

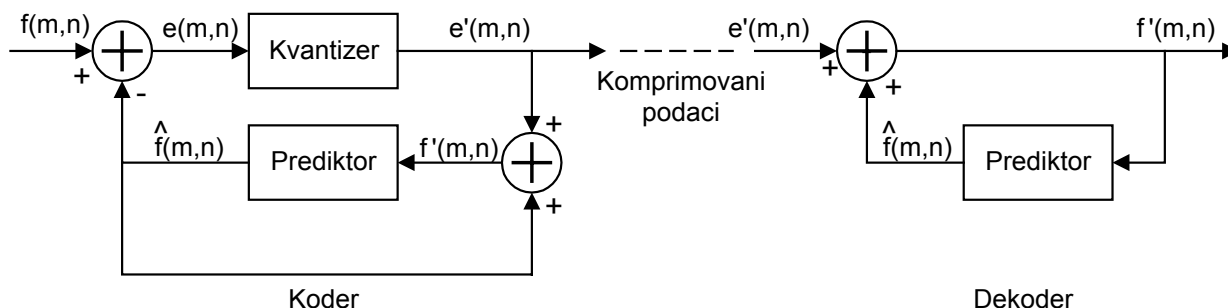
KOMPRESIJA SA GUBICIMA

Prediktivno kodovanje sa gubicima

Ako u blok šemu prediktivnog kodera slike bez gubitaka dodamo kvantizer za kvantovanje greške predikcije, dobićemo osnovnu šemu prediktivnog kodera slike sa gubicima, Slika 110.

Na taj način neizbježno unosimo greške u slici dobivenoj poslije rekonstrukcije. Ovakav način kompresije je pogodniji za slike sa velikim brojem nivoa svjetline.

Prediktivni metod kodovanja slike sa gubicima je rekurzivan, a naziva se diferencijalna impulsna kodna modulacija (Differential Pulse Code Modulation – DPCM).



Slika 110. Blok šema kodera i dekodera za postupak diferencijalne impulsne kodne modulacije (DPCM) slike.

Jednačine kojima je opisan rad prediktivnog kodera slike sa gubicima su:

$$\hat{f}(m,n) = P\{f'(m-i, n-j)\}, \quad i, j \in W$$

$$e(m,n) = f(m,n) - \hat{f}(m,n)$$

$$e'(m,n) = Q[e(m,n)]$$

$$f'(m,n) = e'(m,n) + \hat{f}(m,n)$$

gde je W prozor koji obuhvata piksele iz iste i prethodne linije slike:

	C	B	D	m-1	X = f(m,n)
	A	X		m	
	n-1	n	n+1		

Koriste se sljedeće jednostavne prediktorske formule:

$$\hat{f}(m,n) = \lambda A$$

$$\hat{f}(m,n) = \lambda \frac{A+B}{2}$$

$$\hat{f}(m,n) = \lambda \frac{A+D}{2}$$

$$\hat{f}(m,n) = \lambda \left(\frac{A}{2} + \frac{B+D}{4} \right)$$

$$\hat{f}(m,n) = \lambda (A+B-C)$$

$$\hat{f}(m,n) = \lambda \left(A + \frac{D-C}{2} \right)$$

$$\hat{f}(m,n) = \lambda \left(\frac{3}{4}A + \frac{3}{4}B - \frac{1}{2}C \right)$$

gde je λ koeficijent curenja, $0 < \lambda \leq 1$, kojim je moguće uticati na grešake pri prenosu.

Vidimo da ove prediktorske funkcije predstavljaju kratke FIR filtre sa koeficijentima koji su stepeni broja 2.

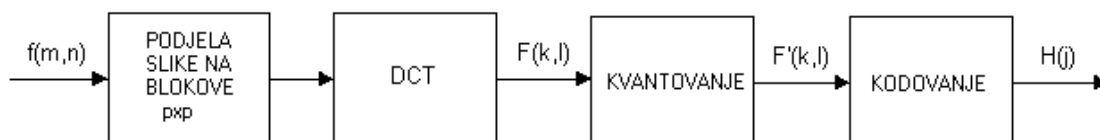
Transformacione tehnike za kompresiju slike

Transformacione tehnike kodovanja spadaju u klasu tehnika kodovanja sa gubicima. Nakon izvršene transformacije energija slike je sadržana u malom broju transformacionih koeficijenata, koje treba kvantovati i kodovati. Princip kodovanja se zasniva na umanjenu uticaja određenih transformacionih koeficijenata. Primjenom transformacionih tehnika se mogu ostvariti znatno bolji rezultati nego prediktivnim tehnikama, ali po cijenu veće računске složenosti algoritama.

Od svih poznatih unitarnih transformacija najbolje rezultate pri kodovanju daje diskretna kosinusna transformacija (DCT). DCT je realna i separabilna transformacija što umanjuje složenost izračunavanja transformacije slike. Moguće je koristiti brze algoritme kojima se broj operacija za računanje transformacije vektora od N elemenata smanjuje sa N^2 na $N \log_2 N$.

