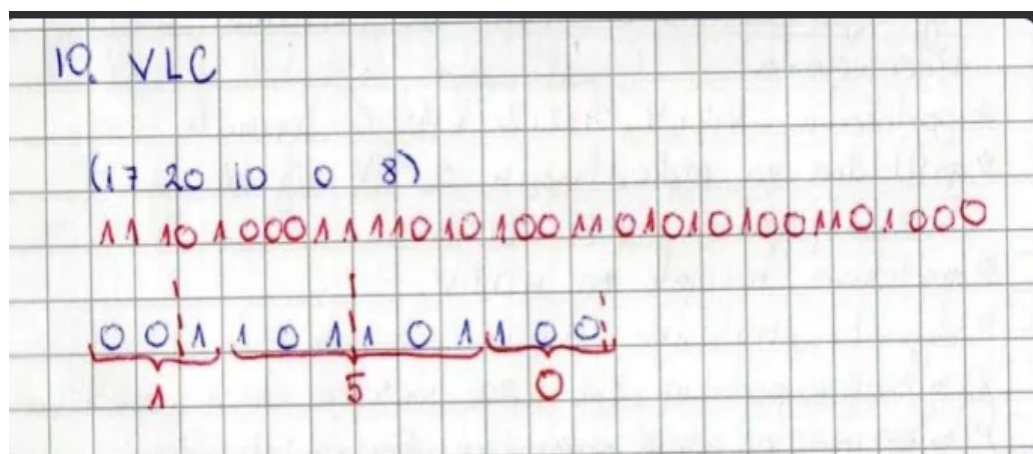


## DIGITALNI VIDEO

### Zadaci:

### VLC:

amplituda	broj bita	VLC kod za broj bita	dodatni kod
0	0	100	
1	1	00	1
2-3	2	01	10-11
4-7	3	101	100-111
8-15	4	110	1000-1111
16-31	5	1110	10000-11111
32-63	6	11110	100000-111111
64-127	7	111110	1000000-1111111
128-255	8	1111110	10000000-11111111



Niz → sekvenca

-svaki broj se kodira – prvo VLC kod onda dodatni (sam broj binarno)

-npr. 17 – VLC 1110, dodatni 10001...

Sekvenca → niz

-iščitaj VLC kod pa dodatni iz tablice

### Entropija:

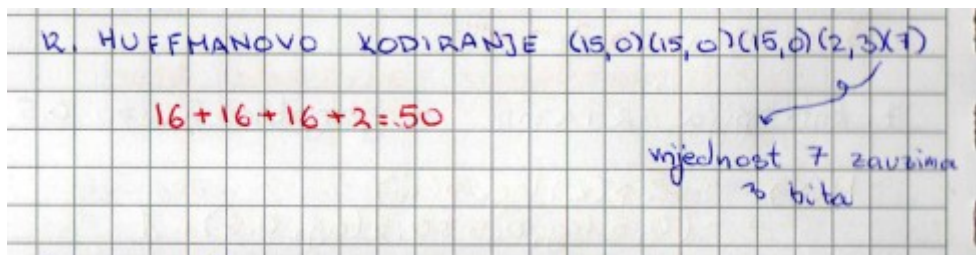
7. Entropija 2 razine s vjerojatnošću po 0.5

$$H(x) = - \sum p(x_i) \log_2 p(x_i)$$
$$= - (0.5 \log_2 0.5 + 0.5 \log_2 0.5) = 1$$

$$H(x) = - \sum_x P(x) \cdot \log P(x)$$

$$= \sum_x P(x) \cdot \log \left( \frac{1}{P(x)} \right)$$

## Huffmanovo kodiranje u JPEG-u:



-koliko nula ima?

