

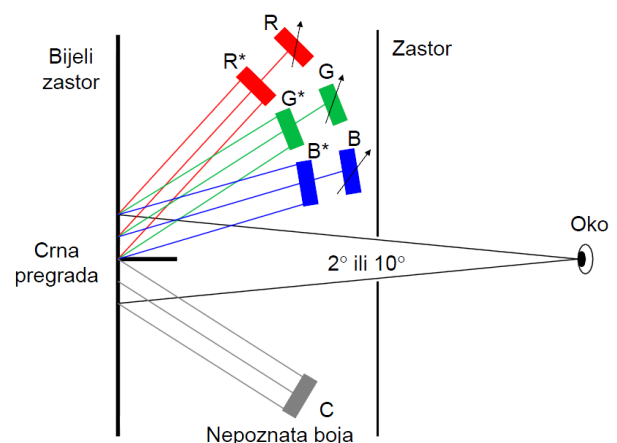
10. Objasnite razliku između aditivnog i suptraktivnog miješanja boja te kako su definirani CIE primari.

- 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 (R, *Red*), zelena (G, *Green*) i plava (B, *Blue*)
- primarne boje definirane su valnom duljinom svjetlosti koja se dobije iz točno definiranog izvora svjetlosti uz primjenu odgovarajućeg filtra
 - $\lambda_R = 700 \text{ nm}$
 - $\lambda_G = 546,1 \text{ nm}$
 - $\lambda_B = 435,8 \text{ nm}$
- CIE primari se rabe kolorimetriji (mjeranju boja)
 - boje se proizvode aditivnim miješanjem tri primarne boje (R, G i B)
- aditivno miješanje boja - miješanje obojenih svjetlosti
 - miješanjem primarnih boja mogu se postići sve ostale boje iz spektra bijele svjetlosti, ali i ostale boje kojih nema u spektru
- aditivno miješanje boja
 - na mjestima gdje se primarne boje preklapaju oko doživljava fiktivnu boju koje nema u izvorima svjetlosti
 - R+G=žuta
 - R+B=purpurna
 - B+G=cijan
 - R+G+B=bijela
 - komplementarne boje
 - par boja čije aditivno miješanje daje bijelu boju
 - R+cijan=bijela
 - G+purpurna=bijela
 - B+žuta=bijela
 - stvaranje slike u boji u uređajima za prikazivanje slike temelji se aditivnom miješanju boja
- suptraktivno miješanje boja
 - miješanje obojenih pigmenata
 - koristi se u slikarstvu
 - primarne boje su: cijan, purpurna i žuta
 - cijan+žuta=G
 - cijan+purpurna=B
 - purpurna+žuta=R
 - miješanjem triju suptraktivnih primara nastaje crno obojena površina

11. Opišite eksperiment s tropodražajnim kolorimetrom te navedite što se njime određuje.

tropodražajni kolorimetar (aditivni kolorimetar)

- uređaj pomoću kojeg se provodi uspoređivanje i izjednačenje boja
- nepoznata boja (C) se uspoređuje s bojom koja nastaje miješanjem triju primarnih boja (R, G i B)
- količine svake od triju primarnih boja se mogu podešavati kako bi se postiglo izjednačenje s nepoznatom bojom
- na taj način se određuje količina primarnih boja u nepoznatoj boji