Kompresija slike pomoću DCT se realizuje u nekoliko koraka, Slika 111:

1. slika se podijeli na blokove dimenzija $p \times p$;
2. izračuna se DCT transformacija po jedinim blokova;
3. izvrši se kvantovanje DCT koeficijenata;
4. koduju se kvantovani DCT koeficijenti.



Slika 111. Blok šema kompresije slike pomoću diskretne kosinusne transformacije

Zbog velike složenosti izračunavanja DCT cijele slike dimenzija $M \times N$, slika se dijeli na blokove dimenzija $p \times p$. U praksi se najčešće koriste blokovi dimenzija 8×8 , 16×16 i 32×32 piksela. Na taj način se smanjuje potrebna brza memorija za implementaciju transformacije sa $M \times N$ na p^2 i broj operacija sa $MN \log_2 MN$ na $2p^2 \log_2 p$. Za slike dimenzija 512×512 piksela podjelom na blokove od 16×16 piksela, potrebna memorija se smanji 1024 puta, a broj operacija 2.25 puta. Ako se računanje DCT realizuje hardverski ili na višeprosorskim sistemima, moguće je paralelno izračunavanje transformacija više

blokova čime se još više smanjuje vrijeme potrebno za izračunavanje DCT. Međutim, podjela slike na blokove ima i svoje loše strane. Kao prvo, zasebnom kompresijom blokova nije moguće redukovati korelaciju piksela koji pripadaju različitim blokovima, te je stepen kompresije manji nego kada se vrši transformacija cijele slike. Osim toga, podjela slike na blokove izaziva tzv. blokovski efekat, tj. pojavu vidljivih granica između blokova u rekonstruisanoj slici.

Dakle, nakon podjele slike na blokove vrši se diskretna kosinusna transformacija pojedinačnih blokova definisana sa:

$$F[k,l] = \frac{\alpha[k]\alpha[l]}{p} \sum_{m=0}^{p-1} \sum_{n=0}^{p-1} f[m,n] \cos \frac{\pi k(2m+1)}{2p} \cos \frac{\pi l(2n+1)}{2p}, \quad 0 \leq k, l \leq p-1$$

gde su $\alpha[j]$ definisani kao:

$$\alpha[j] = \begin{cases} 1/\sqrt{2}, & j = 0, \\ 1 & 1 \leq j \leq p-1. \end{cases}$$

a p je određeno veličinom blokova i može biti $p = 8, 16$ ili 32 .

Pri računanju DCT koriste se algoritmi za brzo računanje transformacije, a osobina separabilnosti omogućava računanje 2D DCT sukcesivnim 1D transformacijama vrsta i kolona slike, što još više smanjuje broj neophodnih operacija.

Transformacione metode kompresije se zasnivaju na odbacivanju transformacionih koeficijenata čija je vrijednost mala. Na taj način se postiže znatan stepen kompresije, jer se ti koeficijenti niti pamte niti prenose. DCT koeficijenti se kvantuju pomoću kvantizacionih tabela, koje redukuju amplitude koeficijenata koji malo ili nimalo utiču na kvalitet slike, s ciljem da se poveća broj koeficijenata sa nultom vrijednošću:

$$F_q(k,l) = \text{Round} \left[\frac{F(k,l)}{Q(k,l)} \right]$$

Jedna tipična kvantizaciona tabela za blok od 8×8 piksela je data na Slici 112:

8	6	5	8	12	20	26	30
6	6	7	10	13	29	30	28
7	7	8	12	20	29	35	28
7	9	11	15	26	44	40	31
9	11	19	28	34	55	52	39
12	18	28	32	41	52	57	46
25	32	39	44	52	61	60	51
36	46	48	49	56	50	52	50

Slika 112. Tipična kvantizaciona tabela za blok od 8×8 piksela

Uglavnom je potrebno prenositi samo one DCT koeficijente koji se nalaze u gornjem lijevom uglu matrice transformacionih koeficijenata. Međutim, i ti koeficijenti se mogu međusobno razlikovati i za više redova veličine. Da bi se još više povećao stepen kompresije, koristi se nejednak broj bita za njihovo predstavljanje.

Prije kodovanja se od kvantovanih DCT koeficijenata formira jednodimenzionalni niz tako što se vrijednosti DCT koeficijenata očitavaju po cik-cak redosljedu. Ovakav niz je pogodan za entropijsko kodovanje jer se koeficijenti veće vrijednosti nalaze na početku niza. Najčešće se koristi Hafmanovo kodovanje.

Transformacione tehnike kompresije unose nekoliko vrsta degradacija slike: gubitak detalja zbog eliminacije visokofrekventnih DCT koeficijenata, granularnost koja se manifestuje pojavom zrnaste strukture na površinama relativno uniformne osvijetljenosti kao posljedica grube kvantizacije DCT koeficijenata i blokovski efekat pri većim stepenima kompresije.

Ipak, i pored navedenih loših osobina, transformacione tehnike kompresije se mnogo koriste jer se uz prihvatljivi stepen degradacije u rekonstruisanoj slici može postići stepen konverzije u granicama od 4 do 8.

Primjeri rekonstrukcije slike na osnovu malog broja DCT dati su na slikama 113-115.