

OBRADA SLIKE U BOJI

POGLAVLJE 6

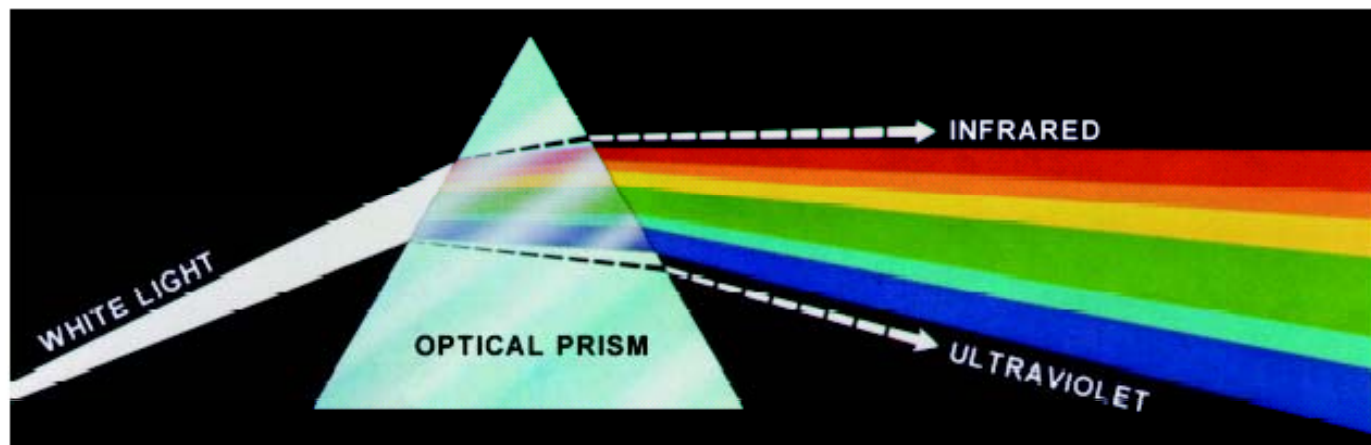


OBRADA SLIKE U BOJI

- Ljudsko oko razlikuje hiljade nijansi boja, a svega 20-30 nijansi sivog
- Obrada slike u boji deli se na dve oblasti
 - Pseudo-color
 - Obrada slike koja je dobijena kolor senzorom
 - Full-color
 - Obrada slike koja je dobijena od monohromatske slike dodeljivanjem boja određenim nijansama ili opsezima nijansi
- Algoritmi za obradu slike u boji
 - Veliki broj algoritama koji su razvijeni za obradu monohromatske slike može se direktno primeniti na sliku u boji
 - Neki algoritmi zahtevaju adaptaciju kako bi se mogli primeniti na sliku u boji

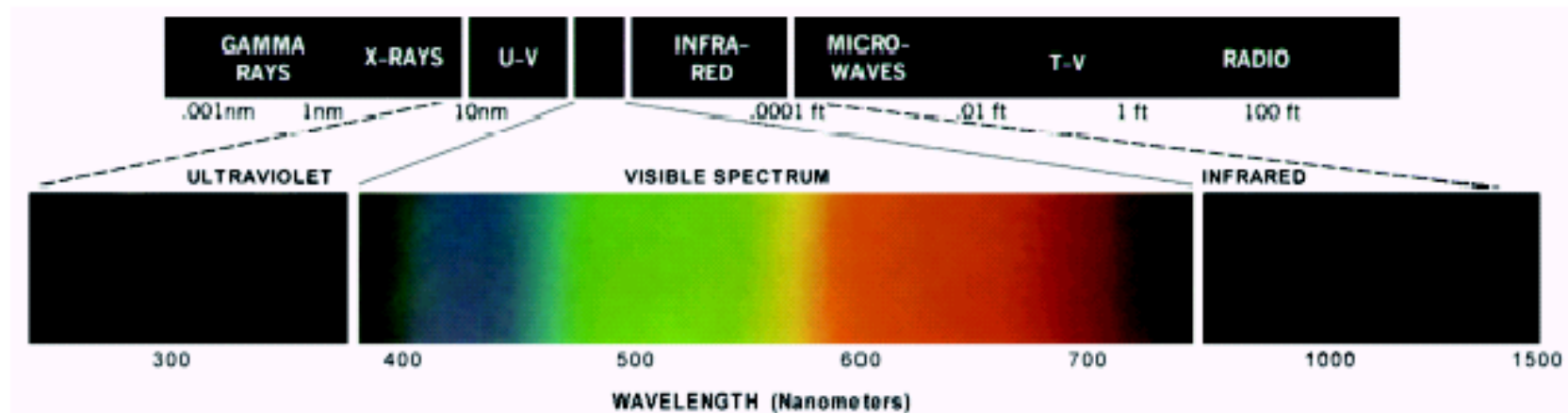
SPEKTAR BOJA

- *Newton* je otkrio da se bela svetlost preko prizme razlaže na spektar boja – od ljubičaste do crvene
- Spektar boja može se podeliti na 6 oblasti:
ljubičasta, plava, zelena, žuta, narandžasta i crvena
 - Oblasti spektra postepeno prelaze jedna u drugu



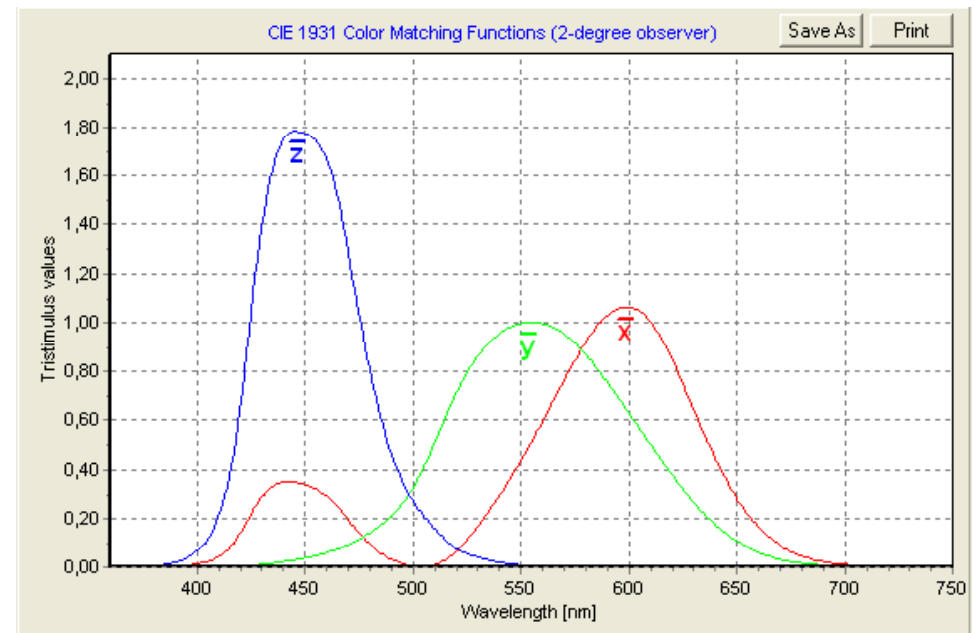
SPEKTAR BOJA

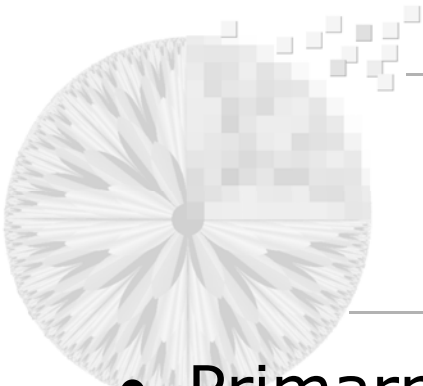
- Doživljaj boje nekog objekta zavisi od svetlosti koju taj objekat reflektuje
 - Svetlost koja sadrži sve talasne dužine vidljivog dela spektra opaža se kao bela
 - Svetlost koja ima samo uzak opseg vidljivog spektra imaće određenu boju (npr. zelena 500-570 nm)



SPEKTAR BOJA

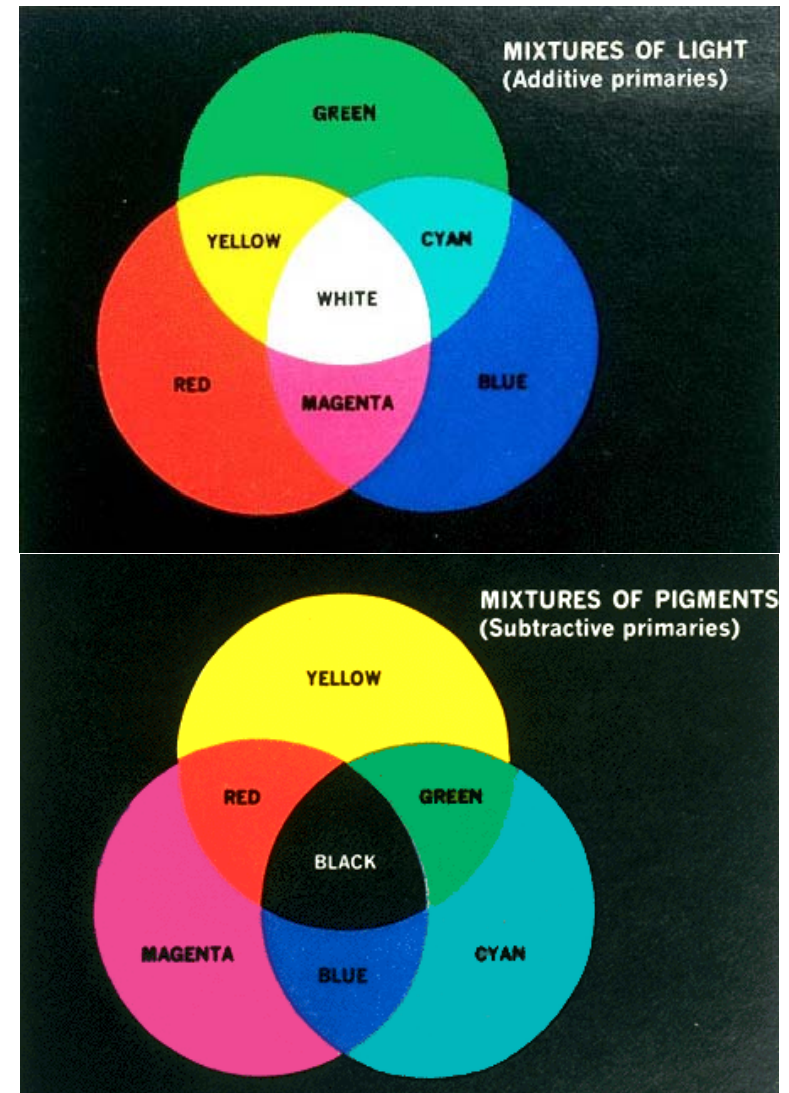
- Apsorpciona karakteristika ljudskog oka
 - Oko 6-7 miliona ćelija u oku registruje svetlost u vidljivom delu spektra: 65% sa X , 33% sa Y i 2% sa Z spektralnom karakteristikom (ne odgovaraju primarnim bojama)
 - Kako ljudi doživljavaju neku boju određuje se na osnovu Tristimulus vrednosti: X, Y, Z
 - Mešanjem tri primarne boje: crvene, zelene i plave u određenom odnosu, ljudskom oku se mogu interpretirati sve boje iz vidljivog dela spektra

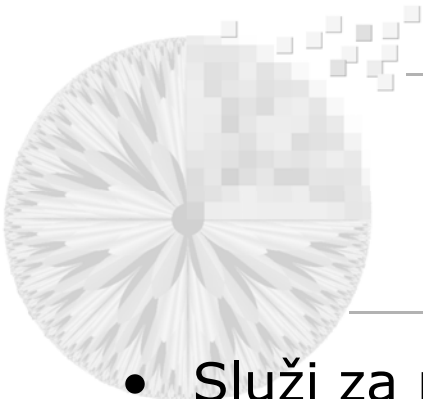




PRIMARNE I SEKUNDARNE BOJE

- Primarne boje svetlosti
 - Crvena (*Red*), zelena (*Green*) i plava (*Blue*)
- Primarne boje pigmenta
 - Cijan (*Cyan*), magenta (*Magenta*) i žuta (*yellow*)
 - Primarne boje pigmenta su sekundarne boje svetlosti i obrnuto
 - Sabiranjem svih primara svetlosti dobija se bela boja
 - Sabiranjem svih primara pigmenta dobija se crna boja
 - Zbir dva primara daje sekundar





HROMATSKI DIJAGRAM

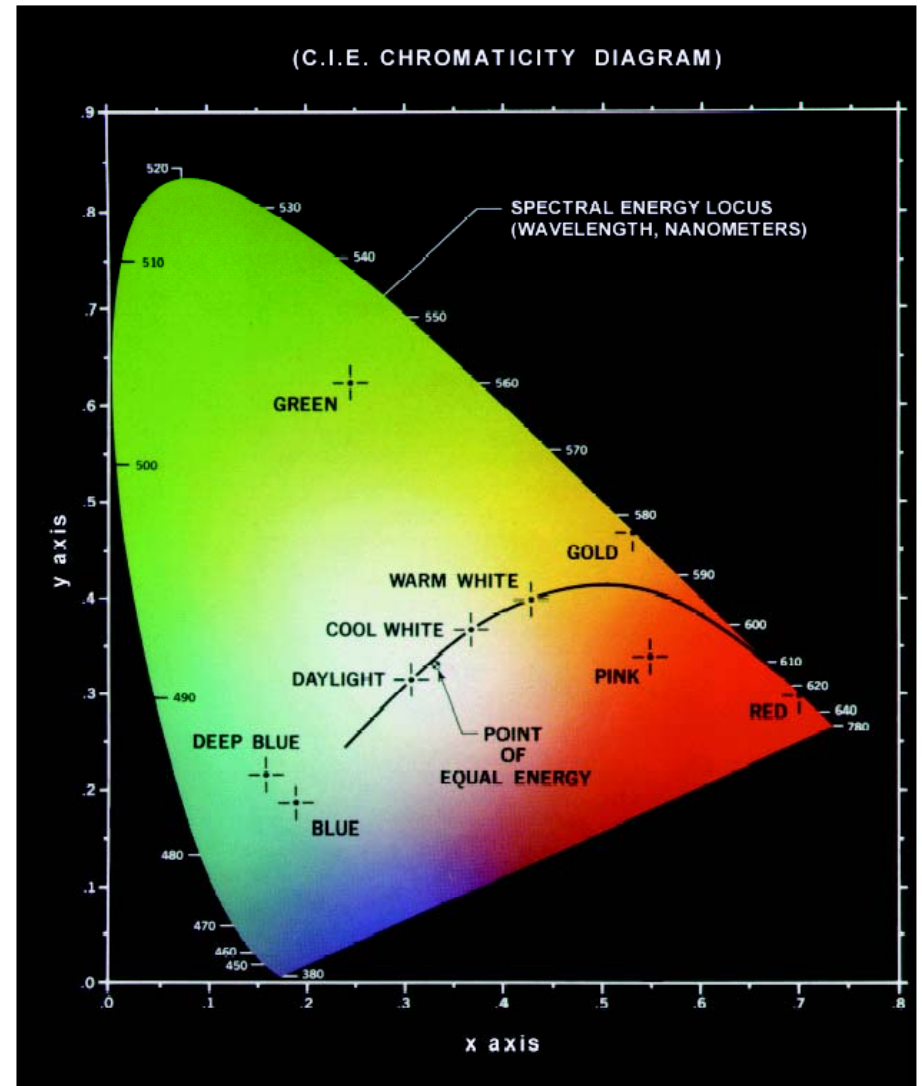
- Služi za predstavljanje boja sa različitih uređaja u istom sistemu
- X, Y, Z odražavaju pobude senzora izvorom, definisane apsorpcionim krivama
- Dijagram se daje u sistemu (x, y) , a z se može odrediti iz poslednje relacije

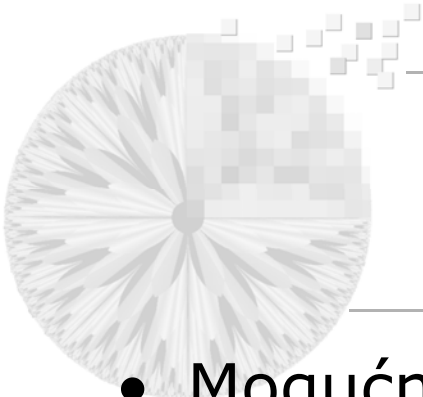
$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