- Svaki AC koeficijent kodira se s dva simbola:
  1. Prvi simbol:
    - (RUNLENGTH, SIZE)
    - RUNLENGTH: Broj uzastopnih nula prije nenultog AC koeficijenta.
    - SIZE: Broj bita potreban za kodiranje amplitude nenultog AC koeficijenta.
    - Npr. (2, 3) – dvije nule, a nakon toga tri bita za kodiranje drugog simbola (gledam binarno, tu je 7 - 111)
    - Za niz nula duži od 15 koristi se simbol (15, 0) koji označava 16 nula.
  2. Drugi simbol:
    - AMPLITUDE: Kodira vrijednost amplitude nenultog AC koeficijenta

## Odnos signal/šum u postupku digitalizacije videosignala:

24.  $\frac{S}{N} = 20 \log \frac{\text{vršna vrijednost napona signala}}{\text{efektivna vrijednost napona šuma}}$

$= 20 \log \frac{(2^n - 1)Q}{Q \sqrt{12}} \approx 20 \log (2^n / \sqrt{12})$

– omjer vršne snage signala i efektivne snage šuma (PSNR, Peak Signal-to-Noise Ratio)

$$PSNR = 10 \log \frac{(2^n - 1)^2}{MSE}$$

## Mean squared error blok:

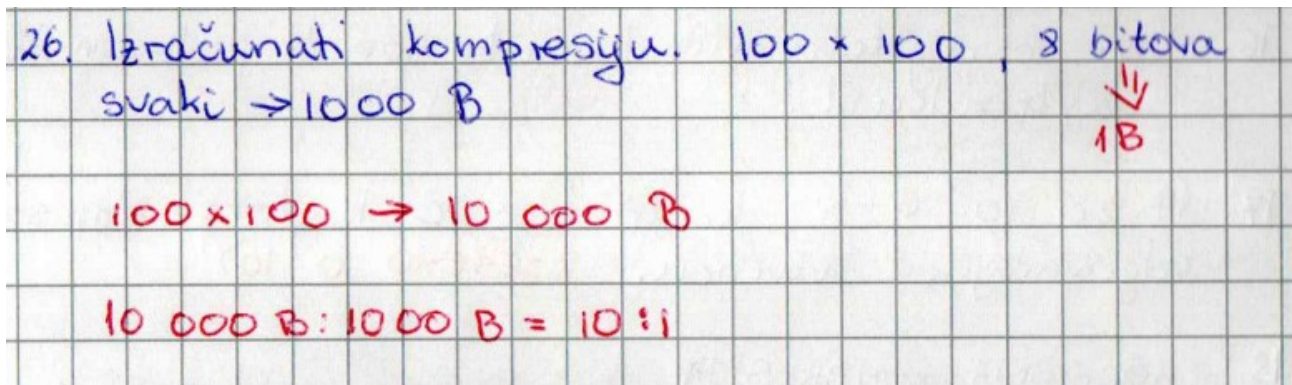
→  $N^2$  je broj elemenata

5. MSE blok  $\begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} DCT \begin{bmatrix} 5 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 5 \end{bmatrix}$

$MSE = \frac{1}{N^2} \sum_{i=0}^1 (x_i - x'_i)^2 = \frac{1}{2^2} [(1-5)^2 + (1-3)^2 + (1-3)^2 + (1-5)^2]$

$= 10$

Izvorna monokromatska slika veličine 100x100 elemenata slike (piksela) kodirana je s 8 bita po uzorku (8 bpp). Nakon kompresije, slika na disku ima veličinu 1000 bajta. Postignuti stupanj kompresije iznosi:



### Kompresija:

- monokromatska slika veličine 300x400 (8 bitova po pikselu):  
 $400 \times 300 \times 8 = 960 \text{ kbit (120 kB)}$
- slika u boji veličine 720x576 (za svaku boju po 8 bitova, zato 24):  
 $720 \times 576 \times 24 = 9,95 \text{ Mbit (1,24 MB)}$
- televizija 1920x1152 (25 frameova u sekundi):  
 $1920 \times 1152 \times 24 \times 25 = 1,327 \text{ Gbit/s}$

### Izračunati istosmjerni koeficijent DCT, amplituda 10, blok 8x8:

dosta je štur taj dokument, ali ak se misli na sliku koja je takva da je amplituda svugdje 10, to znači da će AC komponente sve biti nula, a sva informacija sadržana u DC komponenti. DC komponenta ti je jedna osmina zbroja svih amplituda u bloku, odnosno  $10 \times 64 / 8 = 80$  (edited)

$$DC = F(0,0) = \frac{1}{8} \cdot \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x,y),$$