12. Navedite nedostatke RGB sustava za prikaz boja.

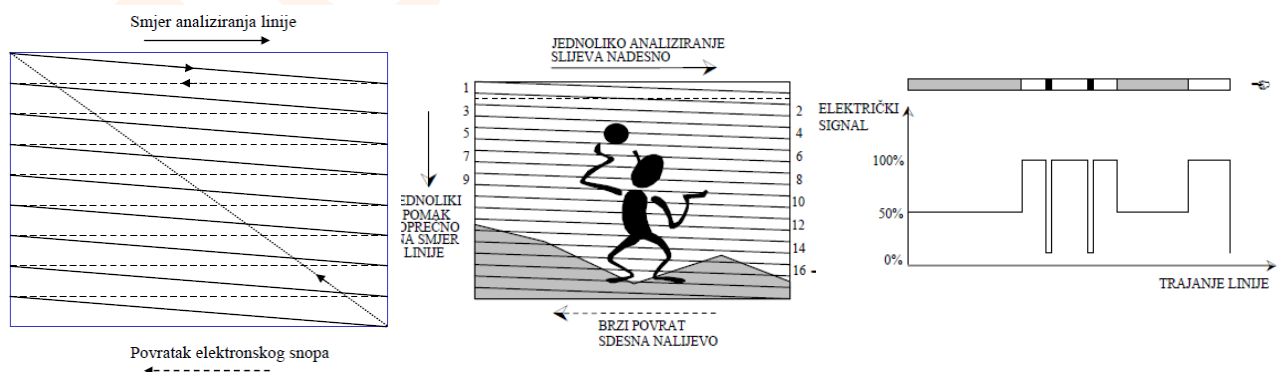
- loša strana RGB sustava za prikaz boja je ta da kromatske koordinate r , g i b imaju negativne vrijednosti, što proračune čini složenima
 - spektralna krivulja izlazi izvan trokuta boja
 - vrhovi trokuta boja određeni su jediničnim količinama primarnih boja (R^* , G^* , B^*)
 - boje koje se nalaze unutar trokuta boja mogu se prikazati pozitivnim količinama primara

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

- za nepoznatu boju C u potkovičastom dijagramu očitavaju se slijedeće vrijednosti:
 - **VRSTA (TON) BOJE**
 - određuje se tako da povučemo polupravac od točke referentnog bijelog (E) kroz nepoznatu boju (C)
 - na mjestu gdje polupravac siječe spektralnu krivulju očitavamo valnu duljinu λ_C pa time i vrstu boje C_λ
 - **ZASIĆENJE BOJE**
 - ovisi o duljini dužine EC
 - što je ta duljina veća, to je i zasićenje veće, odnosno, što je nepoznata

14. Objasnite način analiziranja slike u kamerama s analizirajućom cijevi.

- način analiziranja u kamerama s analizirajućim cijevima
 - analizirajući snop kreće se preko slike slijeva nadesno, a zatim se vraća na početak i započinje analiziranje iduće linije
 - proces analiziranja po linijama se nastavlja do kraja slike, kada se analizirajući snop vraća prema gore i započinje analiziranje nove slike
 - brzina analiziranja mora biti dovoljno visoka kako bi se cijela slika analizirala prije promjene njezina sadržaja
 - analiziranjem slike slijeva nadesno nastaje aktivni dio videosignala jedne linije (vidljiv na ekranu)
 - visokoj razini svjetlosnih jakosti (bijeli i svijetli dijelovi slike) odgovara veća amplituda električkog signala
 - niskoj razini svjetlosnih jakosti (crni dijelovi slike) odgovara manja amplituda videosignala
 - povratak elektronskog snopa s kraja jedne na početak iduće linije ne smije biti vidljiv i događa se za vrijeme horizontalnog potisnog intervala (HPI)

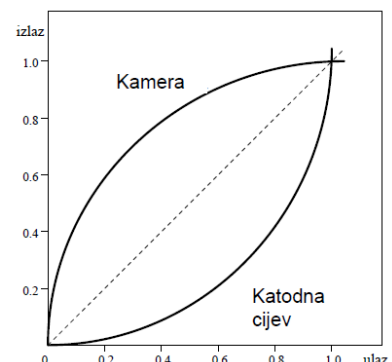
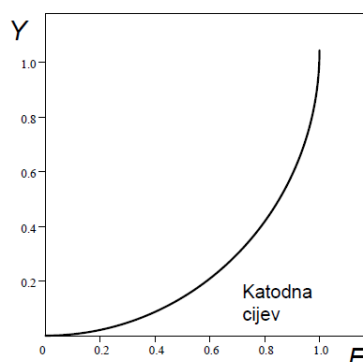
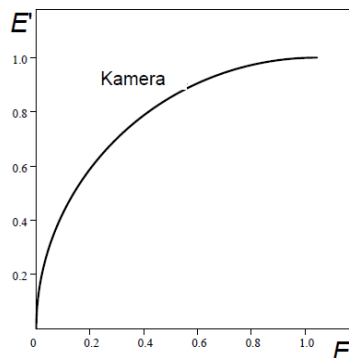


15. Čemu služi horizontalni i vertikalni potisni interval?