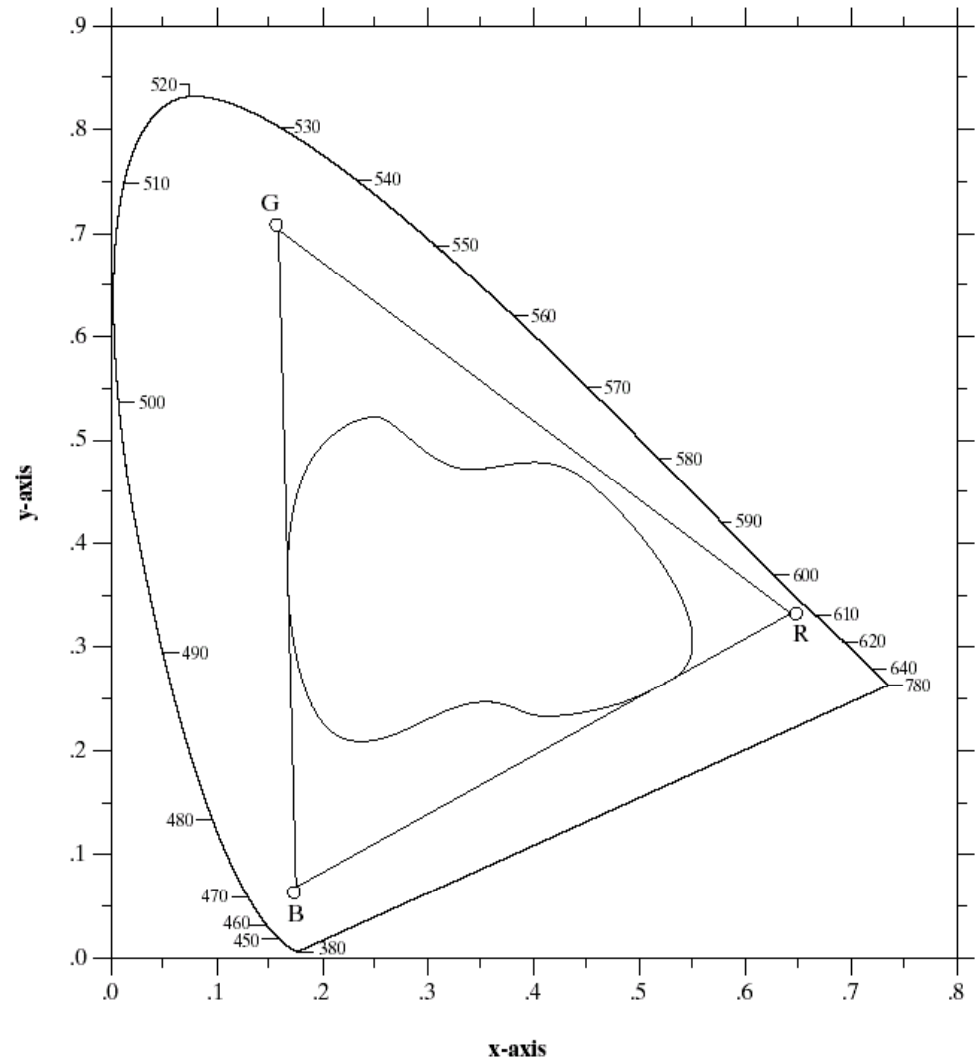
$$x + y + z = 1$$





HROMATSKI DIJAGRAM

- Mogućnost uređaja da prikaže boje definisana je na dijagramu
 - Kod monitora to je trougao definisan tačkama R,G,B
 - Kod štampača to je nepravilna oblast



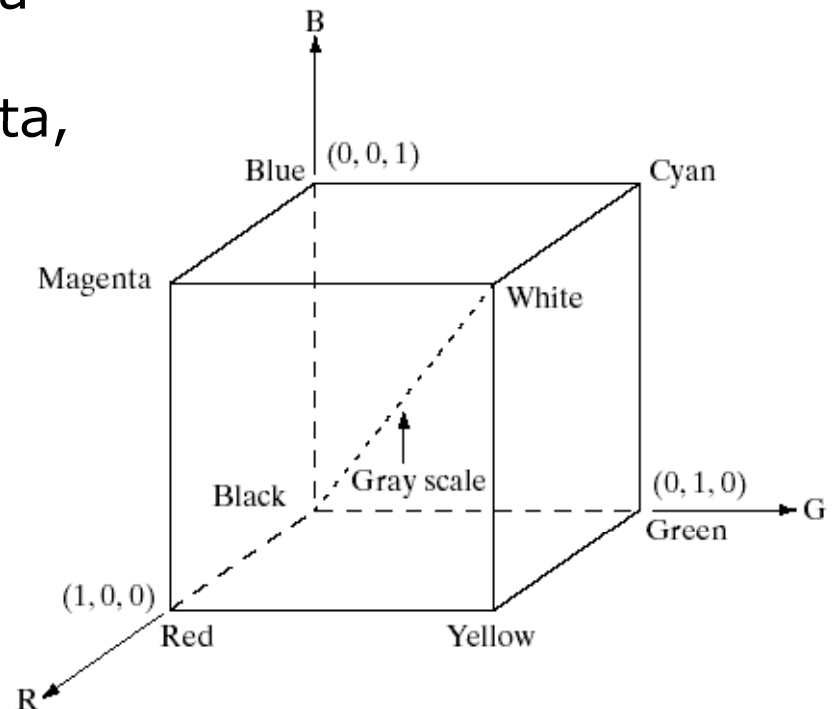
KOLOR MODELI

- Omogućavaju standardizaciju u definisanju boja
- Definišu koordinatni sistem u kojem je boja tačka
- Postoji više modela koji se koriste u zavisnosti od namene (hardverska platforma ili aplikacija)
- RGB (*Red, Green, Blue*)
 - Monitori i široka klasa video kamera – generisanje svetlosti
- CMY (*Cyan, Magenta, Yellow*)
 - Štamparska delatnost – nanošenje boja na objekat
 - Kada je dodata i crna boja tada je to CMYK kolor model
- HSI (*Hue, Saturation, Intensity*)
 - Model blizak ljudskoj interpretaciji boje
 - Razdvaja kolor i monohromatsku komponentu, pa omogućava primenu algoritama razvijenih za sivu sliku

KOLOR MODELI

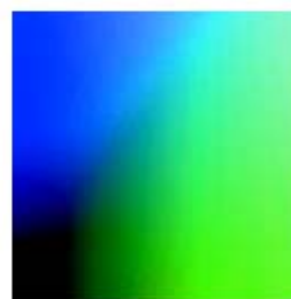
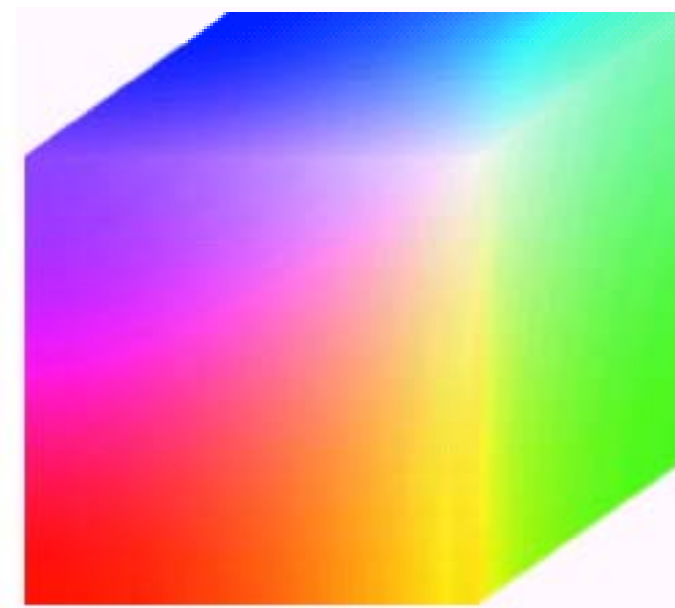
- RGB model

- Zasnovan na Dekartovom koordinatnom sistemu gde ose predstavljaju normalizovane primarne komponente spektra: Crvena (*Red*), Zelena (*Green*), Plava (*Blue*)
- Prostor boje je jedinična kocka čije ćoškove pored osnovnih boja čine: Cyan, Magenta, Žuta, Crna i Bela
- Skalu sivog predstavlja dijagonala kocke od crnog do belog: $(0,0,0) \rightarrow (1,1,1)$

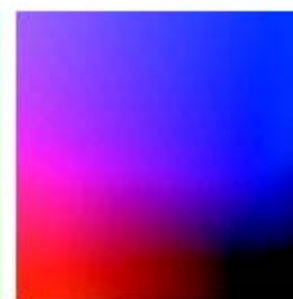


KOLOR MODELI

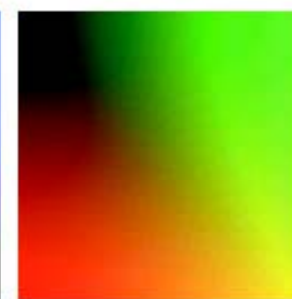
- RGB kocka
 - Uobičajeno je da se svaka boja koduje sa 8 bita
 - Ukupno 16,777,216 boja (24 bita)
 - Dubina piksela (*pixel depth*) – broj bita kojim se predstavlja piksel u RGB prostoru
 - Termin *full-color* obično označava 24-bitnu reprezentaciju
 - Fiksiranjem jedne RGB komponente dobijaju se ravni boje (kvadrati koji odgovaraju presecima kocke)
 - Primer:
skrivenne strane kocke



($R = 0$)



($G = 0$)



($B = 0$)

KOLOR MODELI



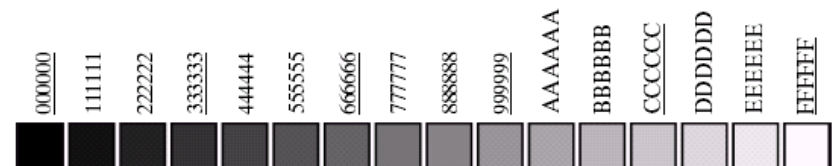
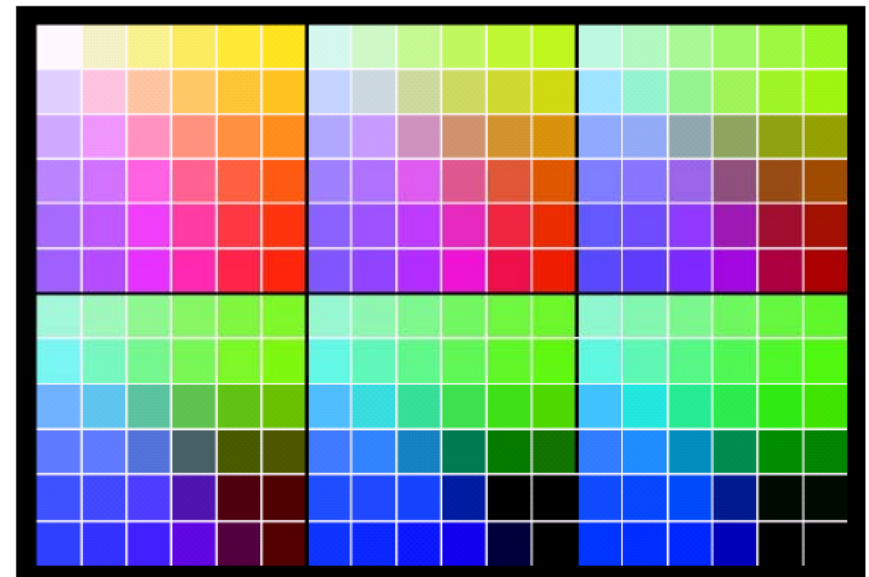
- RGB model
 - Svaka slika predstavljena u RGB sistemu može se razložiti na tri monohromatske slike
 - Obrnuto, RGB slika se može generisati na osnovu tri RGB monohromatske slike
 - Kolor monitor pomoću tri različite boje fosfora na ekranu generiše kolor sliku od tri monohromatske

KOLOR MODELI

- Sigurne RGB boje (*safe RGB colors*)
 - Obezbeđuju identičan prikaz minimalnog skupa boja na različitim uređajima ili Internetu
 - Svaka komponenta koduje se sa 6 vrednosti $(6)^3=216$ boja
 - Svaku boju predstavljaju 3 heksadecimalna broja
- Većina sistema korektno prikazuje nijanse sivog (sigurne nijanse podvučene)

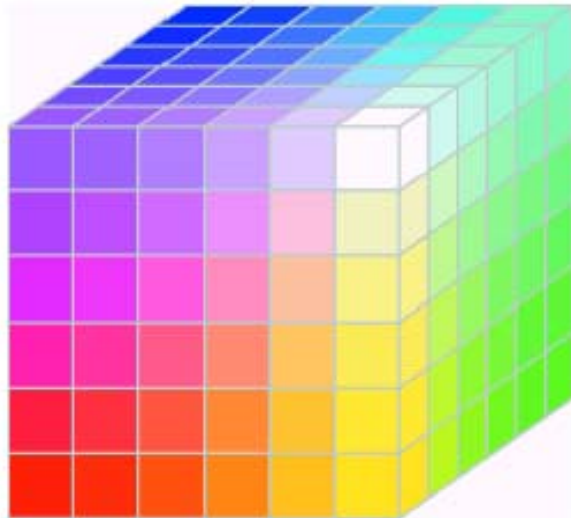
Number System	Color Equivalents					
Hex	00	33	66	99	CC	FF
Decimal	0	51	102	153	204	255

216 sigurnih boja – svaka grupa odgovara jednoj od šest vrednosti crvene



KOLOR MODELI

- Sigurna RGB kocka
 - Diskretna kocka sa 216 čvorova
- Skup sigurnih boja
 - 216 boja predstavljenih tripletima heksadecimalnih parova {0,3,6,9,C,F}



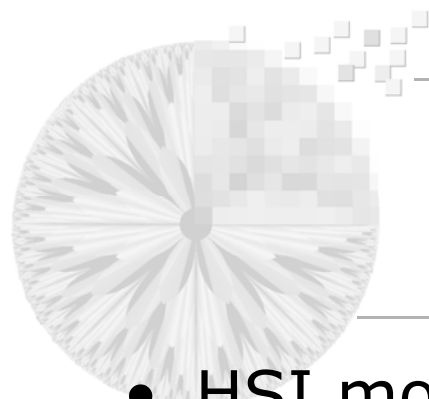
FFFFFF	FFFFCC	FFFF99	FFFF66	FFFF33	FFFF00
CCFFFF	CCFFCC	CCFF99	CCFF66	CCFF33	CCFF00
99FFFF	99FFCC	99FF99	99FF66	99FF33	99FF00
66FFFF	66FFCC	66FF99	66FF66	66FF33	66FF00
33FFFF	33FFCC	33FF99	33FF66	33FF33	33FF00
00FFFF	00FFCC	00FF99	00FF66	00FF33	00FF00
FFCCFF	FFCCCC	FFCC99	FFCC66	FFCC33	FFCC00
CCCCFF	CCCCCC	CCCC99	CCCC66	CCCC33	CCCC00
99CCFF	99CCCC	99CC99	99CC66	99CC33	99CC00
66CCFF	66CCCC	66CC99	66CC66	66CC33	66CC00
33CCFF	33CCCC	33CC99	33CC66	33CC33	33CC00
00CCFF	00CCCC	00CC99	00CC66	00CC33	00CC00
FF99FF	FF99CC	FF9999	FF9966	FF9933	FF9900
CC99FF	CC99CC	CC9999	CC9966	CC9933	CC9900
9999FF	9999CC	999999	999966	999933	999900
6699FF	6699CC	669999	669966	669933	669900
3399FF	3399CC	339999	339966	339933	339900
0099FF	0099CC	009999	009966	009933	009900
FF66FF	FF66CC	FF6699	FF6666	FF6633	FF6600
CC66FF	CC66CC	CC6699	CC6666	CC6633	CC6600
9966FF	9966CC	996699	996666	996633	996600
6666FF	6666CC	666699	666666	666633	666600
3366FF	3366CC	336699	336666	336633	336600
0066FF	0066CC	006699	006666	006633	006600
FF33FF	FF33CC	FF3399	FF3366	FF3333	FF3300
CC33FF	CC33CC	CC3399	CC3366	CC3333	CC3300
9933FF	9933CC	993399	993366	993333	993300
6633FF	6633CC	663399	663366	663333	663300
3333FF	3333CC	333399	333366	333333	333300
0033FF	0033CC	003399	003366	003333	003300
FF00FF	FF00CC	FF0099	FF0066	FF0033	FF0000
CC00FF	CC00CC	CC0099	CC0066	CC0033	CC0000
9900FF	9900CC	990099	990066	990033	990000
6600FF	6600CC	660099	660066	660033	660000
3300FF	3300CC	330099	330066	330033	330000
0000FF	0000CC	000099	000066	000033	000000