### Brzine prijenosa kod digitalizacije komponentnog signala:

$n$  - broj bita po uzorku signala

$R$  - brzina prijenosa ( $R = f_s \cdot n$ )

-npr. 4:4:4 format:

$$f_s = 13,5 \quad n = 8$$

$$R = 13,5 \times 8 \times 3 = 324 \text{ Mbit/s}$$

→ puta 3 zato što računam za svaku komponentu posebno pa zbrajam

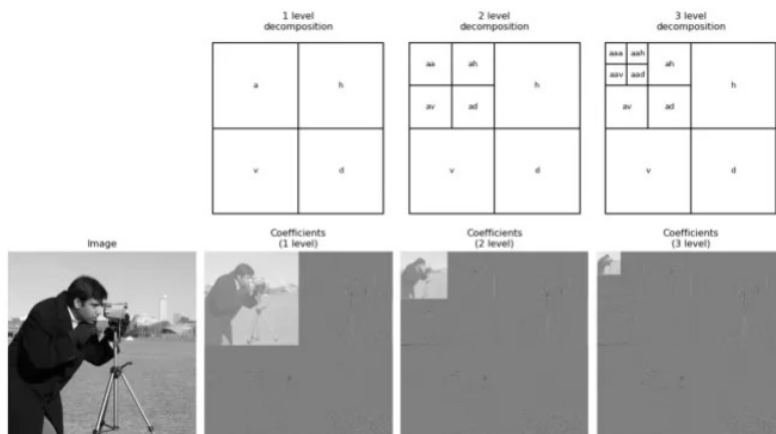
### Kodiranje duljine niza

-niz podataka istih vrijednosti zamjenjuje se "brojačem", a iza "brojača" slijedi vrijednost podatka koji se ponavljao – mora biti dovoljan broj ponavljanja da se isplati

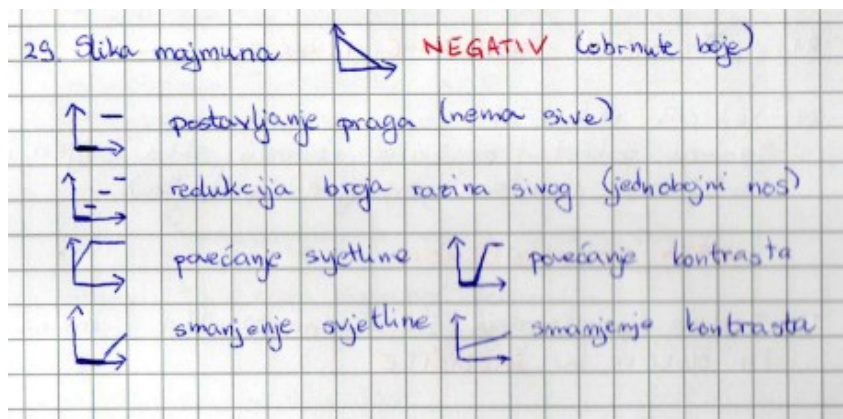
-npr. a,a,a,a,e,e,e,e,i,i,o,o,o,u,u,u,u,u,u → 4,a,5,e,2,i,3,o,6,u



## Teorija:



- **Broj kompozicija** je broj slika na dijagonali umanjen za 1



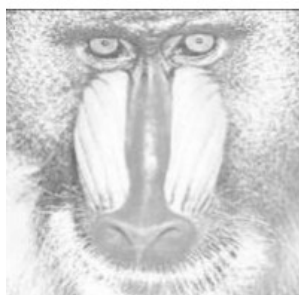
*negativ*



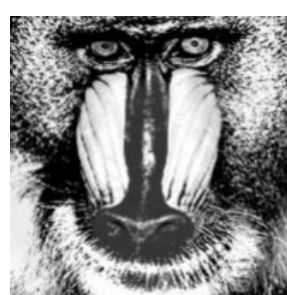
*postavljanje praga*



*redukcija broja razina sivog*



*povećanje/smanjenje svjetline*



*povećanje/smanjenje kontrasta*



1. Na koje prostorne frekvencije je ljudski vizualni sustav osjetljiviji? **NISKE**

2. OPTIMALNA TRANSFORMACIJA (KLT)

- potpuno uklanja korelaciju između uzoraka
- daje minimalnu pogrešku rekonstrukcije
- složeno proračunavanje → samo teorijski značaj

