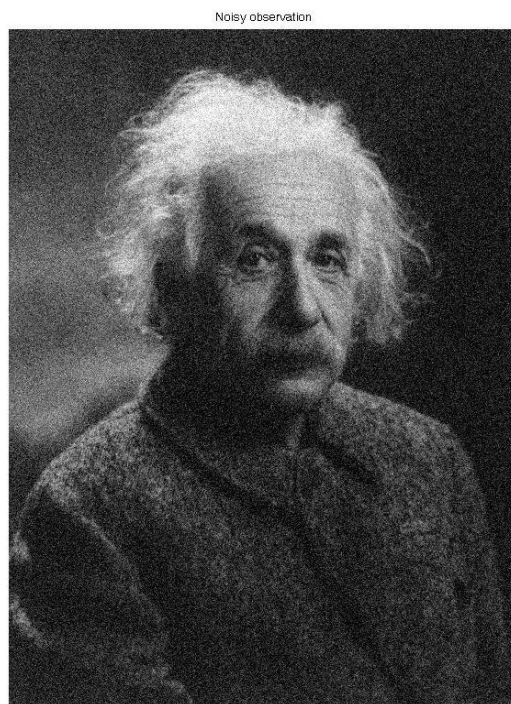
2.4. Uklanjanje šuma na sivoj slici (greyscale denoising)

Ponovno smo koristili dvije varijante transformacije, sa Wienerovim filtriranjem i „hard thresholding“.

Dajemo prikaz originala, slike sa šumom i isfiltriranih slika.

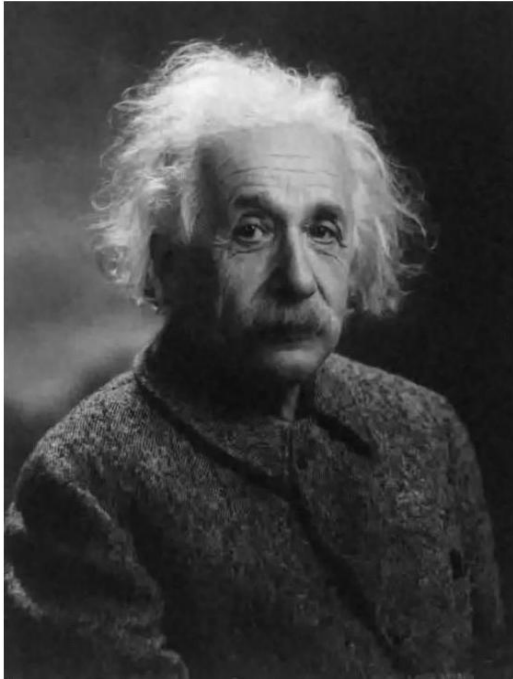


Slika 17 Originalna slika



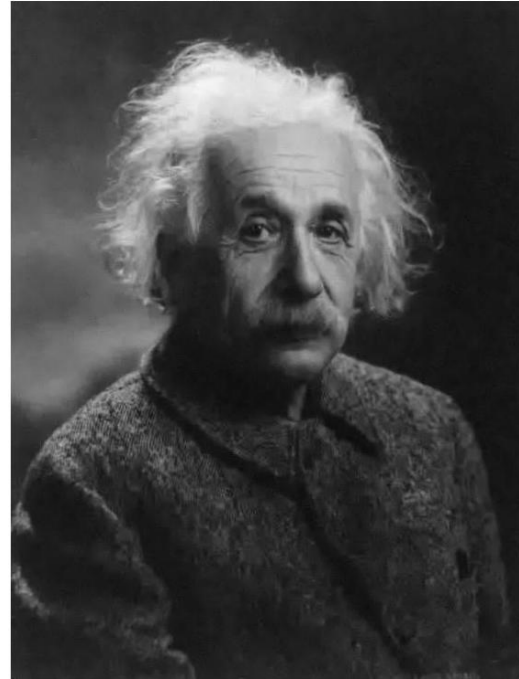
Slika 18 Slika sa šumom

Pointwise SA-DCT Wiener-filter estimate, PSNR = 35.6638 dB, ISNR = 15.4858 dB



Slika 19 Isfiltrirana slika (Wienerov filtar)

Pointwise SA-DCT hard-thresholding estimate, PSNR = 34.9612 dB, ISNR = 14.7332 dB



Slika 20 Isfiltrirana slika („hard threshold“)

	SLIKA SA ŠUMOM	SA-DCT (Wiener)	SA-DCT („hard threshold“)
SNR Signal-to-Noise Ratio	10.1633	25.649	24.9465
PSNR Peak Signal-to-Noise Ratio	20.178	35.6638	34.9612
MSE Mean Squared Error	624.1324	17.6481	20.7471
RMSE Root of Mean Squared Error	24.9826	4.201	4.5549
MAE Mean Absolute Error	19.9298	3.0565	3.3323
MAX Maximum Absolute Difference	138.6269	43.5799	50.2496

Tablica 4 Usporedba pogreški i odnosa signal/šum prije i poslije filtriranja

Rezultati su i više nego zadovoljavajući, što vidimo i samim promatranjem slika i konkretnom usporedbom brojčanih vrijednosti danih u tablici 4.

3. Primjena SA – DCT

Dobre strane Shape – adaptive Diskretne kosinusne transformacije:

- ✓ ima nisku razinu kompleksnosti
- ✓ programski se izvodi kao jednodimenzionalna transformacija, po redovima i po stupcima matrice slike
- ✓ u korelacijskom smislu slična Karhunen-Loeve transformaciji čak i u okolini rubova, za razliku od obične DCT
- ✓ kompatibilna sa DCT
- ✓ dobro sažima energiju slike (velika ušteda)

Zbog svih navedenih prednosti ova transformacija već je uključena u MPEG-4 standard, gdje se koristi za kodiranje segmenata slike.

I mi sami smo se uvjerali izvrsnim rezultatima poboljšanja „oštećenih“ slika primjenom ove transformacije.

4. Literatura

- [1] <http://en.wikipedia.org>
- [2] <http://www.cs.tut.fi/~foi/SA-DCT/>
- [3] http://www.cs.tut.fi/~foi/papers/VPQM2006-SADCT_Color_Denoising.pdf
- [4] <http://www.netekipa.com/divx.asp?dio=dct>
- [5] NMDOS – predavanja
- [6] SPUS – predavanja
- [7] DOSL – predavanja