KOLOR MODELI

- CMY i CMYK modeli

- Cijan, magenta i žuta su sekundarne boje svetlosti ili primarne boje pigmenta
- Uređaji koji nanose pigmente boje na papir (šampači) zasnovani su na CMY sistemu boja
- Kombinacijom sve tri komponente CMY sistema dobija se crna boja, koja u praktičnim primenama nije dovoljno crna
- Stoga se u štamparskoj industriji dodatno uvodi četvrta komponenta – crna boja (tada CMY postaje CMYK sistem)
- Konverzija između RGB i CMY sistema (normlizovani RGB)

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

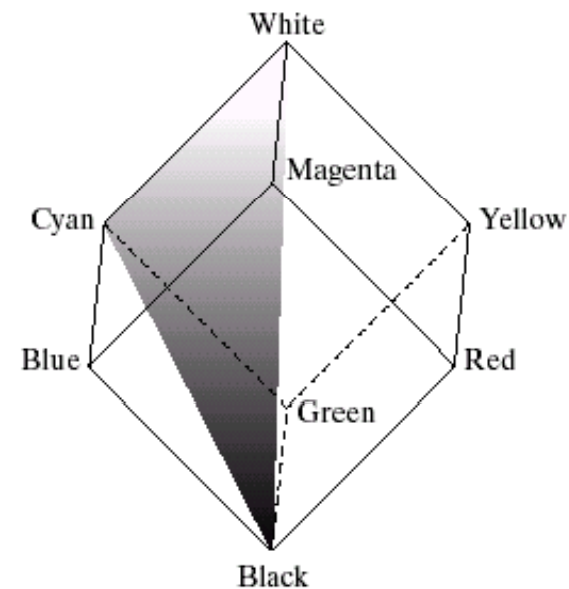
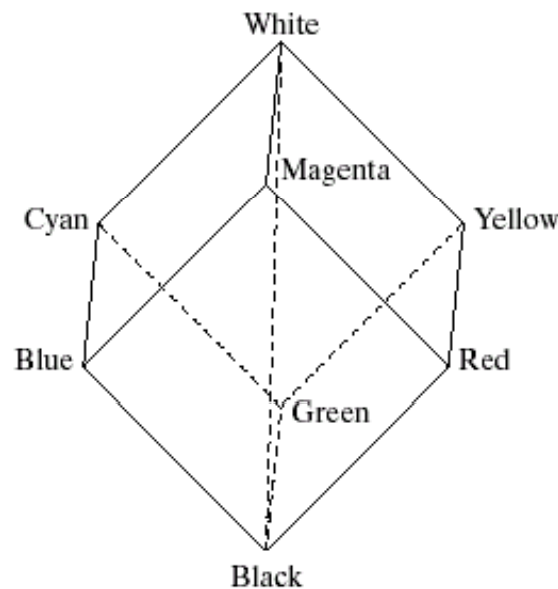


KOLOR MODELI

- HSI model
- Boja (*Hue*) određuje nijansu boje onako kako bi je ljudi definisali: teget, narandžasta, ljubičasta
- Zasićenost (*Saturation*) određuje čistoću date boje, tj. koliko ima sive (ahromatske) komponente u sebi
 - Roza je mešavina bele i crvene (definisane sa *Hue*)
 - Što je manje prisustvo ahromatske komponente, zasićenost je veća – čistija boja
- Intenzitet (*Intensity*) predstavlja osvetljaj tačke sa datom bojom (definisanom sa *Hue*)
 - Odgovara monohromatskoj predstavi (skali sivog)
- Postoji konverzija između RGB i HSI modela
- HSI se još označava i kao HSV (*Hue-Saturation-Value*)

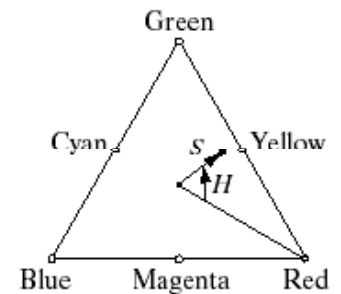
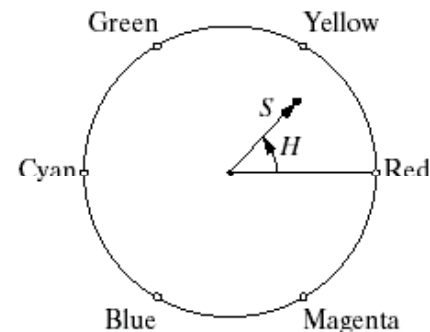
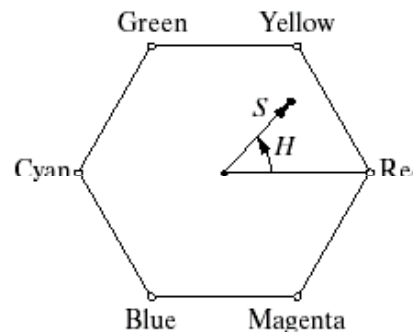
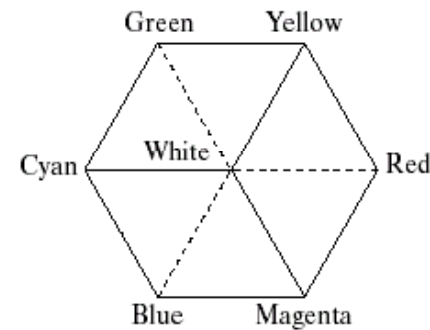
KOLOR MODELI

- RGB i HSI modeli
 - HSI razdvaja luminentne i hrominentne komponente
 - Postavljanjem RGB kocke na teme (0,0,0) horizontalne ravni imaju konstantan osvetljaj koji raste po vertikali
 - Udaljavanjem od dijagonale kocke zasićenost raste
 - Boju definiše ugao u ravni u odnosu na dijagonalu (centar)



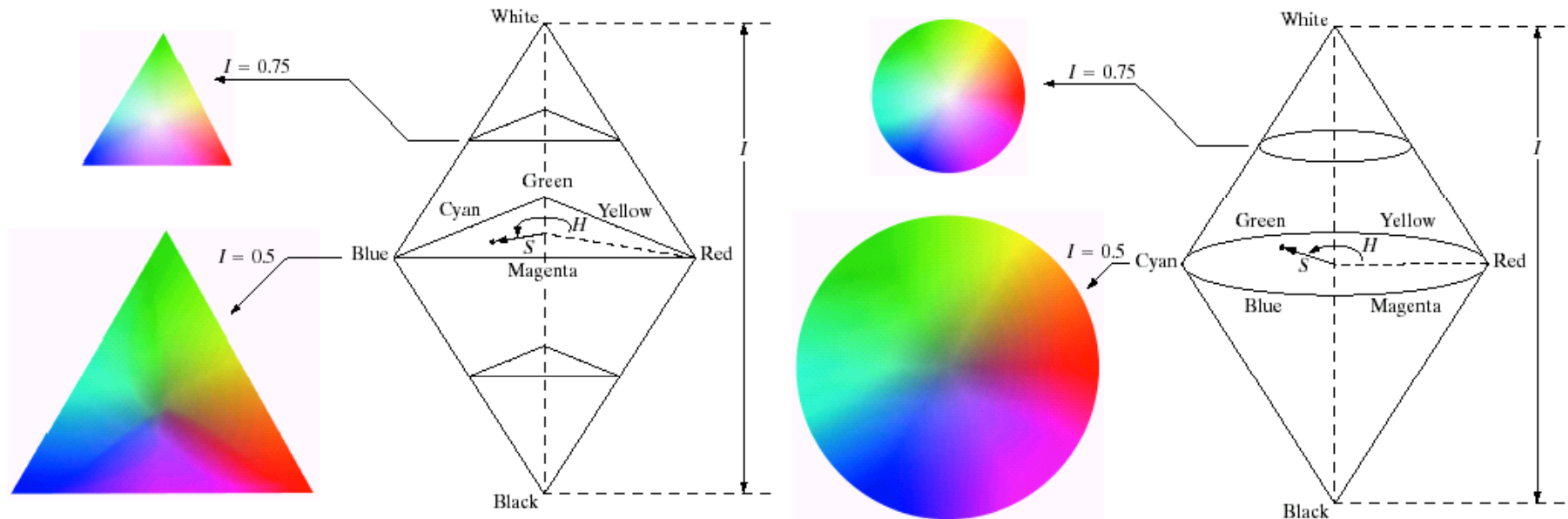
KOLOR MODELI

- RGB i HSI modeli
 - Heksagon sa primarima i sekundarima kao temenima
 - RGB kocka postavljena na teme (0,0,0) i gledana odozgo (centar odgovara beloj boji)
 - Bilo koja tačka u datoj ravni konstantnog osvetljaja može se predstaviti preko ugla H i rastojanja od centra S
 - Umesto heksagona može se isti problem posmatrati i preko kruga ili trougla



KOLOR MODELI

- RGB i HSI modeli
 - U ravni konstantnog intenziteta I (Intensity) lokacija tačke određena je na osnovu ugla boje H (Hue) i zasićenosti S (Saturation) koja odgovara rastojanju od ose
 - Uobičajeno je da se ugao boje H računa od crvene boje kojoj odgovaraju vrednosti 0° i 360°



KOLOR MODELI

- Konverzija RGB u HSI

$$H = \begin{cases} \theta, & B \leq G \\ 360^\circ - \theta, & B > G \end{cases}$$
$$\theta = \arccos \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{[(R - G)^2 + (R - B)(G - B)]}} \right\}$$
$$S = 1 - \frac{3}{(R + G + B)} [\min(R, G, B)]$$
$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$

KOLOR MODELI

- Konverzija HSI u RGB
 - Različite transformacije za tri različita sektora boje (*Hue*): RG, GB, BR

RG sektor ($0^\circ \leq \theta \leq 120^\circ$)

$$B = I(1 - S)$$

$$R = I \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$G = 3I - (R + B)$$

GB sektor ($120^\circ \leq \theta \leq 240^\circ$)

$$H = H - 120^\circ$$

$$R = I(1 - S)$$

$$G = I \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$B = 3I - (R + G)$$

BR sektor ($240^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$)

$$H = H - 240^\circ$$

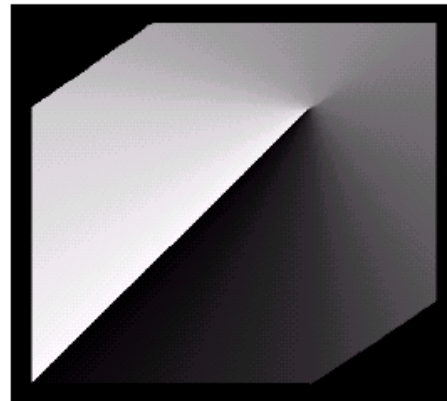
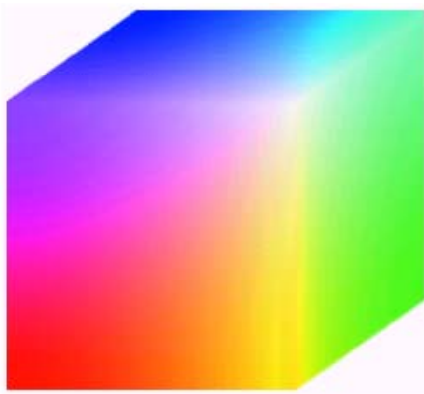
$$G = I(1 - S)$$

$$B = I \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

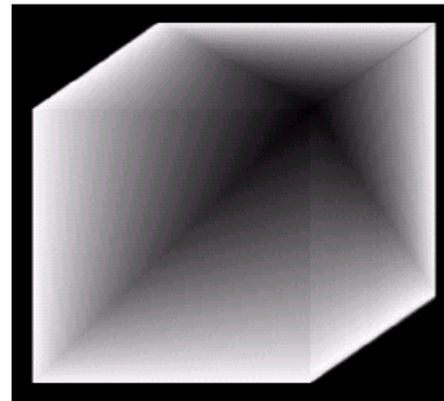
$$R = 3I - (G + B)$$

KOLOR MODELI

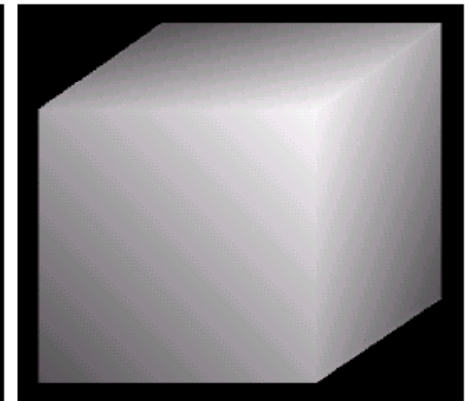
- RGB kocka razložena na HSI komponente
 - Diskontinuitet po dijagonali prednje stranice kocke u slici boje (*Hue*) nastaje zbog definicije boje preko ugla, a kao nulta vrednost boje uzima se crvena ($0^\circ = 360^\circ$)
 - Na slici zasićenosti uočava se da udaljavanjem od dijagonale kocke zasićenost raste
 - Na slici intenziteta vidi se da spuštanjem niz dijagonalu kocke intenzitet opada (od belog ka crnom)



Boja (*Hue*)



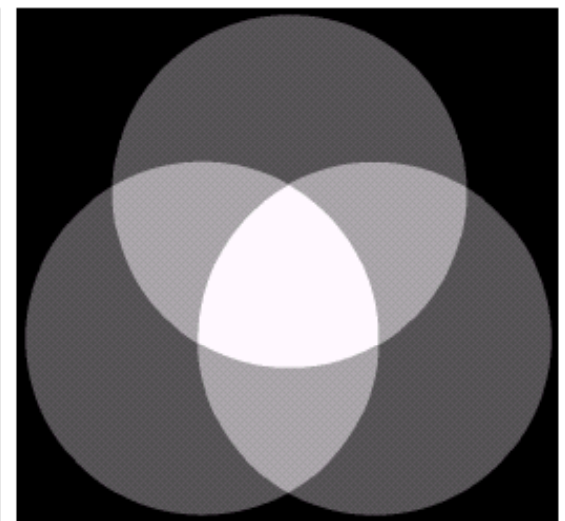
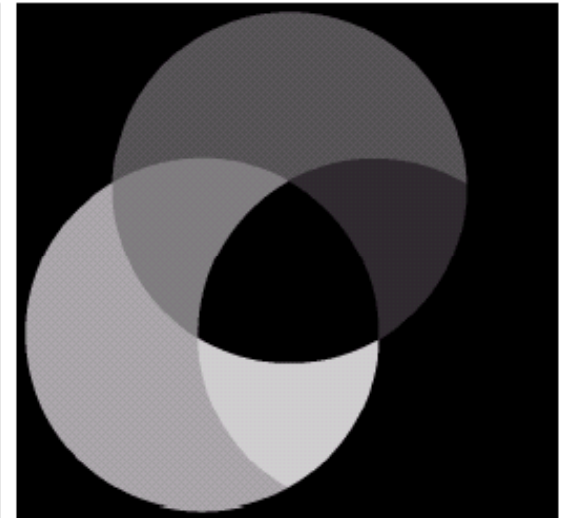
Zasićenost