- horizontalni potisni interval
 - dodaje se nakon aktivnog dijela linije
- osigurava potiskivanje elektronskog snopa u analizirajućoj cijevi i katodnoj cijevi za vrijeme horizontalnog povratka elektronskog snopa s kraja jedne na početak iduće linije
 - unutar HPI nalaze se horizontalni sinkronizacijski impulsi (HSI)
- razina sinkronizacijskih impulsa je u području "crnjem od crnog" (ne vide se na ekranu)
- omogućavaju sinkronizaciju odašiljačke i prijamne strane
- vertikalni potisni interval (VPI)
 - dodaje se nakon završetka analiziranja cijele slike
- osigurava potiskivanje elektronskog snopa za vrijeme vertikalnog povratka (TVP) s kraja jedne na početak iduće slike
 - unutar VPI nalaze se vertikalni sinkronizacijski impulsi (VSI)
- omogućavaju sinkronizaciju odašiljačke i prijamne strane

16. Zašto i gdje se provodi gama-korekcija?

- nelinearni odnos između napona E , koji se privodi katodnoj cijevi i luminancije slike Y može prikazati kao: $Y=k(E)^\gamma$
 - faktor γ (gama-faktor) iskazuje stupanj nelinearnosti koja se pojavljuje pri pretvorbi videosignala u svjetlost
- propisana vrijednost gama-faktora televizijskih prijamnika iznosi europskim TV sustavima $\gamma = 2,8$, a u američkom sustavu $\gamma = 2,2$
 - krivulja CRT televizora:
- $Y=kE^{2,8}$ (Europa)
- $Y=kE^{2,2}$ (Amerika)
- gama-korekcija ne provodi se u televizorima
 - neekonomično rješenje (svaki TV prijamnik bi morao sadržavati složeno nelinearno pojačalo)
- gama-korekcija se provodi u kamerama
 - videosignal nastao u kameri (E), propušta se preko nelinearnog pojačala i nastaje signal E'
 - pojačalo ima recipročnu karakteristiku karakteristici katodne cijevi
 - gama-faktor tog pojačala iznosi
- $1/2,8=0,3571$ (Europa)
- $1/2,2=0,4545$ (Amerika)
- provedbom gama-korekcije u kameri poništava se nelinearnost katodne cijevi
- ukupna prijenosna karakteristika je linearna
- u akromatskim kamerama gamakorekcija se provodi na luminantnom signalu
 - $Y \rightarrow EY \quad 1/\gamma = E'Y; (E'Y)^\gamma \rightarrow Y$
- u kamerama u boji gama-korekcija se provodi na signalima primarnih boja
 - $R \rightarrow ER \quad 1/\gamma = E'R; (E'R)^\gamma \rightarrow R$
 - $G \rightarrow EG \quad 1/\gamma = E'G; (E'G)^\gamma \rightarrow G$
 - $B \rightarrow EB \quad 1/\gamma = E'B; (E'B)^\gamma \rightarrow B$



17. Navedite uvjete koje je potrebno ispuniti prilikom određivanja broja linija L za analiziranje slike u TV sustavima.

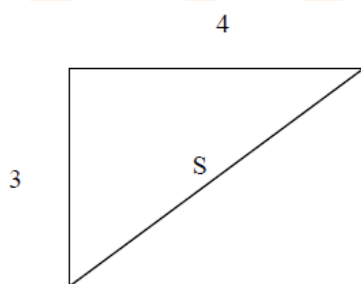
- prilikom određivanja broja linija za analiziranje slike (L), broj linija se određuje na temelju dva uvjeta
 - L treba biti dovoljno velik da se ne vidi linijska struktura (tj. da se slika doživljava kao cjelina)
 - L ne treba biti prevelik kako se ne bi prenosili detalji koje ljudsko oko ne vidi
- u postupku određivanja potrebnog broja linija u sustavu treba definirati uvjete promatranja kao što su rasvjeta (osvjetljenje) i udaljenost promatrača od slike
 - promjenom udaljenosti mijenja se kut pod kojim oko vidi dva susjedna detalja u slici
 - promjenom rasvjete mijenja se osjetljivost štapića što djeluje na promjenu vidnog kuta
- optimalni broj linija u SDTV sustavima se određuje tako da za određenu udaljenost promatrača od slike (D), oko vidi susjedne linije pod kutom koji je približno jednak $1,5'$

18. Kolika je optimalna udaljenost promatrača od slike u SDTV, a kolika u HDTV sustavu, koja je pretpostavljena pri određivanju potrebnog broja linija za analiziranje?