**NIJE TOČNO: KOEF. TRANSFORMACIJE SU STATISTIČKI OVISNI**

DISKRETNA KOSINUSNA TRANSFORMACIJA (DCT)

- najbliže optimalnoj transformaciji
- brzi algoritmi za proračunavanje
- temelj norme za kodiranje slika i videosignala

8. Kolika kompresija se ostvaruje upotrebom DCT-a? **NEMA KOMPRESIJE**

9. Što se događa sa složnošću izračuna povećavanjem broja dekompozicija? **POVEĆAVA SE**

14. Koje svojstvo neće negativno utjecati na raspoznavanje lica? **BOJA OČIJU**

15. Sustav za raspoznavanje lica. Točnost na 1. rangu iznosi 85%. Što to znači?  
**SUSTAV ĆE NA PRVOM MJESTU PO SLIČNOSTI TOČNO RASPOZNATI 85%.**

16. Koji se digitalni videoformat koristi profesionalno i za broadcast?

Betacam / Betacam SP (Sony 1982. / 1986.)

27. Zašto se prenosi luminantna komponenta?

- određuje svjetlosnu razinu
- bolja kompresija (prilagodba razlučivosti)
- ljudski vid osjetljiviji na svjetlost nego boju



19. Koja tvrdnja nije točna? **MOŠ**
20. Koje je temeljno ograničenje DCT sustava?  
**POJAVA VIDLJIVOSTI RUBA BLOKOVA U SLICI**
21. KLT **NEMA KOSINUSNE FUNKCIJE**
22. VEKTOR POKRETA  
⇒ pomak pokretnih objekata između slika (smjer i udaljenost pomaka odgovarajućih područja)  
**NIŠTA OD NAVEDENOG**
23. Tablice kvantiziranja za luminanтни blok i krominanтни blokove su **RAZLIČITE**

Slika sučelja:



DVI ⇌ VGA



DVI ⇌ HDMI



SDI kabel s konektorom

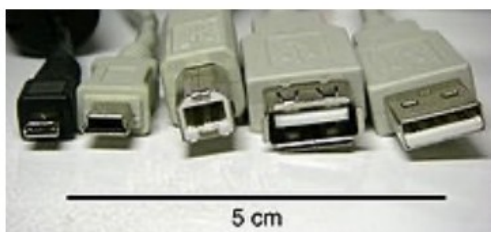
DVI



HDMI



DisplayPort



USB



IEEE

**Pitanja iz prošlogodišnjeg ispita:**

**1. Na čemu se temelji JPEG?**

JPEG se temelji na diskretnoj kosinusnoj transformaciji (DCT), koja omogućava učinkovitu kompresiju eliminacijom redundantnih informacija u slikovnim podacima

**2. H.264/AVC i H.265/HEVC ostvaruju...?**

Ovi standardi ostvaruju kompresiju videosignala, smanjujući potrebnu širinu pojasa za prijenos i veličinu za pohranu videosadržaja uz očuvanje visoke kvalitete slike

**3. Koja je optimalna transformacija?**

Optimalna transformacija je Karhunen-Loèveova transformacija (KLT), koja pruža maksimalno uklanjanje redundantnosti između uzoraka

**4. Što je vektor pokreta?**

Vektor pokreta predstavlja pomak između odgovarajućih elemenata slike u susjednim okvirima videozapisa, korišten za predikciju i smanjenje redundancije u kompresiji