Intenzitet

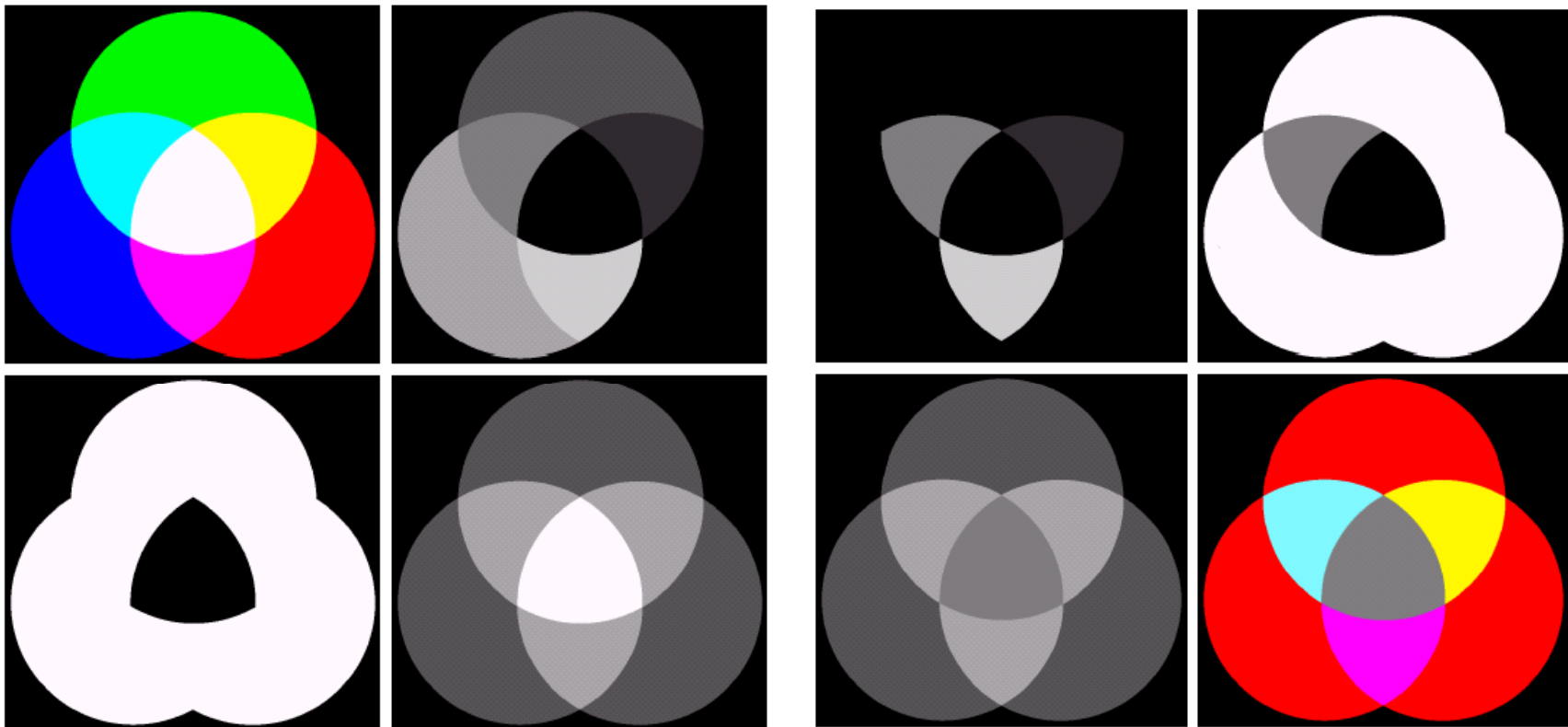
KOLOR MODELI

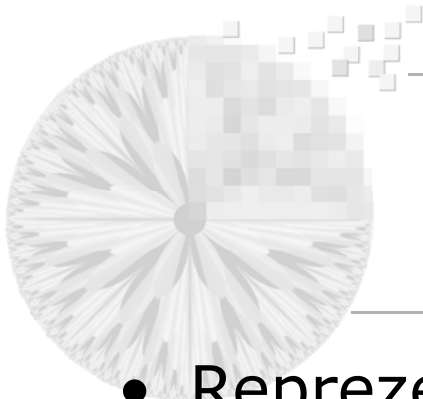
- RGB i HSI modeli
 - Slika primarnih boja (RGB) razložena na HSI komponente
 - Boja (*Hue*)
 - Zasićenost (*Saturation*)
 - Intenzitet (*Intensity*)



KOLOR MODELI

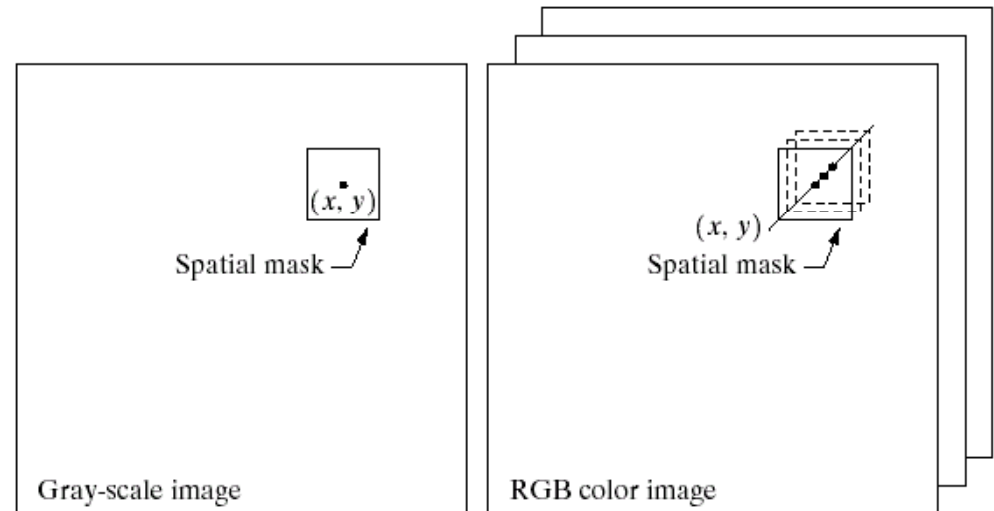
- Manipulacije u HSI sistemu
 - Boja (*Hue*) svih primara postavljena na 0, zasićenost cijana prepolovljena, intenzitet belog polja prepolovljen





OBRADA SLIKE U BOJI

- Reprezentacija slike u boji
 - Ista reprezentacija kao i u slučaju sive slike, s tim što se svakom pikselu u slici asociraju 3 vrednosti (4 CMYK)
 - Piksel je vektor u prostoru boja
 - Svaki piksel \mathbf{c} sa prostornim koordinatama (x, y) okarakterisan je sa najmanje 3 koordinate boje (4 CMYK)
 - Obrada se može izvoditi vektorski i skalarano (po komponentama)



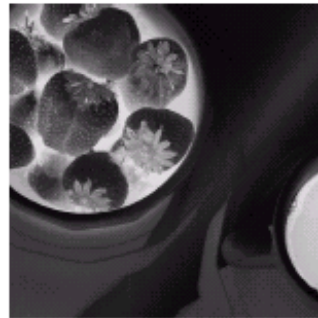
$$\mathbf{c}(x, y) = \begin{bmatrix} c_R(x, y) \\ c_G(x, y) \\ c_B(x, y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R(x, y) \\ G(x, y) \\ B(x, y) \end{bmatrix}$$



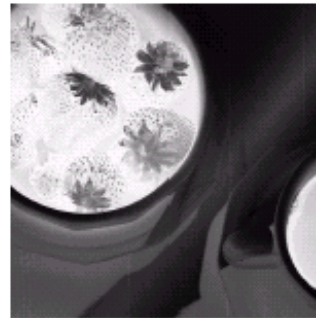
- Originalna kolor slika i njene komponente u različitim sistemima boja



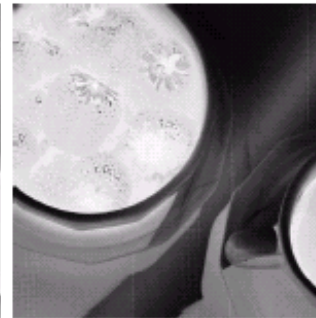
Full color



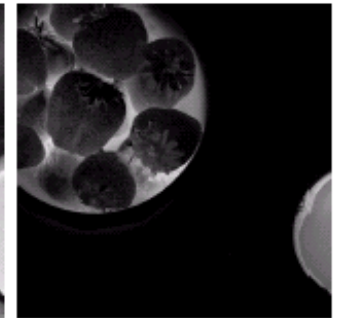
Cyan



Magenta



Yellow



Black



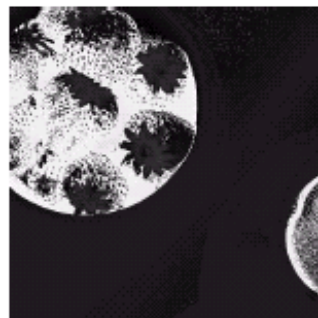
Red



Green



Blue



Hue



Saturation



Intensity



KOLOR TRANSFORMACIJE

- T je skup transformacija koje definišu način preslikavanja piksela slike u boji $f(x,y)$ u sliku $g(x,y)$
 - Pri transformaciji slike različite komponente boje mogu imati međusobni uticaj (n – broj komponenti boje)

$$g(x, y) = T [f(x, y)]$$

$$s_i = T_i(r_1, r_2, \dots, r_n), \quad i = 1, 2, \dots, n$$

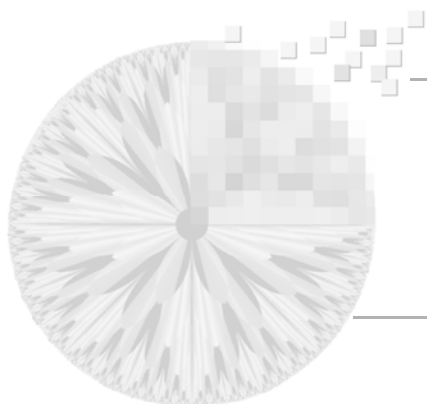
- Transformacije se mogu definisati u različitim sistemima boja – na različitim komponentama
- Primer: modifikacija intenziteta slike faktorom k

$$g(x, y) = kf(x, y)$$

$$\text{RGB} \quad s_i = kr_i, \quad i = 1, 2, 3$$

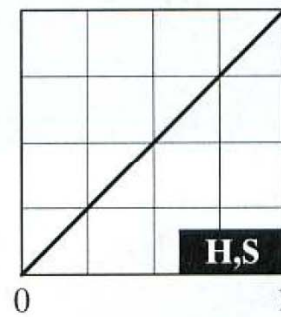
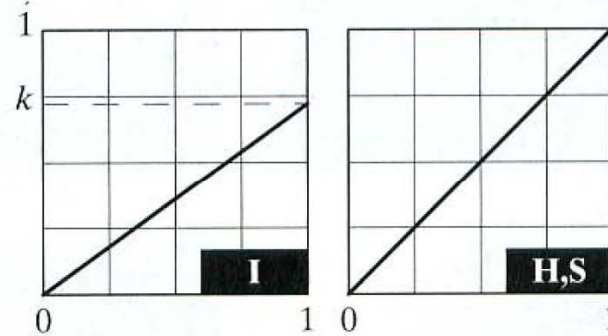
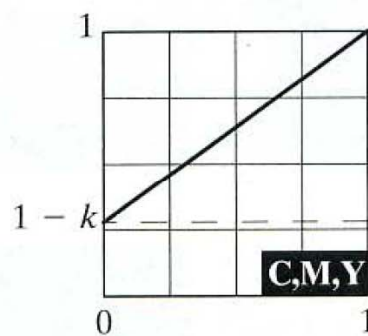
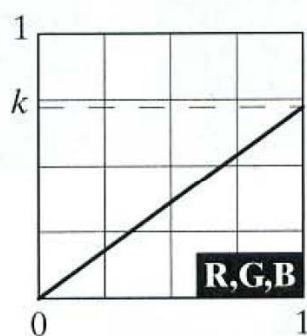
$$\text{CMY} \quad s_i = kr_i + (1 - k), \quad i = 1, 2, 3$$

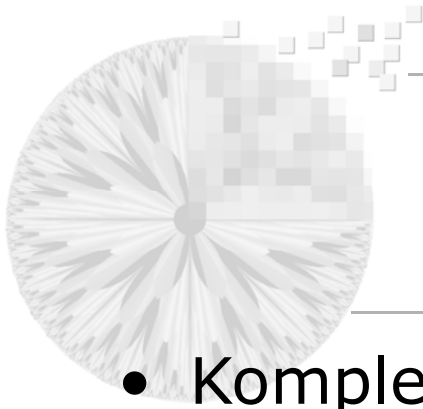
$$\text{HSI} \quad s_1 = r_1, \quad s_2 = r_2, \quad s_3 = kr_3$$



KOLOR TRANSFORMACIJE

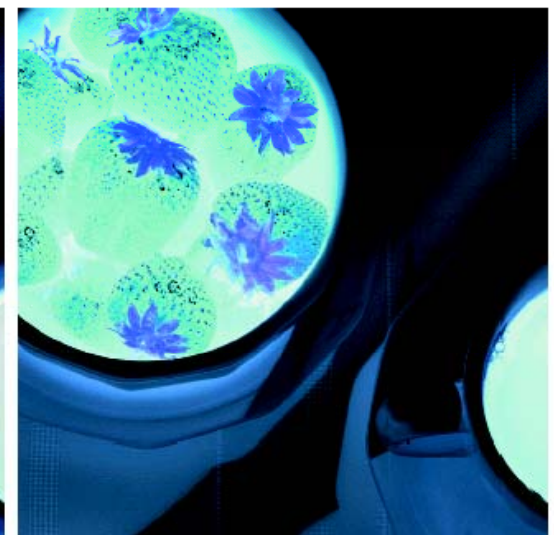
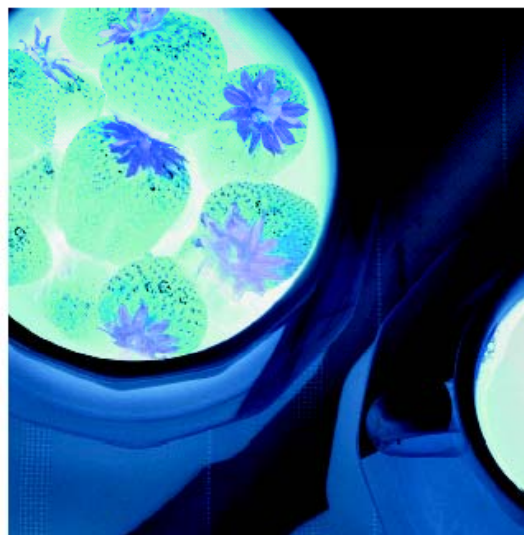
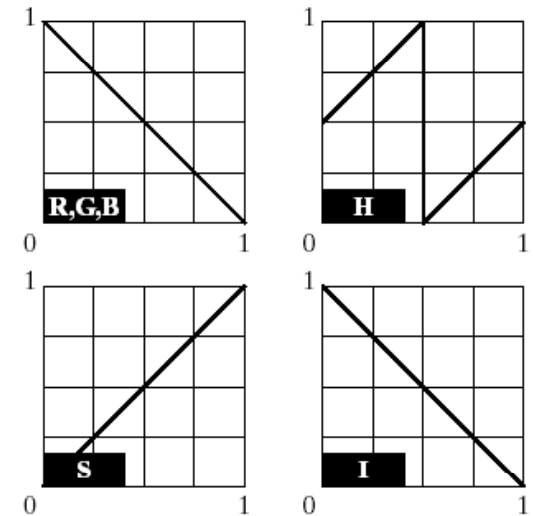
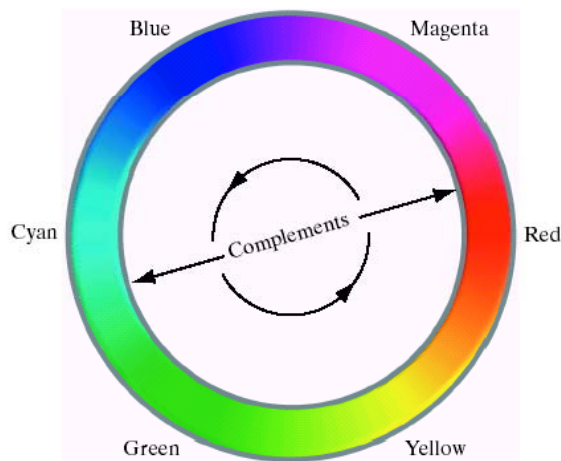
- Primer:
Modifikacija
intenziteta
slike sa
faktorom $k=0.7$

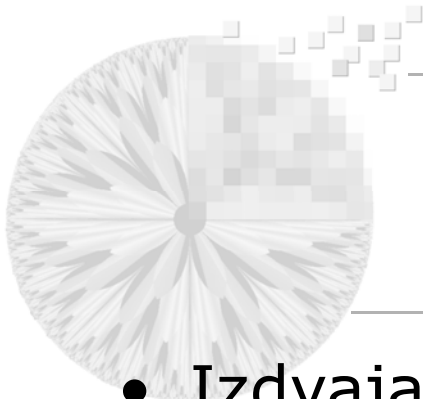




KOLOR TRANSFORMACIJE

- Komplementi
 - Naspramne boje (*Hue*) u krugu boja
 - Transformacija zamenjuje boju komplementom
 - Odgovara negativu u sivoj slici





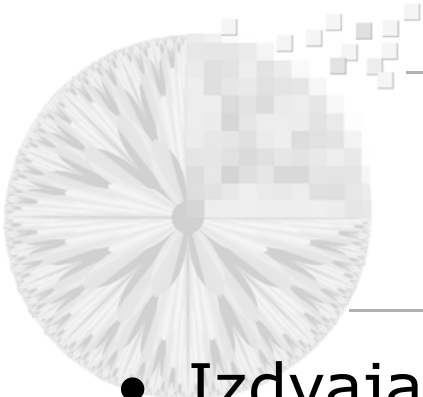
KOLOR TRANSFORMACIJE

- Izdvajanje boja
 - Naglašavanje određenog opsega boja u cilju definisanja regiona od interesa i njegovog razdvajanja od okoline
 - Ako boja datog piksela pripada definisanom opsegu u prostoru boja, tada piksel zadržava originalnu boju – u suprotnom dodeljuje mu se neka neutralna boja (siva)
 - Definicija opsega boja kao hiperkocke stranice W

$$s_i = \begin{cases} 0.5, & [|r_j - a_j| > \frac{W}{2}]_{1 \leq j \leq n} \\ r_i, & \text{inače} \end{cases}, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