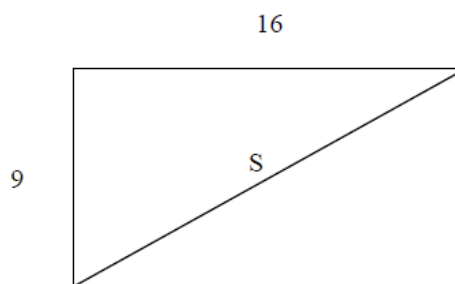
- SDTV - optimalna udaljenost promatrača od slike iznosi 4-6 visina slike ($D=4-6H$)
- HDTV - optimalna udaljenost promatrača od slike iznosi 3 visine slike ($D=3H$)
- broj linija u SDTV sustavima treba biti između 417 i 625
- SDTV norme
 - 525-linijska norma ($L=485$, preostalih 40 linija nalazi se u VPI)
 - 625-linijska norma ($L=575$, preostalih 50 linija nalazi se u VPI)
- odabrani broj linija u HDTV sustavu iznosi $L=1080$
- ukupan broj linija u HDTV sustavu je 1125

19. Što je omjer stranica slike i koliko on iznosi za SDTV i HDTV sustave?

- omjer stranica slike (AR, *Aspect Ratio*) je definiran kao omjer širine (W) i visine (H) slike
- u sustavima standardne televizije (SDTV) omjer stranica je 4:3 (1,33:1)
- u sustavima televizije visoke kvalitete (HDTV) omjer stranica je 16:9 (1,78:1)
- veličine televizijskog ekrana se najčešće izražavaju preko duljine dijagonale ekrana (S) iskazane u inčima



SDTV



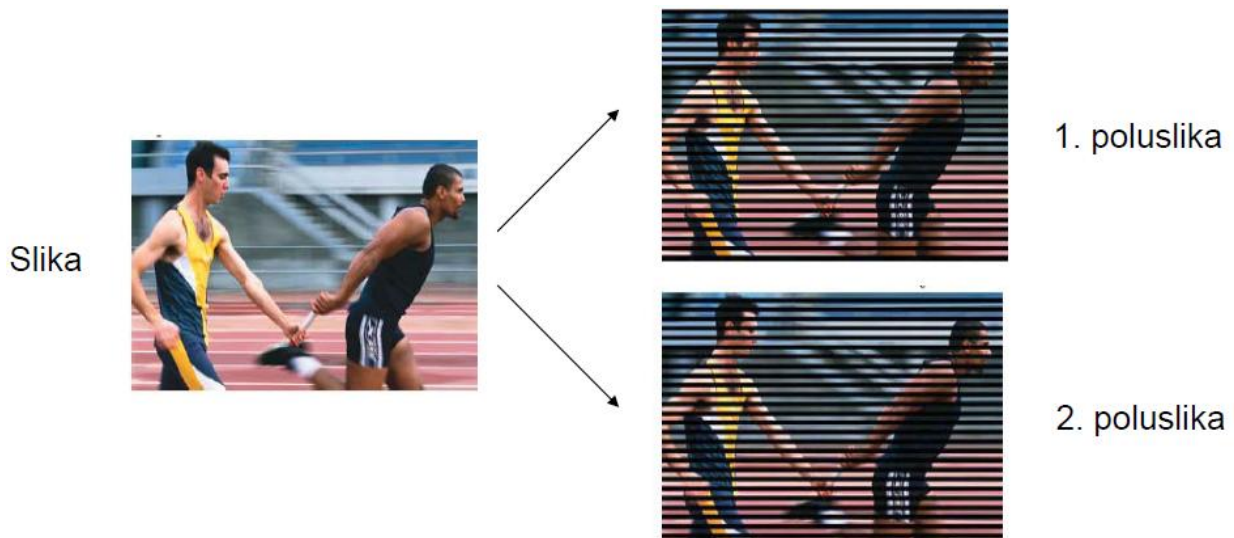
HDTV

20. Što je efekt treptanja i kada on nestaje za većinu ljudi?