**5. Zašto je ljudsko oko osjetljivije na luminantnu komponentu?**

Zbog većeg broja štapića u mrežnici oka, koji su osjetljiviji na svjetlinu (luminanciju), dok čunjići više reagiraju na boje

**6. Koja je mana DCT-a?**

Glavna mana DCT-a je pojava vidljivih rubova između blokova kod visoke kompresije, što se naziva "blokovski efekt"

**7. Koliki je  $E'_Y$  za bijelu boju?**

Za bijelu boju  $E'_Y$  je 1, što znači da je luminancija na maksimalnoj razini

**8. Što je na x i y osi vektorskog prikaza krominantnih signala?**

Odgovor: Na x-osi nalazi se  $E'_B - E'_Y$ , a na y-osi  $E'_R - E'_Y$

**Pitanja otvorenog odgovora**

**1. Objasni kodiranje s nadomještanjem pokreta.**

Kodiranje s nadomještanjem pokreta temelji se na analizi uzastopnih okvira videozapisa, gdje se za svaki blok izračunava vektor pokreta. Taj vektor pokazuje pomak bloka u odnosu na prethodni okvir, a razlika (rezidual) se dodatno komprimira. To značajno smanjuje količinu podataka jer koristi sličnosti između okvira

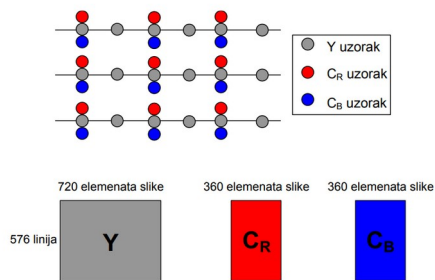
**2. Razlika između JPEG-a i MPEG-a.**

JPEG je standard za kompresiju statičnih slika, dok MPEG obuhvaća kompresiju videozapisa, uključujući dinamičke informacije kroz vremenske dimenzije (kao što su nadomještanje pokreta i ključni okviri)

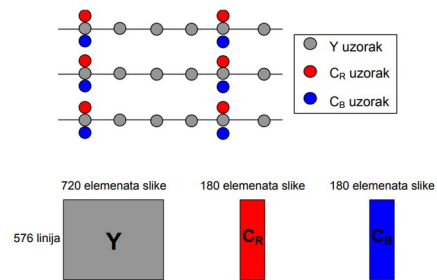
**3. Skiciraj luminantnu i kromatsku komponentu za formate 4:4:4, 4:2:2 i 4:1:1.**

U formatu 4:4:4 (Y:), luminantne (Y) i kromatske komponente(boje) imaju jednaku prostornu rezoluciju (jednak broj elemenata slike). U 4:2:2, kromatske komponente imaju polovinu horizontalne rezolucije u odnosu na luminantnu. U 4:1:1, horizontalna rezolucija kromatskih komponenti je četvrtina one luminantne

#### Struktura uzorkovanja u 4:2:2 formatu



#### Struktura uzorkovanja u 4:1:1 formatu



#### 4. Razlika između BT.601, BT.709 i BT.2020.

BT.601, BT.709 i BT.2020 razlikuju se prema ciljanim razlučivostima koje podržavaju: BT.601 je namijenjen za SDTV, BT.709 za HDTV, a BT.2020 za UHD TV. U spektru boja, BT.601 ima užu raspon, BT.709 ga proširuje za HD sadržaje, dok BT.2020 uvodi još širi spektar boja (WCG) za realističniji prikaz. Također, BT.2020 podržava veće dubine boja (10-bitne i 12-bitne) te visok dinamički raspon (HDR), što omogućava superiornu kvalitetu slike u odnosu na prethodne standarde.

#### 5. Nabroji nekoliko modernih medija za pohranu (tapeless).

Moderni mediji za pohranu uključuju SSD, SD kartice, Blu-ray diskove, USB memorije i mrežna pohrana (NAS ili cloud)

#### 6. Što je standardni promatrač?

Standardni promatrač je neizravna veza između svjetlosti kao podražaja i doživljaja viđenog. Rezultat je ispitivanja ljudskog vizualnog sustava na velikom broju ljudi, gdje su prosječne vrijednosti utvrđene kao standard reakcije na svjetlosne podražaje.