- Definicija opsega boja kao sfere poluprečnika R_0

$$s_i = \begin{cases} 0.5, & \sum_{j=1}^n (r_j - a_j)^2 > R_0^2 \\ r_i, & \text{inače} \end{cases}, \quad i = 1, 2, \dots, n$$



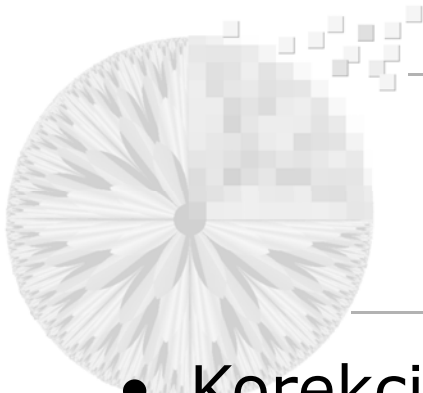
KOLOR TRANSFORMACIJE

- Izdvajanje boja
 - Definisanjem opsega oko prototipa crvene boje, izdvojiće se regioni slike koji imaju boju blisku datoj crvenoj

Hiperkocka $W=0.2549$

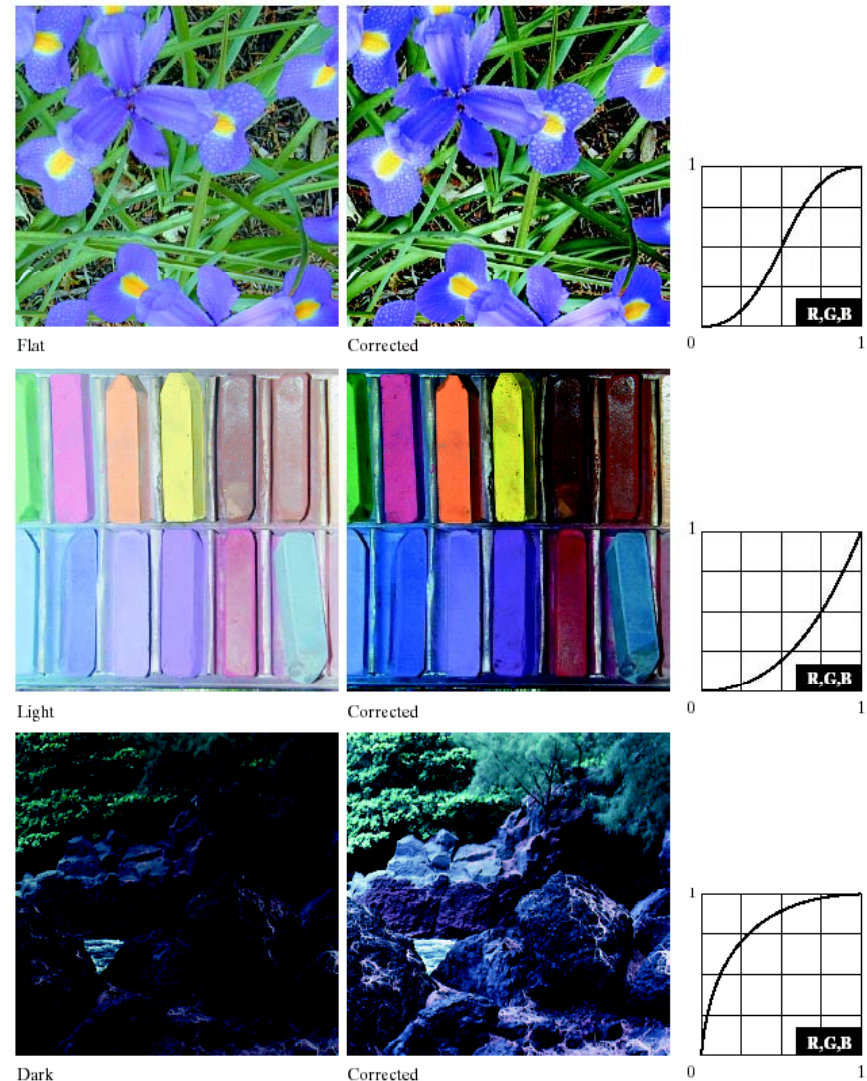
Sfera $R_0=0.1765$

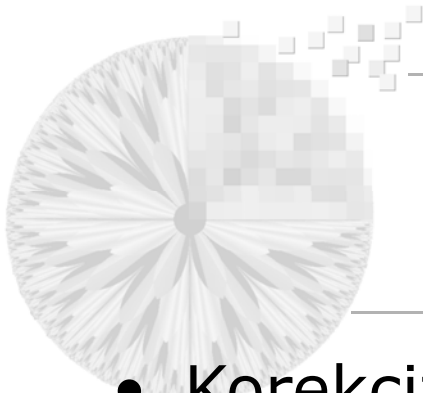




KOLOR TRANSFORMACIJE

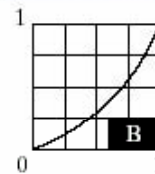
- Korekcije tonova i boja
 - Popravka karakteristika slike u cilju boljeg prikaza nekih detalja slike
 - Korekcija tonova odnosi se na popravku osvetljaja i kontrasta slike – ista transformacija primenjuje se na sve komponente u RGB i CMYK sistemima, a u HSI sistemu samo na komponentetu intenziteta
 - Primer: Korekcija tonova u RGB sistemu



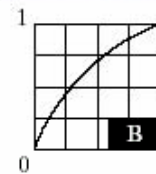


KOLOR TRANSFORMACIJE

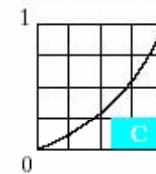
- Korekcije boja u CMYK sistemu
 - Transformacije ukazuju šta treba uraditi da bi se otklonio defekt



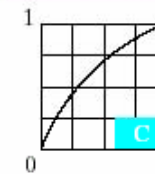
Heavy in black



Weak in black



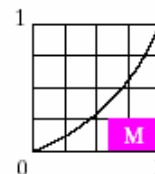
Heavy in cyan



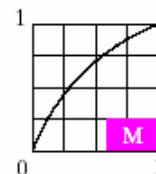
Weak in cyan



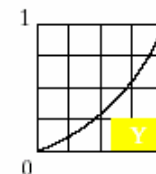
Original/Corrected



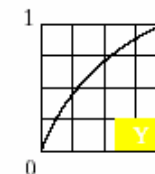
Heavy in magenta



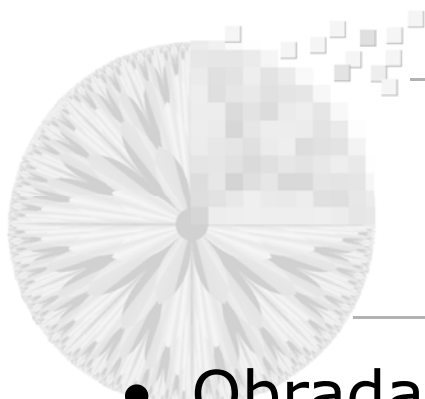
Weak in magenta



Heavy in yellow



Weak in yellow



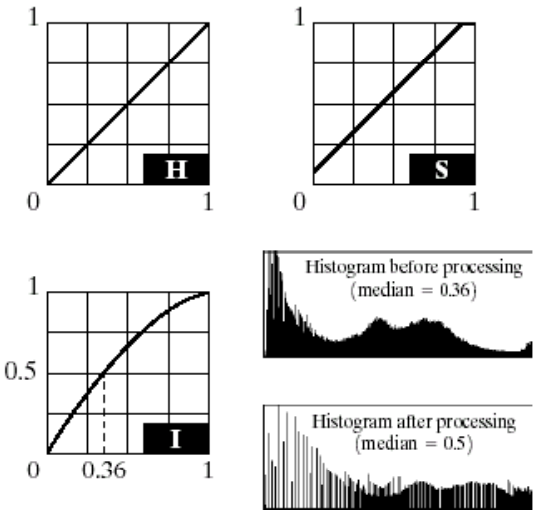
OBRADA NA OSNOVU HISTOGRAMA

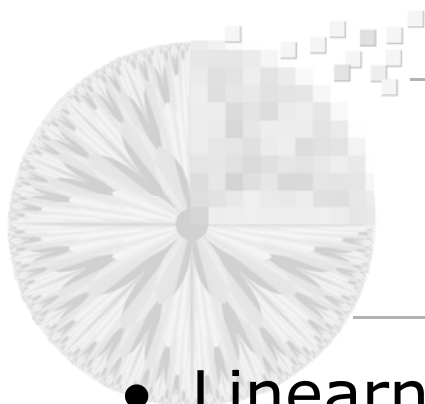
- Obrada histograma HSI komponente intenziteta
 - Dovodi do promene raspodele osvetljaja u slici, dok boje u slici ostaju nepromenjene
 - Algoritam ekvalizacije histograma razvijen za sivu sliku, može se primeniti na HSI komponentu intenziteta
- Obrada histograma RGB komponentenata nema smisla
 - Nezavisna promena histograma komponentenata boje (RGB) rezultovala bi pogrešnim bojama u slici
- Obrada histograma HSI komponente zasićenja
 - Može se ostvariti dodatna korekcija rezultata dobijenog obradom histograma HSI komponente intenziteta



OBRADA NA OSNOVU HISTOGRAMA

- Primer
 - Slika pre obrade
 - Preovlađuju tamni tonovi, a detalji drveta se ne vide
 - Slika nakon obrade histograma HSI komponente intenziteta
 - Slika nakon korekcije preko histograma HSI komponente zasićenosti





UBLAŽAVANJE I IZOŠTRAVANJE

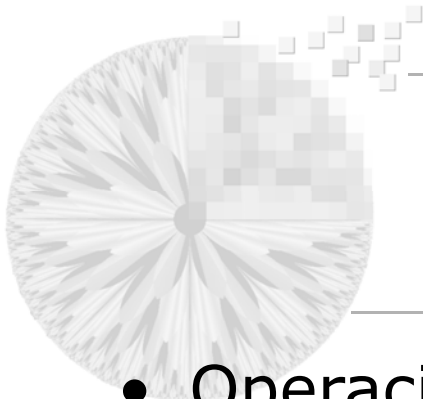
- Linearni prostorni filtri na RGB komponentama
 - Isti rezultat filtriranjem po RGB komponentama i vektorski
- Ublažavanje slike filtrom usrednjivačem

$$\bar{c}(x, y) = \frac{1}{K} \sum_{(x, y) \in S_{xy}} c(x, y) \quad \bar{c}(x, y) = \begin{bmatrix} \frac{1}{K} \sum_{(x, y) \in S_{xy}} R(x, y) \\ \frac{1}{K} \sum_{(x, y) \in S_{xy}} G(x, y) \\ \frac{1}{K} \sum_{(x, y) \in S_{xy}} B(x, y) \end{bmatrix}$$

- Izoštravanje slike realizuje se preko Laplasijana
 - Takođe se može realizovati vektorski i po komponentama

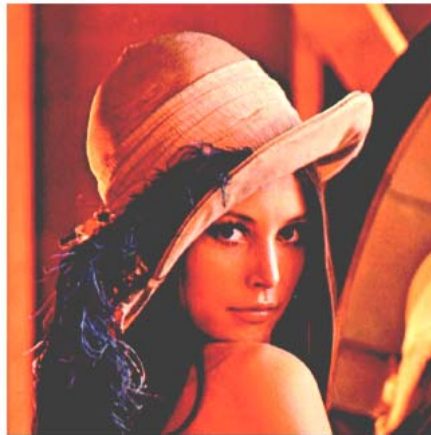
$$\nabla^2 [c(x, y)] = \begin{bmatrix} \nabla^2 R(x, y) \\ \nabla^2 G(x, y) \\ \nabla^2 B(x, y) \end{bmatrix}$$

- Operacije na komponenti intenziteta HSI sistema
 - Nema promene boje već samo osvetljaja slike

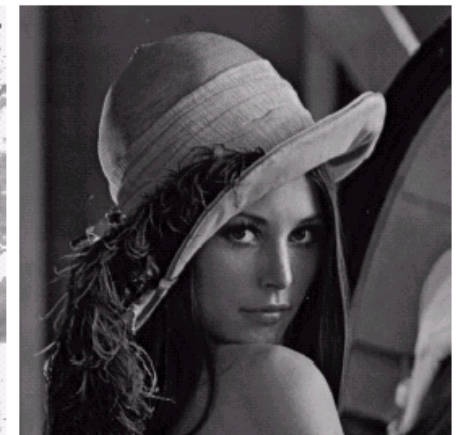
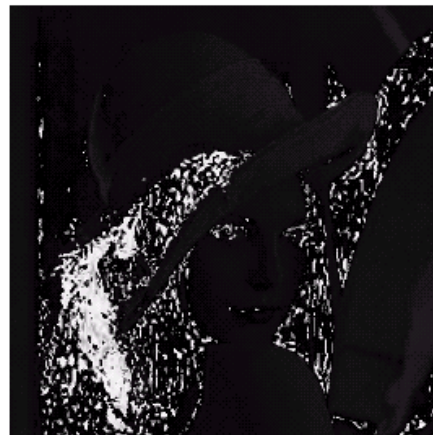


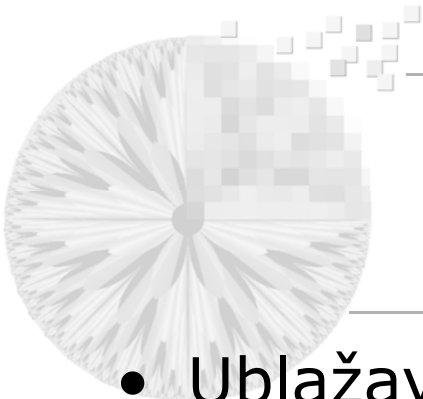
UBLAŽAVANJE I IZOŠTRAVANJE

- Operacije se mogu izvoditi na RGB komponentama ili na komponenti intenziteta HSI sistema



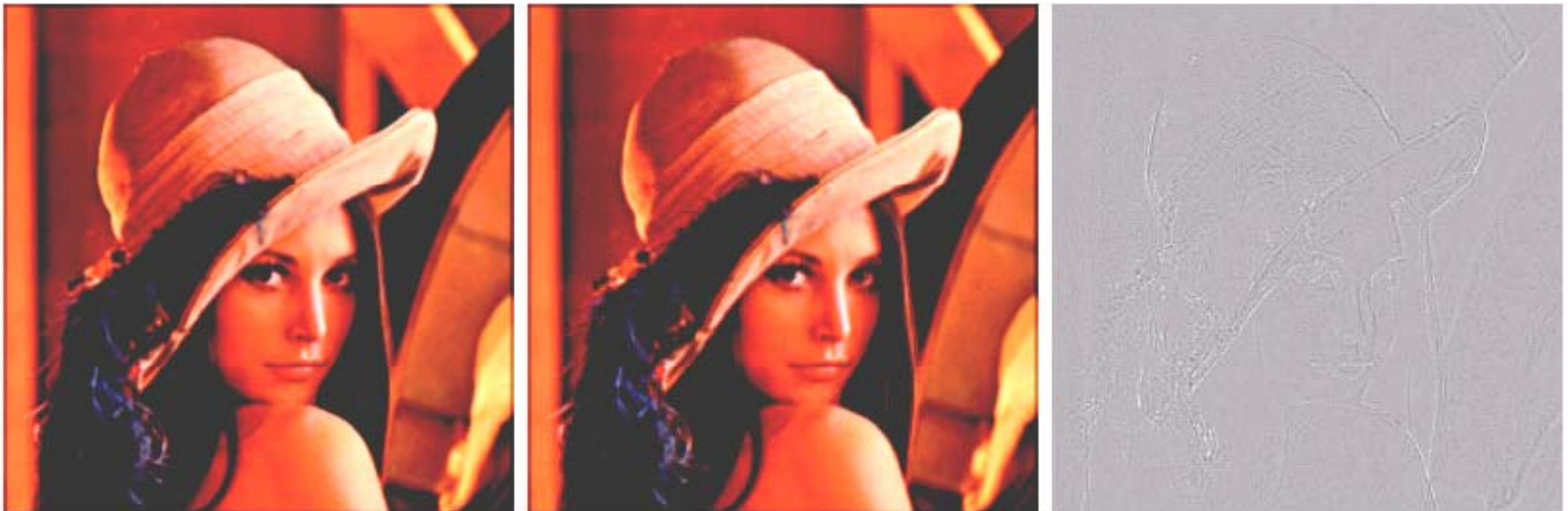
- Originalna slika
- RGB komponente
- HSI komponente