- dodatka poteškoća: nestanak slike za vrijeme VPI može dovesti do efekta treptanja (*flicker*)
 - pojava da gledatelj vidi zatamnjenje umetnuto između dvije slike
 - efekt treptanja nestaje pri dovoljno visokoj frekvenciji izmjene slika (f_S)
 - efekt treptanja nestaje za većinu ljudi pri frekvencijama izmjene slika **višim od 50 Hz** (50 slika u sekundi)

21. Objasnite postupak analiziranja s proredom?

- analiziranje s proredom
 - vertikalna frekvencija (f_V) je frekvencija izmjene poluslika, tj. Frekvencija pojavljivanja VPI (zatamnjenja)
 - f_V je dvostruko viša od frekvencije izmjene slika ($f_V = 2 \cdot f_S$)
 - f_H je dvostruko niža od f_H sustava s progresivnim analiziranjem (uz uvjet da sustav s progresivnim analiziranjem ima jednaku frekvenciju pojave VPI)

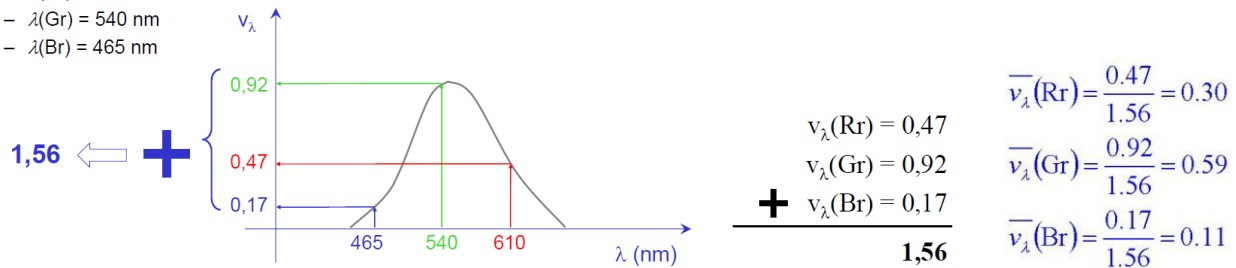
**22. Izračunajte vrijeme trajanja linije videosignala, trajanje slike i poluslike kod europske norme za SDTV.**

- $f_H = LU \cdot f_S = (LU / 2) \cdot f_V$
 - 625/50 sustav $\rightarrow f_H = 625 \cdot 25 \text{ Hz} = 312,5 \cdot 50 = 15\,625 \text{ Hz}$
- trajanje linije videosignala: $T_H = 1/f_H$
 - 625/50 sustav $\rightarrow T_H = 1/15\,625 \text{ Hz} = 64 \mu\text{s}$
- trajanje poluslike: $T_V = 1/f_V$
 - 625/50 sustav $\rightarrow T_V = 1/50 \text{ Hz} = 20 \text{ ms}$
- trajanje slike: $T_S = 2 \cdot T_V$
 - 625/50 sustav $\rightarrow T_S = 2 \cdot 20 \text{ ms} = 40 \text{ ms}$
- frekvencija izmjene slika: $f_S = 1/T_S$
 - 625/50 sustav $\rightarrow f_S = 1/40 \text{ ms} = 25 \text{ Hz}$

23. 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
 - u SDTV omjer stranica (AR) slike je 4:3
 - za određivanje rezolucije širinu slike treba pomnožiti s 3/4
 - u HDTV omjer stranica (AR) slike je 16:9
 - za određivanje rezolucije širinu slike treba pomnožiti s 9/16
- 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
 - ovisi o broju analizirajućih linija (L) po visini slike (H) za vrijeme analiziranja slike te značajkama optoelektričke i elektrooptičke pretvorbe

- $\lambda(\text{Rr}) = 610 \text{ nm}$
- $\lambda(\text{Gr}) = 540 \text{ nm}$
- $\lambda(\text{Br}) = 465 \text{ nm}$