### Pitanja na zaokruživanje:

Za bijelu prugu u ispitnom signalu kromatske pruge ("Color-Bar") signali  $E'_R - E'_Y$  i  $E'_B - E'_Y$  iznose:

$$E'_R - E'_Y = 0$$

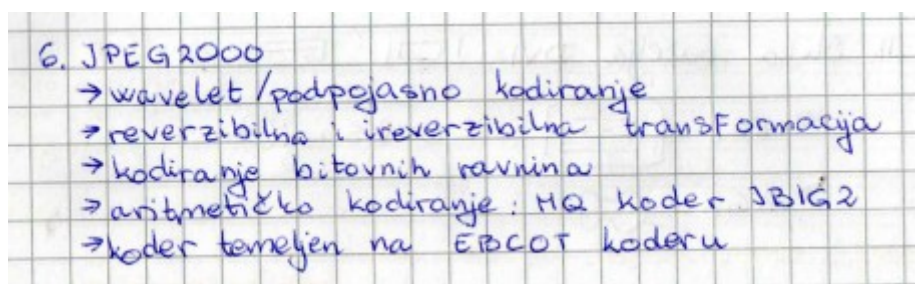
$$E'_B - E'_Y = 0$$

### *Sustavi kromatske televizije*

- zbog potrebne širine kanala signali se prenose kao razlike (potrebna je četiri puta manja širina zato što su razlike općenito manje nego apsolutne vrijednosti boja pa je prijenos učinkovitiji)
- $E'_Y$ ,  $(E'_R - E'_Y)$  i  $(E'_B - E'_Y)$ .
- $E'_Y = 0.3 \cdot E'_R + 0.59 \cdot E'_G + 0.11 \cdot E'_B$

Boja	$E'_R$	$E'_G$	$E'_B$	$E'_Y$	$E'_R - E'_Y$	$E'_B - E'_Y$	$E'_B - E'_Y$
Bijela	1	1	1	1	0	0	0
Žuta	1	1	0	0.89	0.11	-0.89	0.11
Cijan	0	1	1	0.70	-0.70	0.30	0.30
Zelena	0	1	0	0.59	-0.59	-0.59	0.41
Purpurna	1	0	1	0.41	0.59	0.59	-0.41
Crvena	1	0	0	0.30	0.70	-0.30	-0.30
Plava	0	0	1	0.11	-0.11	0.89	-0.11
Crna	0	0	0	0	0	0	0

JPEG2000 norma temelji se na primjeni **diskretne wavelet transformacije (DWT)**



6. JPEG2000
→ wavelet / podpoglasno kodiranje
→ reverzibilna i ireverzibilna transformacija
→ kodiranje bitovnih ravnina
→ aritmetičko kodiranje: MQ koder JBIG2
→ koder temeljen na EBCOT koderu

Koder koristi vektor pokreta za **pomak elemenata slike prethodne slike i dobivanje tzv. predviđene slike prije nego što je oduzme od trenutno procesirane slike**

Signal  $E'_Y$  se u sustavima televizije u boji formira radi: **kompatibilnosti s akromatskom televizijom**

Kod ekscerne kompresije videozapisa koristi se za komprimiranje: **uz redundaciju odbacuje i dio entropije**



Za tv sustav koji koristi analiziranje s proredom na slici dolje prilazan je monogram jedne linije:

- parametri 625/50 (Europa) i 525/59,94 (SAD) televizijskih sustava:

Parametar sustava	625/50	525/59,94
Broj linija po slici	625	525
Frekvencija izmjene slika [Hz]	25	29,97
Frekvencija izmjene poluslika [Hz]	50	59,94
Broj linija po poluslici	312 ½	262 ½
Širina pojasa videosignala [MHz]	5	4,2
Trajanje linije - $T_H$ [ $\mu$ s]	64	63,5566
Frekvencija izmjene linija [Hz]	15625	15734,264
Trajanje horizontalnog potisnog intervala - $T_{HP}$ [ $\mu$ s]	12	10,7+11,1
Trajanje horiz. sinkronizacijskog impulsa - $T_{HS}$ [ $\mu$ s]	4,5+4,9	4,6+4,8
Trajanje poluslike - $T_V$ [ms]	20	16,683

### **Dodatna teorija s githuba:**

#### **Što je boja?**

Nije svojstvo fizičkog svijeta već je psihički doživljaj izazvan fizikalnim uzrokom koji ovisi o fiziološkim procesima u organizmu i različitim psihološkim faktorima.