UBLAŽAVANJE I IZOŠTRAVANJE

- Ublažavanje slike u boji
 - Rezultat ublažavanja svake od RGB komponenti
 - Rezultat ublažavanja komponente intenziteta HSI sistema
 - Razlika prethodna dva rezultata
 - Zbir dva vektora daje novi vektor – nova boja u RGB prostoru
 - Filtriranje intenziteta HSI sistema menja osvetljaj, a ne boju





UBLAŽAVANJE I IZOŠTRAVANJE

- Izoštavanje slike u boji
 - Rezultat izoštravanja svake od RGB komponenti
 - Rezultat izoštravanja komponente intenziteta HSI sistema
 - Razlika prethodna dva rezultata



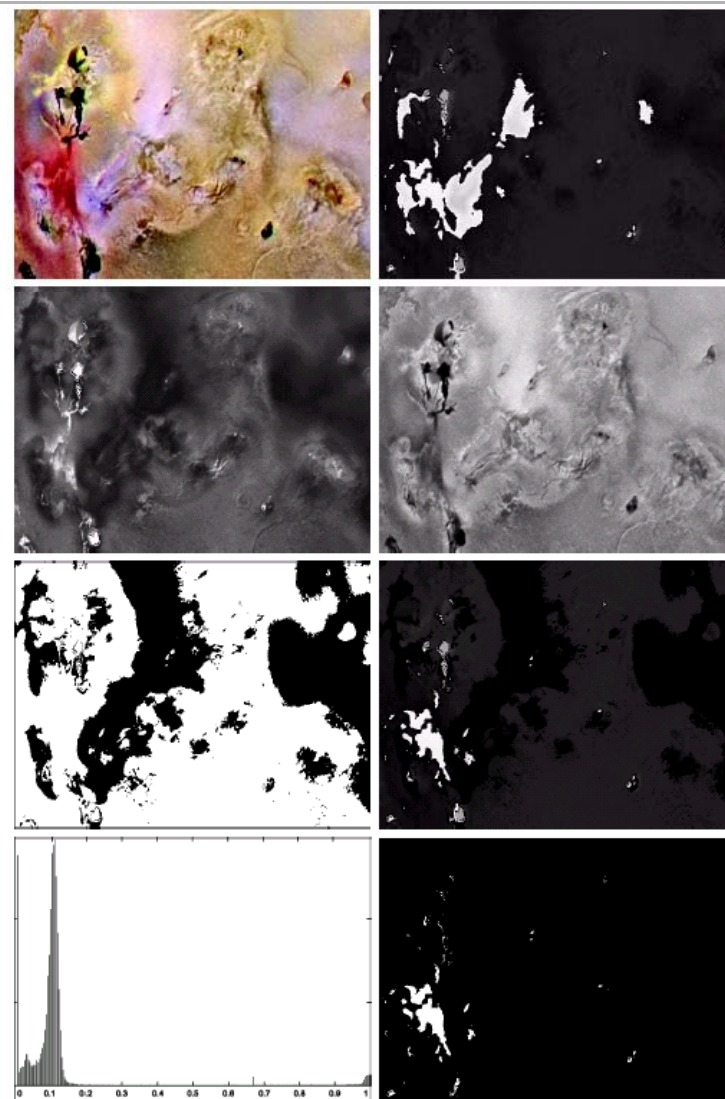


SEGMENTACIJA SLIKE NA OSNOVU BOJE

- Izdvajanje regiona koji sadrže odgovarajuće boje
- Najlakše se izvodi u HSI prostoru
 - Pomoću komponente boje (*Hue*) može se napraviti binarna maska koja označava lokacije datih boja u originalnoj slici
 - Komponenta zasićenosti koristi se za formiranje maske iz koje će biti eliminisani pikseli koji imaju malu zasićenost
 - veliko prisustvo sivih tonova
 - HSI komponenta intenziteta ne koristi se u segmentaciji na osnovu boje, jer ne sadrži nikakve informacije o boji
- Segmentacija u RGB prostoru je složenija
 - Postoji više pristupa
 - Daje bolje rezultate od segmentacije u HSI prostoru

SEGMENTACIJA SLIKE NA OSNOVU BOJE

- Segmentacija u HSI prostoru
 - Kolor slika, H, S i I komponente
 - Cilj je izdvajanje crvenog regiona u donjem levom uglu
 - Binarizacija slike saturacije (0 odgovara pikselima koji imaju vrednost saturacije manju od 10% maksimalne vrednosti saturacije)
 - Množenje slike boje (*Hue*) sa binarnom maskom saturacije (eliminacija piksela koji su po "boji" crveni ali sadrže dosta sive u sebi)
 - Histogram ukazuje da su sve vrednosti u slici u okolini 0 i 1
 - Rezultat segmentacije – maska (binarizacija sa pragom 0.9)





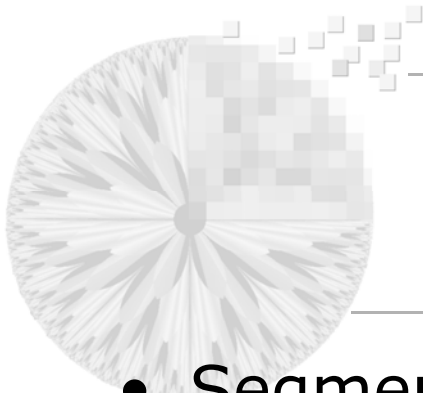
SEGMENTACIJA SLIKE NA OSNOVU BOJE

- Segmentacija u RGB prostoru
 - Na osnovu rastojanja od prototipa \mathbf{a} u prostoru boje
 - Svi pikseli sa vektorima boje \mathbf{z} na rastojanju $D(\mathbf{z}, \mathbf{a})$ manjem od D_0 pripadaju istom skupu
 - Definicija zavisi od tipa rastojanja
 - Euklidsko – sfera u prostoru boje sa poluprečnikom D_0 i centrom u vektoru \mathbf{a}

$$\begin{aligned} D(\mathbf{z}, \mathbf{a}) &= \|\mathbf{z} - \mathbf{a}\| = \sqrt{(\mathbf{z} - \mathbf{a})^T (\mathbf{z} - \mathbf{a})} \\ &= \sqrt{(z_R - a_R)^2 + (z_G - a_G)^2 + (z_B - a_B)^2} \end{aligned}$$

- Apsolutno rastojanje po osama – kvadar sa stranicama D_R, D_G, D_B i centrom u \mathbf{a} (*bounding box*)

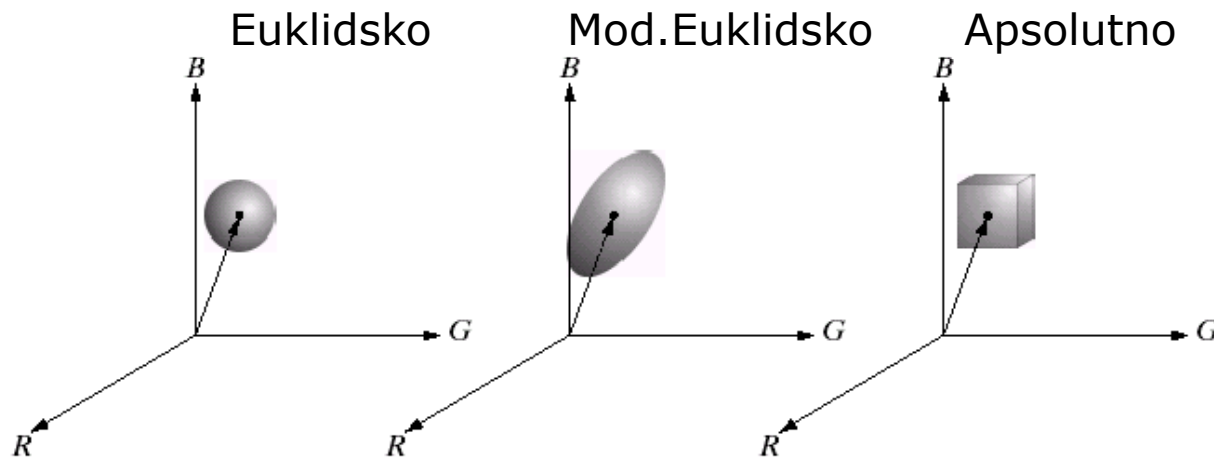
$$|z_R - a_R| \leq D_R/2, \quad |z_G - a_G| \leq D_G/2, \quad |z_B - a_B| \leq D_B/2$$

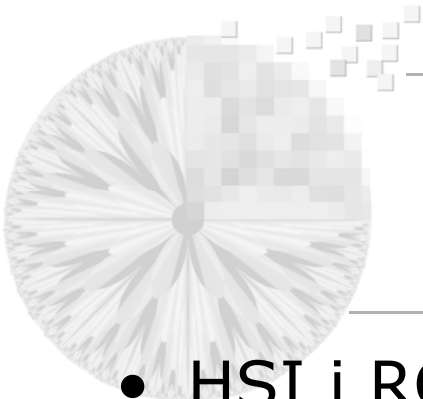


SEGMENTACIJA SLIKE NA OSNOVU BOJE

- Segmentacija u RGB prostoru
 - Modifikovano Euklidsko rastojanje na osnovu uzorka
 - Preskaliranje rastojanja po osama na osnovu kovarijanske matrice C uzorka na slici – grupa piksela koji imaju boju sličnu onoj na osnovu koje se vrši segmentacija
 - Elipsoid sa centrom u a i osama orijentisanim u pravcima najveće varijanse u uzorku

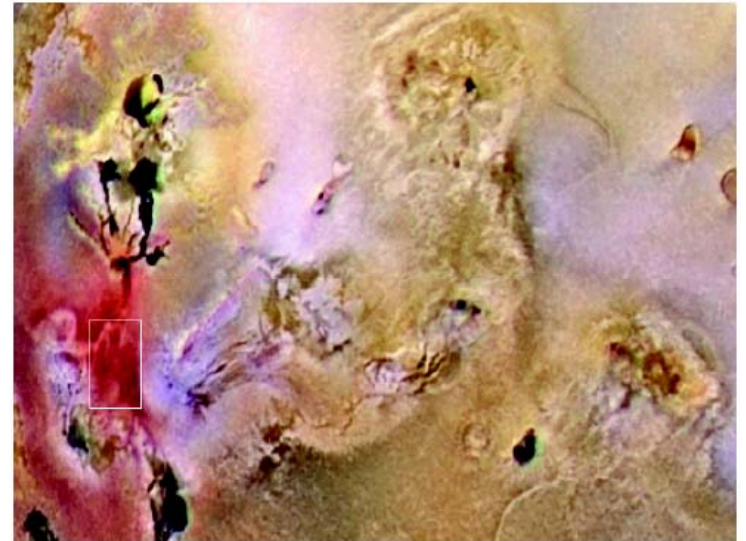
$$D(\mathbf{z}, \mathbf{a}) = \sqrt{(\mathbf{z} - \mathbf{a})^T \mathbf{C}^{-1} (\mathbf{z} - \mathbf{a})}$$





SEGMENTACIJA SLIKE NA OSNOVU BOJE

- HSI i RGB segmentacije
 - Beli pravougaonik je uzorak
 - Rezultat HSI segmentacije
 - Rezultat RGB segmentacije
 - Kvadar sa centrom u srednjoj vrednosti uzorka i stranicama od 2.5 varijanse po R, G i B osama



RGB
segmentacija
(desno) daje
bolji rezultat
od HSI

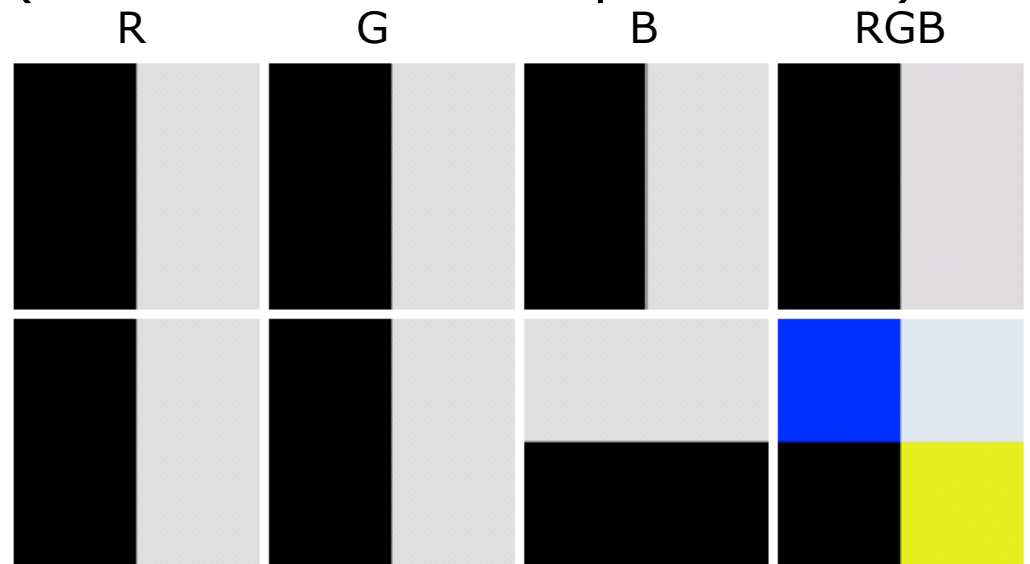


DETEKCIJA IVICA

- Gradijentni operatori

- Gradijent je vektor definisan u skalarnom polju
- Nelinearnost implicira da se ne može dobiti isti rezultat kada se ivice detektuju po komponentama i vektorski
- Postoji veliki broj različitih algoritama za vektorsku detekciju ivica čija je kompleksnost značajno veća nego kod skalarne detekcije (zbir ivica u RGB komponentama)

- Primer: gradijentni operator (npr. Sobelov) daće po komponentama isti rezultat u prvom i drugom slučaju, iako u prostoru boja ivice nisu podjednako značajne u oba slučaja



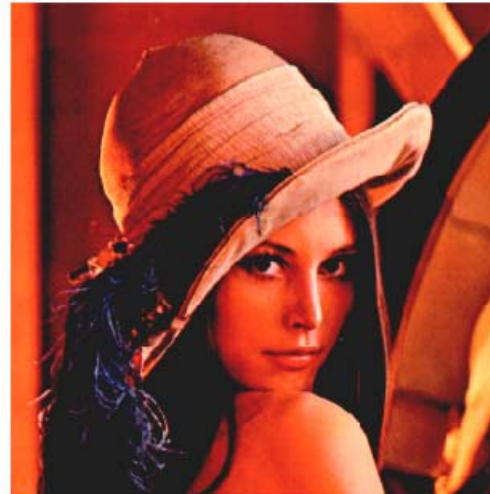
DETEKCIJA IVICA

- Vektorski ili skalarno
 - RGB slika
 - Vektorska detekcija
 - Skalarna detekcija
(zbir Sobelovih ivica u R, G i B komponentama)
 - Razlika rezultata
skalarnе i vektorske
detekcije ivica
(vektorska daje bolji rezultat, ali
je kompleksnost mnogo veća)

R

G

B





FILTRIRANJE ŠUMA

- Obično šum u svim kanalima boje ima istu raspodelu, ali postoje i situacije gde nije tako
 - Kvar uređaja na nekom od kanala
 - Optički kolor filter na pojedinim ćelijama CCD senzora
- U slučaju linearnih filtara svejedno je da li se filtriraju posebno komponente pa se sabiraju rezultati, ili se vrši vektorsko filtriranje
 - Obično se radi u RGB sistemu, ali može i u CMY ili HSI
- Kod nelinearnih filtara ne dobija se isti rezultat
 - Filtri statistike poretka: sortiranje komponenti (skalara) nije isto što i sortiranje vektora (npr. po modulu)



FILTRIRANJE ŠUMA

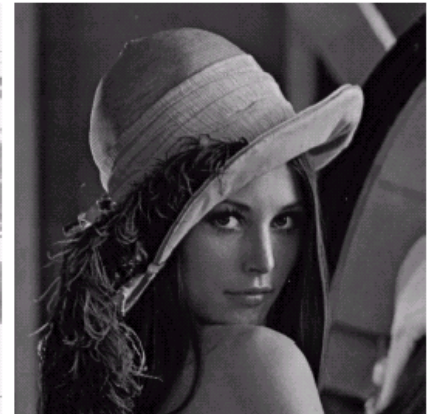
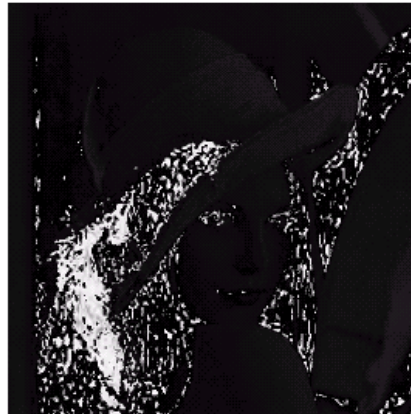
- Gausov šum
 - Crvena, zelena i plava komponenta slike sa šumom iste raspodele (srednja vrednost 0 i varijansa 800)
 - RGB slika dobijena od zašumljenih komponenti