- za prijenos su odabrani signali ($E'_R - E'_Y$) i ($E'_B - E'_Y$) jer signal ($E'_G - E'_Y$) ima najmanji amplitudni raspon (od -0,41 do 0,41)

$$\begin{aligned} E'_Y &= 0,30 \cdot E'_R + 0,59 \cdot E'_G + 0,11 \cdot E'_B \\ (E'_B - E'_Y) &= -0,30 \cdot E'_R - 0,59 \cdot E'_G + 0,89 \cdot E'_B \\ (E'_R - E'_Y) &= 0,70 \cdot E'_R - 0,59 \cdot E'_G - 0,11 \cdot E'_B \end{aligned}$$

- prijenos signala ($E'_R - E'_Y$) i ($E'_B - E'_Y$):
 NTSC i PAL sustav → kvadratura amplitudna modulacija (QAM)
 SECAM sustav → frekvencijska modulacija
- QAM
 - signali ($E'_R - E'_Y$) i ($E'_B - E'_Y$) moduliraju dva nositelja boje frekvencije f_K između kojih postoji fazni pomak od 90°
 - zbrajanjem moduliranih nositelja nastaje krominantni signal
- kompozitni (složeni) videosignal u boji
 - nastaje zbrajanjem luminantnog i krominantnog signala
- u sustavu PAL nositelj boje frekvencije $f_K = 4,43$ MHz moduliran je signalima E'_U i E'_V
- u sustavu NTSC nositelj boje frekvencije $f_K = 3,58$ MHz moduliran je signalima E'_I i E'_Q

- ITU-R preporuka BT.601
- uključuje dvije temeljne skupine normi
- 13,5 MHz skupina normi za omjer stranica 4:3 i 16:9
- 18 MHz skupina normi za omjer stranica 16:9
- svaka skupina sadrži dvije strukture uzorkovanja

- 4:4:4
 - komponente signala mogu biti $[E'_Y, (E'_R - E'_Y), (E'_B - E'_Y)]$ ili $[E'_R, E'_G, E'_B]$
 - frekvencija uzorkovanja iznosi 13,5 MHz ili 18 MHz za svaku komponentu
- 4:2:2
 - komponente signala su $[E'_Y, (E'_R - E'_Y), (E'_B - E'_Y)]$
 - frekvencija uzorkovanja za E'_Y je 13,5 MHz ili 18 MHz, a za $(E'_R - E'_Y), (E'_B - E'_Y)$ 6,75 MHz ili 9 MHz (poduzorkovanje s faktorom 2)

Struktura uzorkovanja	Horizontalna [%]	Vertikalna [%]
4:4:4	100	100
4:2:2	50	100
4:2:0	50	50
4:1:1	25	100

27. Navedite značajke mogućih formata HDTV signala za proizvodnju TV programa u europskim zemljama.

• mogući formati HDTV signala za proizvodnju TV programa u europskim zemljama određeni su dokumentom EBU Tech 3299: *High Definition (HD) Image Formats for Television Production*

– Sustav 1 (S1)

• 1280 horizontalnih uzoraka i 720 linija u aktivnom dijelu slike, progresivno analiziranje s frekvencijom izmjene slika 50Hz

– Sustav 2 (S2)

• 1920 horizontalnih uzoraka i 1080 linija u aktivnom dijelu slike, analiziranje s proredom s frekvencijom izmjene slika 25 Hz

– Sustav 3 (S3)

• 1920 horizontalnih uzoraka i 1080 linija u aktivnom dijelu slike, progresivno analiziranje s frekvencijom izmjene slika 25 Hz

– Sustav 4 (S4)

• 1920 horizontalnih uzoraka i 1080 linija u aktivnom dijelu slike, progresivno analiziranje s frekvencijom izmjene slika 50 Hz

28. Navedite razliku između prostorne i vremenske redundancije te objasnite optimalnu, ekscesnu i savršenu kompresiju.

• prostorna redundancija

– javlja se kao posljedica postojanja korelacije (međuovisnosti ili sličnosti) između elemenata slike u pojedinoj slici

• vremenska redundancija

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

• savršena kompresija

– uređaj za komprimiranje odbacuje redundanciju i izdvaja samo entropiju
– u praksi bi takav uređaj bio vrlo složen i zahtijevao dugo vrijeme procesiranja