#### **Objasnite psihofizičke i njima pripadne psihološke veličine koje određuju boju.**

Psihofizičke veličine su dominantna valna duljina, čistoća pobude, luminancija Psihološke veličine boje: ton boje, zasićenje, svjetlina

#### **Preko koje komponente se najčešće izračunava vektor pomaka, R,G,B,Y,U ili V?**

Najčešće, vektor pomaka računa se za luminantnu (Y) komponentu.

#### **Što označava MC i ME kod MPEG kodera?**

ME (PROCJENA POKRETA) - dio procesa nadomještanja pokreta predviđanjem u kojem se određuju vektori pokreta

MC (NADOMJEŠTANJE POKRETA) – koristi vektore pokreta dobivene u procesu EC, za dobivanje trenutne slike.

#### **Objasnite temeljne elemente postupka kodiranja unutar slike.**

Intraframe coding – slika se obrađuje neovisno o ostalim slikama u slijedu slika, a uklanja se prostorna i statistička redundancija – najčešće se rabi transformacijsko kodiranje

#### **Objasnite temeljne elemente postupka kodiranja između slika.**

Interframe coding – kodira se razlika slika i uklanja vremenska redundancija – do dekodera se prenosi slika A i slika  $C=(A-B)$  Razlika između uzastopnih slika se smanjuje postupkom predviđanja i nadomještanja pokreta (motion compensation).

**Prostorna redundancija** – javlja se kao posljedica postojanja korelacije (međuvisnosti ili sličnosti) između elemenata slike u pojedinoj slici

**Vremenska redundancija** – javlja se kao posljedica postojanja korelacije između uzastopnih slika u videosignalu

#### **Kako je definirana horizontalna, a kako vertikalna rezolucija te čime su one ograničene u TV sustavu?**

Horizontalna rezolucija – broj crnih i bijelih vertikalnih linija koje se uzastopno izmjenjuju po širini slike (W) pri čemu širina slike na kojoj se mjeri rezolucija mora biti jednaka visini slike. Vertikalna rezolucija – broj crnih i bijelih horizontalnih linija koje se uzastopno izmjenjuju po visini slike, a mogu biti međusobno razlikovane od strane ljudskog vizualnog sustava

#### **Objasnite kako se u CIE dijagramu kromatičnosti određuje vrsta i zasićenje boje.**

VRSTA: povučemo polupravac od točke referentnog bijelog (E) kroz nepoznatu boju (C) i na mjestu gdje polupravac siječe spektralnu krivulju očitavamo valnu duljinu  $\lambda_C$  pa time i vrstu boje  $C_{\lambda}$

ZASIĆENJE: ovisi o duljini dužine EC ,što je ta duljina veća, to je i zasićenje veće

#### **Objasnite razliku između aditivnog i suptraktivnog miješanja boja te kako su definirani CIE primari.**

Aditivno miješanje: miješanje obojenih svjetlosti – miješanjem primarnih boja mogu se postići sve ostale boje iz spektra bijele svjetlosti, ali i ostale boje kojih nema u spektru Suptraktivno miješanje: miješanje obojenih pigmenata CIE primari: temeljni uvjet za odabir sustava triju primarnih boja je da zbroj dva primara ne daje treći primar – kao primarne boje odabrane su: crvena ( $\lambda_R = 700 \text{ nm}$ ), zelena ( $\lambda_G = 546,1 \text{ nm}$ ) i plava ( $\lambda_B = 435,8 \text{ nm}$ )