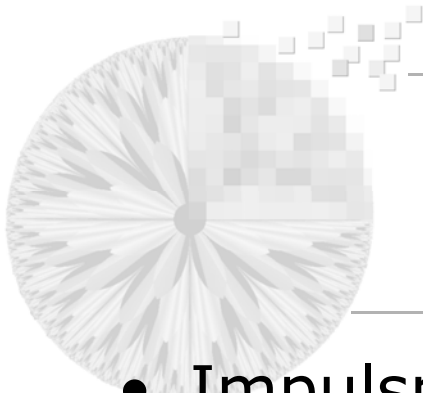


FILTRIRANJE ŠUMA

- Gausov šum
- RGB slika iz prethodnog primera u HSI sistemu
 - HSI bez oštećenja
 - HSI sa RGB oštećenjem (Gausov šum)

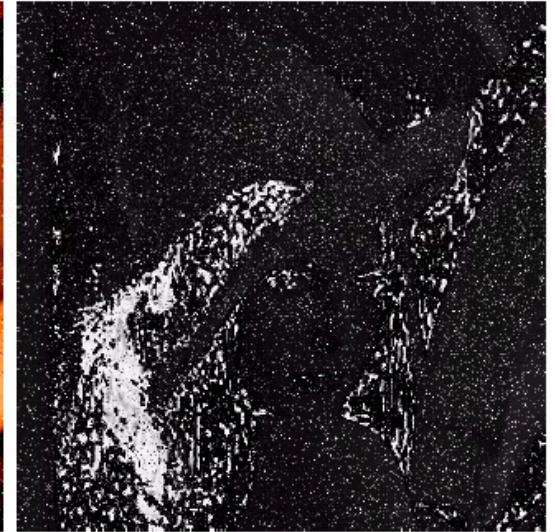


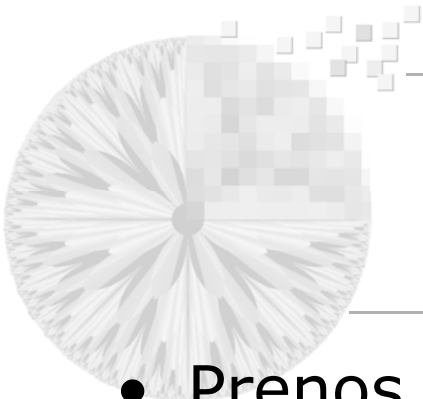
- Slike boje (*Hue*) i zasićenosti više su oštećene od R, G i B slika zbog nelinearnosti relacija $RGB \leftrightarrow HSI$ (\arccos i \min)
- Slika intenziteta manje oštećena zbog usrednjavanja R, G i B



FILTRIRANJE ŠUMA

- Impulsni šum
 - RGB slika kod koje je samo zelena komponenta oštećena sa 5% impulsnog šuma
 - HSI komponente iste slike na kojima se uočava da je svaka oštećena impulsnim šumom
 - Boja (*Hue*)
 - Zasićenost
 - Intenzitet





KOMPRESIJA SLIKE U BOJI

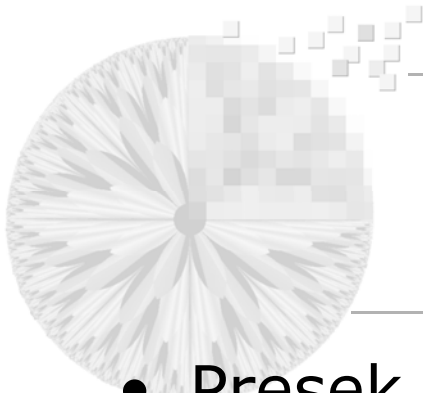
- Prenos i memorisanje slike u boji zahteva velike resurse
- Kompresija slike je veoma važan zadatak
 - Smanjenje broja bita potrebnih za predstavljanje slike
 - Kompresija bez oštećenja (*lossless compression*)
 - Kompresija sa oštećenjem (*lossy compression*)
- JPEG i JPEG 2000 su aktuelni standardi za kompresiju slike
 - Primer: kompresija 230 puta





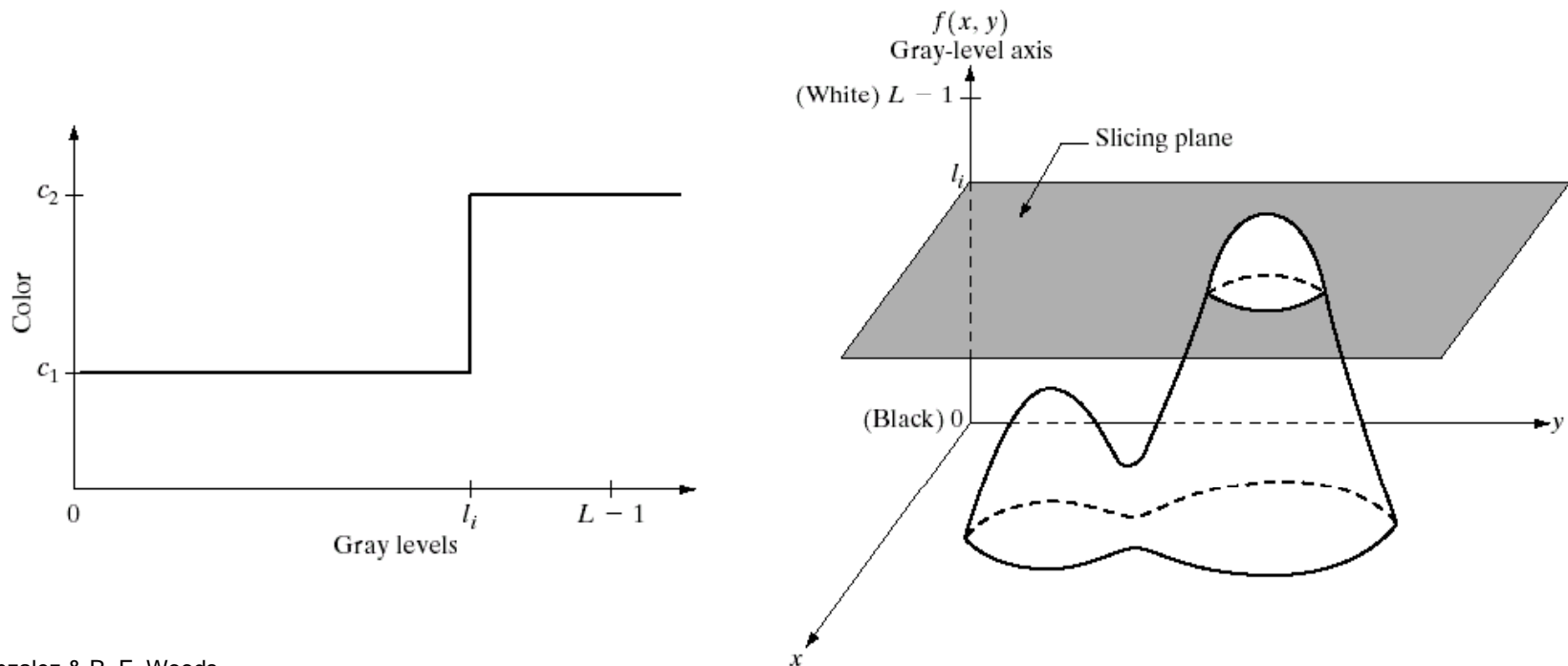
PSEUDO-KOLOR OBRADA SLIKE

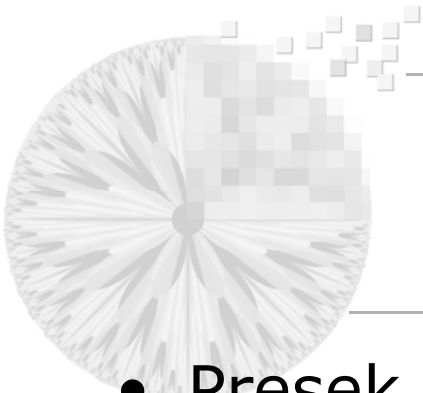
- *False color processing* (lažne boje)
- Čovek mnogo bolje razlikuje boje od nijansi sivog, pa se veštačkim bojenjem slike omogućava lakše uočavanje i interpretacija detalja slike
- Dve osnovne metode:
 - Presek po intenzitetu (*Intensity slicing*)
 - Nije rekonstrukcija boje iz sivog, već samo označavanje bojom u cilju razlikovanja različitih opsega intenziteta
 - Transformacija nijanse sivog u boju
 - Formiranje slike u boji transformacijom intenziteta jedne ili više monohromatskih slika
 - Presek po intenzitetu može se posmatrati kao specijalan slučaj



PSEUDO-KOLOR OBRADA SLIKE

- Presek po intenzitetu (*Intensity slicing*)
 - Pikselu se dodeljuje boja u zavisnosti od toga sa koje strane ravni se nalazi njegov intenzitet
 - Rezultat je dvobojna slika čiji se izgled menja pomeranjem ravni gore-dole po osi intenziteta sive slike



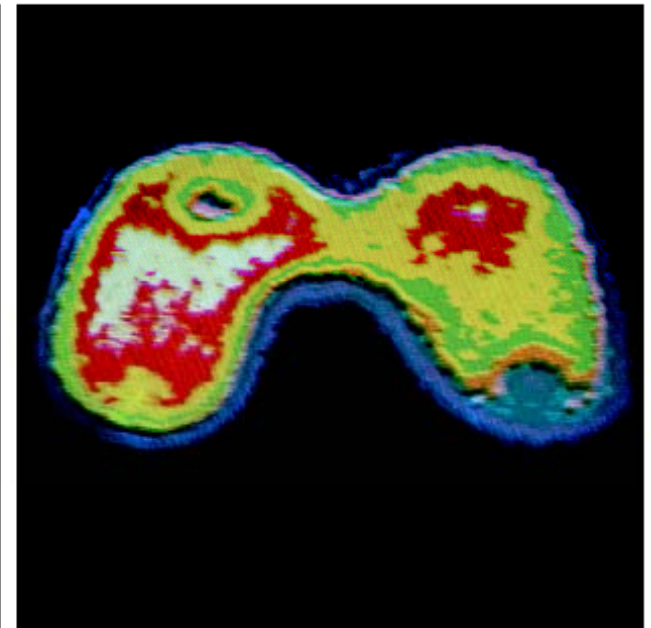
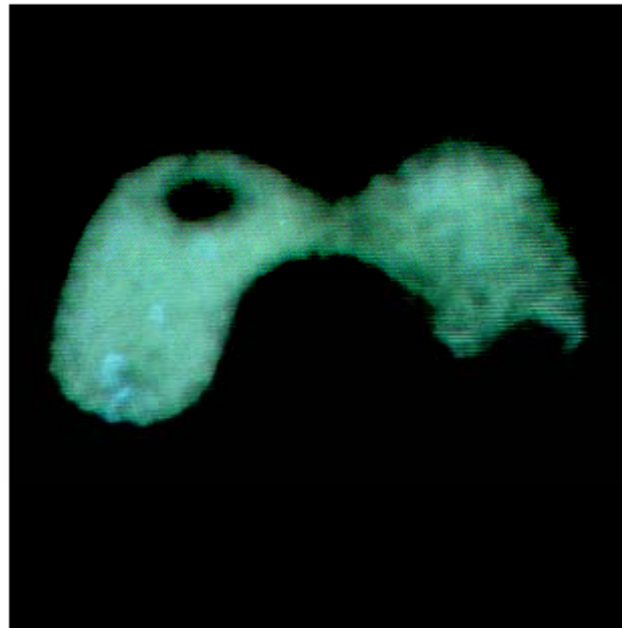


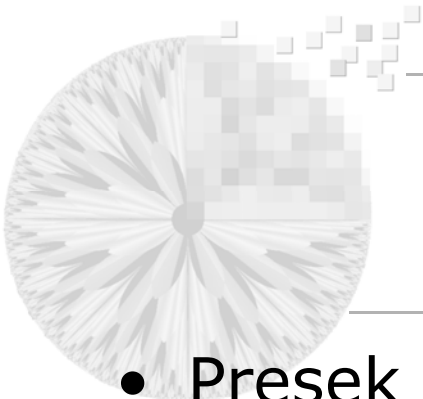
PSEUDO-KOLOR OBRADA SLIKE

- Presek po intenzitetu (*Intensity slicing*)
 - Presekom sa P ravni dobija se $P+1$ oblasti intenziteta sive slike V_k , gde se svakoj od oblasti dodeljuje boja c_k

$$f(x, y) \in V_k \Rightarrow f(x, y) = c_k$$

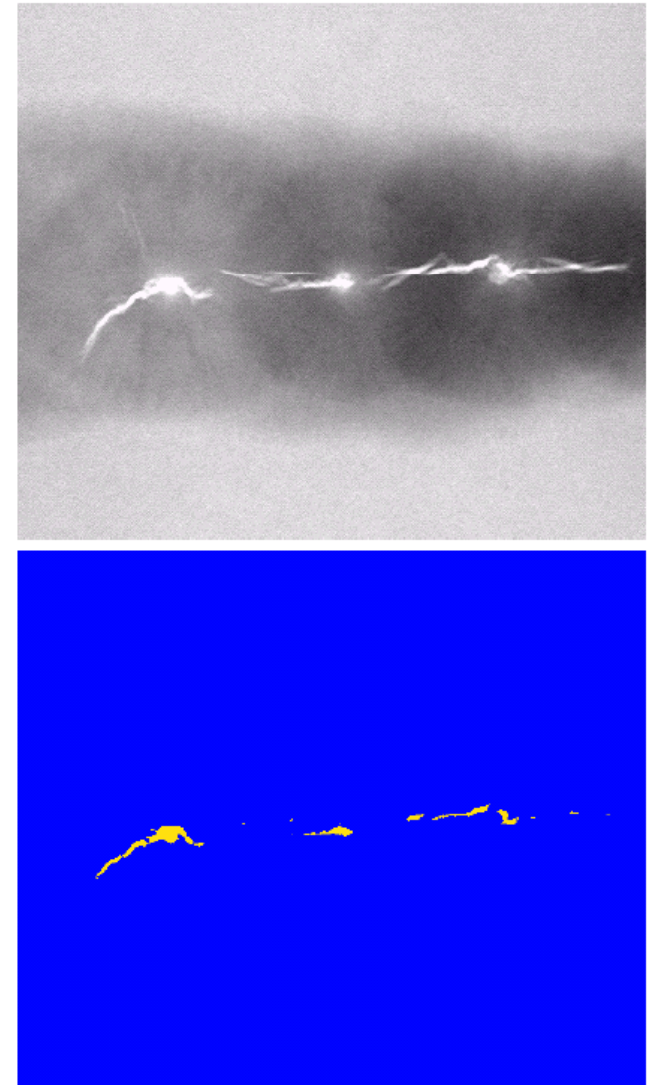
- Primer:
- Slika tiroide sa 8 boja (oblasti intenziteta)
- Varijacije u levoj polovini mnogo se lakše uočavaju nakon dodeljivanja boja

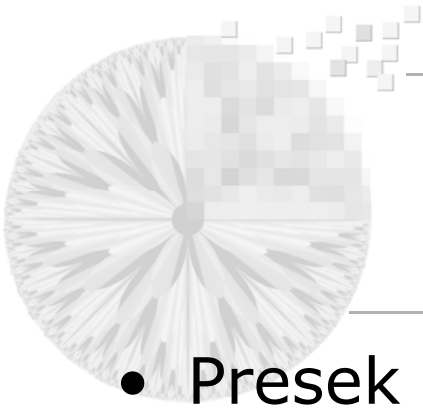




PSEUDO-KOLOR OBRADA SLIKE

- Presek po intenzitetu
 - U prethodnom primeru preseki intenziteta izvršeni su u cilju lakšeg razlikovanja detalja, bez vođenja računa o značenju nivoa sivog
 - Ako se vodi računa o fizičkim karakteristikama slike ovom metodom mogu se dobiti veoma važne informacije
 - Primer: Rentgenski snimak vara
 - Na mestu postojanja poroznosti ili pukotine X-zraci potpuno prolaze i izazivaju zasićenje senzora (najveća vrednost intenziteta slike javiće se na takvim mestima)
 - U kolor slici lakše se uočava defekt