• ekscesna kompresija ili kompresija s gubicima

– uređaj za komprimiranje uz redundanciju odbacuje i dio entropije

• optimalna kompresija ili kompresija bez gubitaka

– uređaj za komprimiranje uz dio redundancije izdvaja i cijelu entropiju

Savršena kompresija

- sva entropija odaslana
- sva redundancija uklonjena
- nema gubitka kvalitete



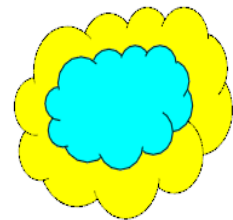
Ekscesna kompresija

- dio entropije izgubljen
- gubitak kvalitete



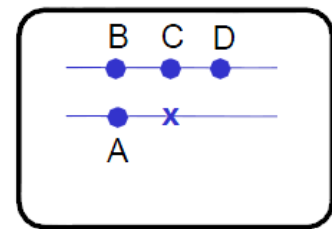
Optimalna kompresija

- sva entropija i dio redundancije odaslani
- nema gubitka kvalitete

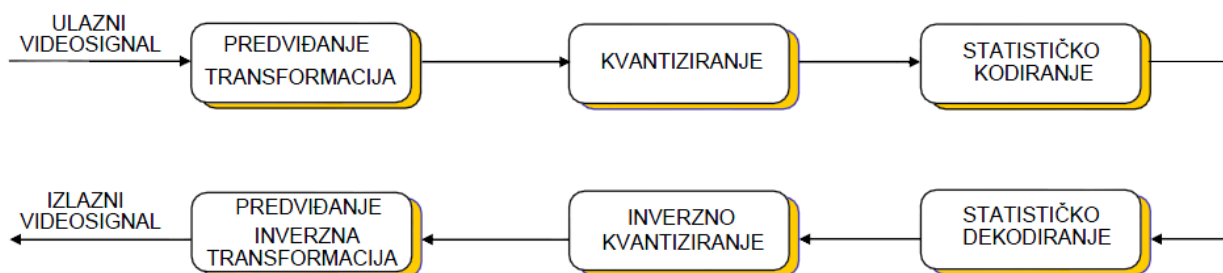


29. Objasnite temeljne elemente postupka kodiranja unutar slike.

- kodiranje 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
 - moguće je primijeniti kodiranje s predviđanjem (predikcijsko kodiranje) kod kojega se vrijednost pojedinog elementa slike koji treba biti kodiran (x) predviđa iz prethodno kodiranog elementa slike (A) u istoj liniji ili iz njemu najbližih elemenata slike (B, C, D) prethodne linije



Prostorna korelacija

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

- kodiranje između slika (*interframe coding*)
 - kodira se razlika slika i uklanja vremenska redundancija
 - do dekodera se prenosi slika A i slika $C=(A-B)$
 - slika C može biti djelotvornije kodirana primjenom kodiranja unutar slike od slike B
 - slika B se rekonstruira u dekoderu kao $(A+C)$
- ukoliko se radi o sekvenci s vrlo brzim pokretima, kodiranjem razlike uzastopnih slika ne može se postići velika kompresija
 - razlika između uzastopnih slika se smanjuje postupkom predviđanja i nadomještanja pokreta (*motion compensation*)
- kodiranje s predviđanjem uz nadomještanje pokreta
 - primjenjuje se za kodiranje razlike slika u sekvenci videosignala s visokom razinom pokreta koja uzrokuje pojavu velike razlike između uzastopnih slika
 - provodi se usporedba trenutne i prethodne slike, kako bi se odredio smjer i udaljenost pomaka pokretnih objekata između slika
 - smjer i udaljenost pomaka objekata iskazuje preko dvodimenzijskog vektora pokreta
 - koder koristi vektore pokreta za dobivanje predviđene slike, koja nastaje pomakom elemenata slike prethodne slike za vektore pokreta (na taj način smanjuje se razlika između trenutne i prethodne slike)
 - predviđena slika se oduzima od trenutno procesirane slike
 - do dekodera se prenosi razlika trenutne i predviđene slike, te vektori pokreta