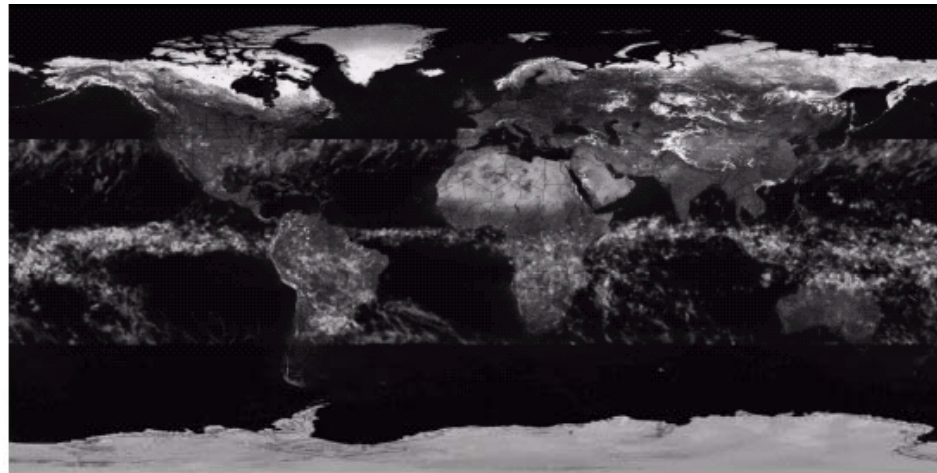
PSEUDO-KOLOR OBRADA SLIKE

- Presek po intenzitetu

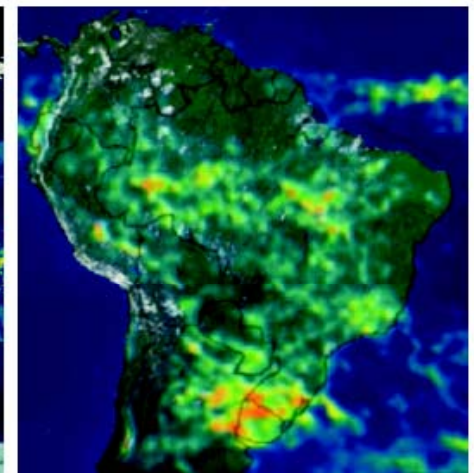
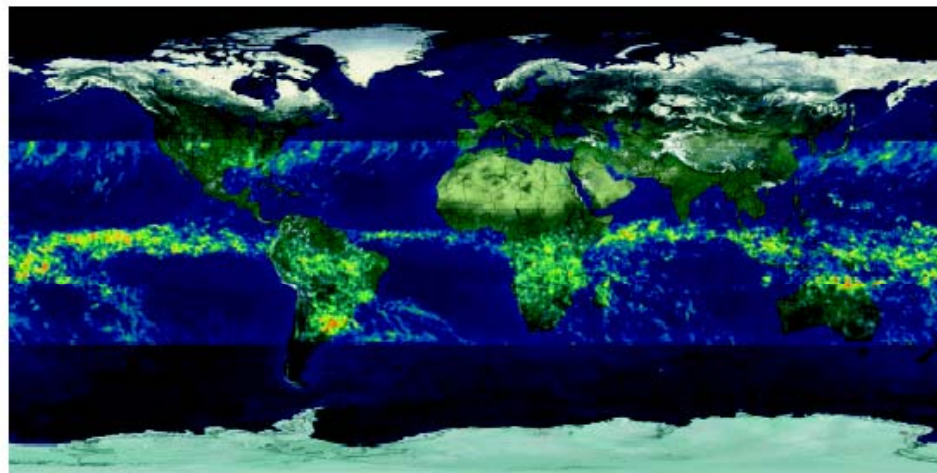
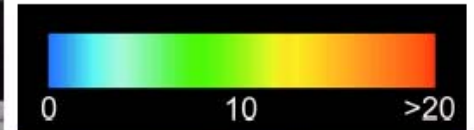
Primer:
Merenje nivoa
padavina u
tropskim
oblastima Zemlje

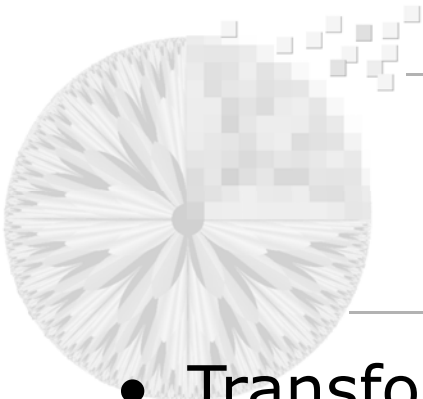
Satelitska slika
dobijena pomoću
različitih senzora
ne govori mnogo

Nakon preseka
po intenzitetu
mnogo se lakše
uočava količina
padavina



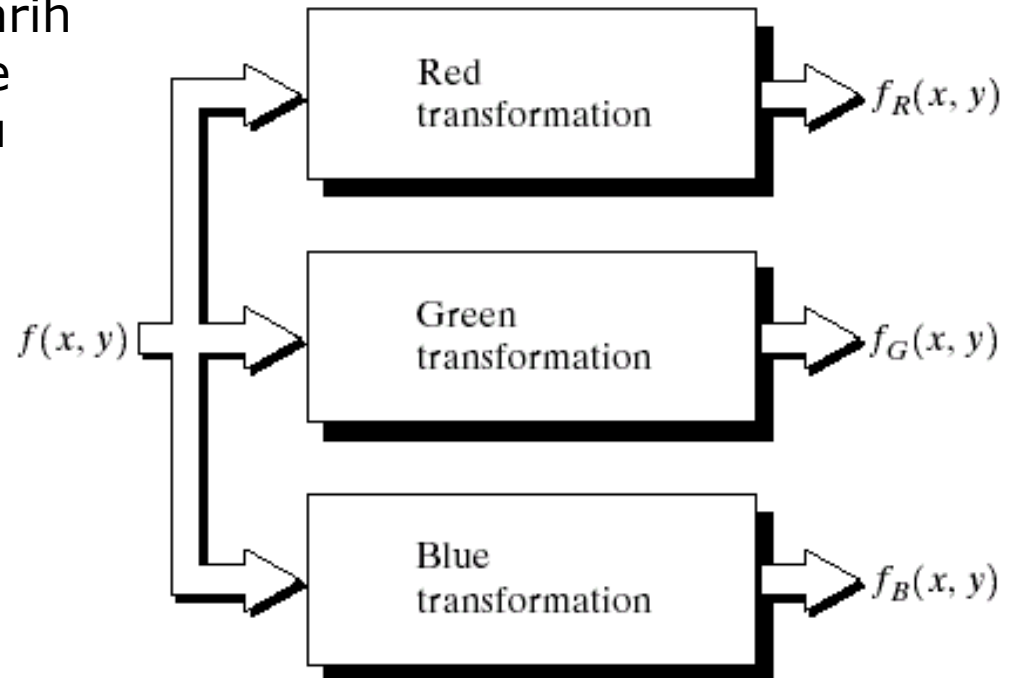
Boje odgovaraju
intenzitetu padavina
(mesečni prosek u
periodu od tri godine)

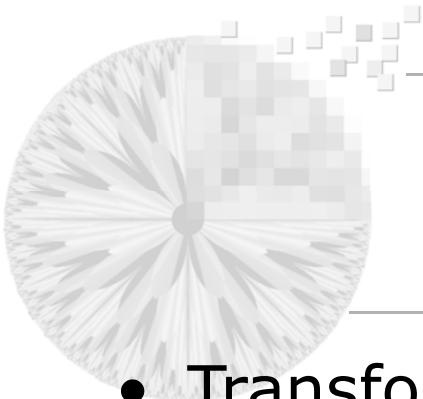




PSEUDO-KOLOR OBRADA SLIKE

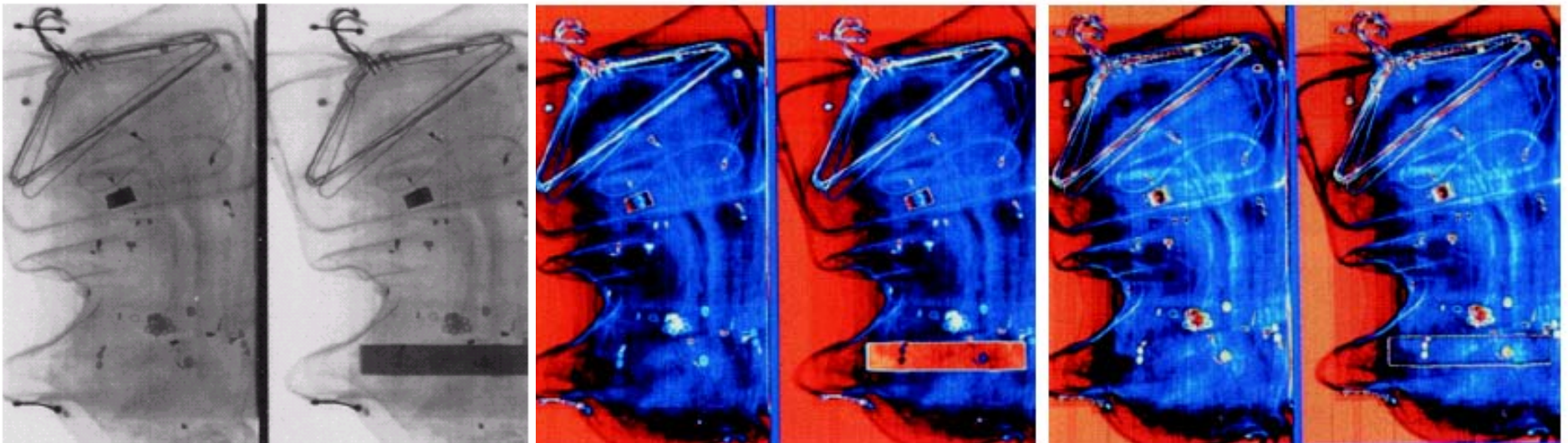
- Transformacija nijanse sivog u boju
 - Tri nezavisne transformacije skale sivog za tri kanala boje-R,G,B
 - Sadržaj slike u boji direktno zavisi od primenjenih transformacija
 - Presek po intenzitetu može se predstaviti kao specijalni slučaj (pomoću deo-po-deo linearnih transformacija)
 - Primenom glatkih nelinearnih transformacija moguće je ostvariti različite efekte u dobijenoj kolor slici

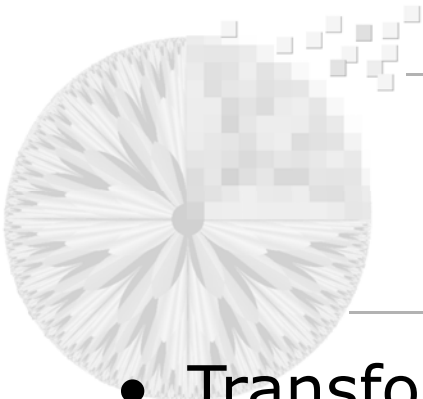




PSEUDO-KOLOR OBRADA SLIKE

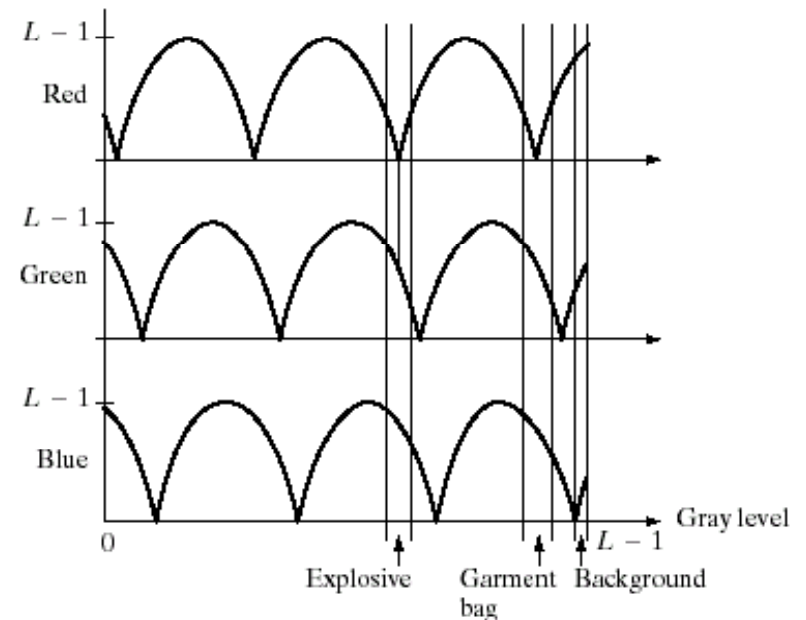
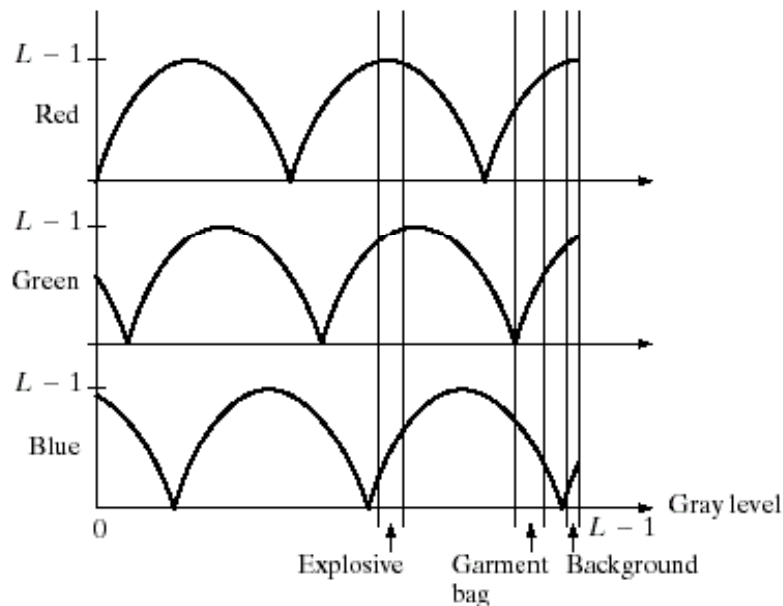
- Transformacija nijanse sivog u boju
 - Rentgenski snimci dobijeni uređajem za inspekciju prtljaga na aerodromu (sive slike)
 - Prva slika predstavlja uobičajeni sadržaj, dok je kod druge dodat blok plastičnog eksploziva
 - Dva rezultata transformacije nijanse sivog u boju dobijena primenom različitih transformacija

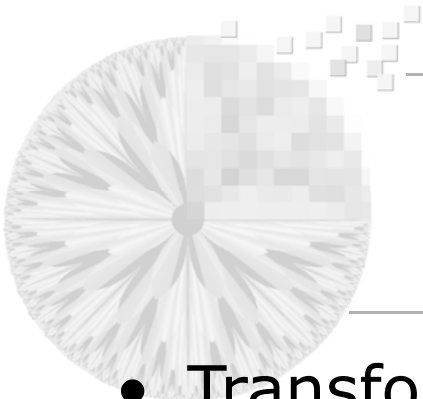




PSEUDO-KOLOR OBRADA SLIKE

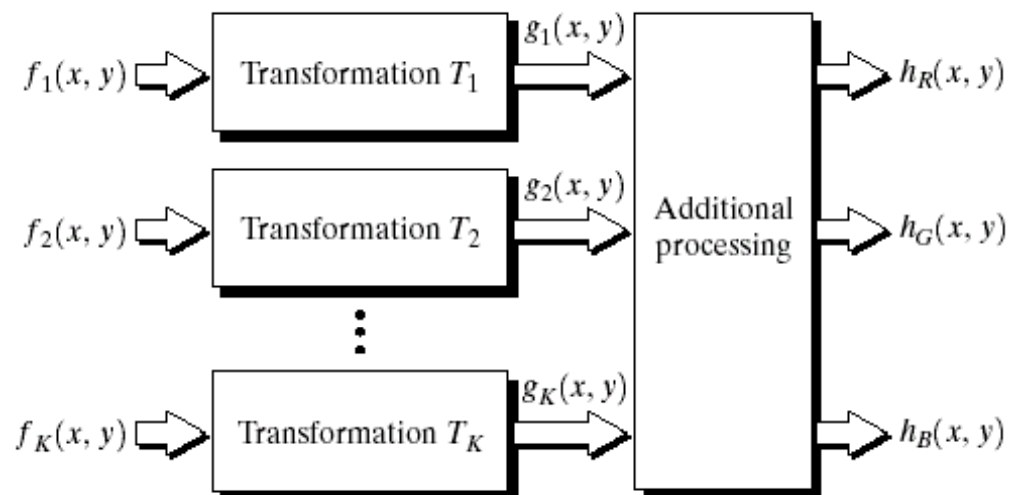
- Transformacija nijanse sivog u boju
 - Neophodno je da transformacije po kanalima budu različite
 - Upotreba istih transformacija dala bi ponovo sivu sliku
 - Transformacije korišćene pri rentgenskom snimku prtljaga
 - Različite frekvencije i faze sinusoida određuju mapiranje boje
 - Vrh sinusoide manje je osetljiv na fazni pomeraj od strmog dela





PSEUDO-KOLOR OBRADA SLIKE

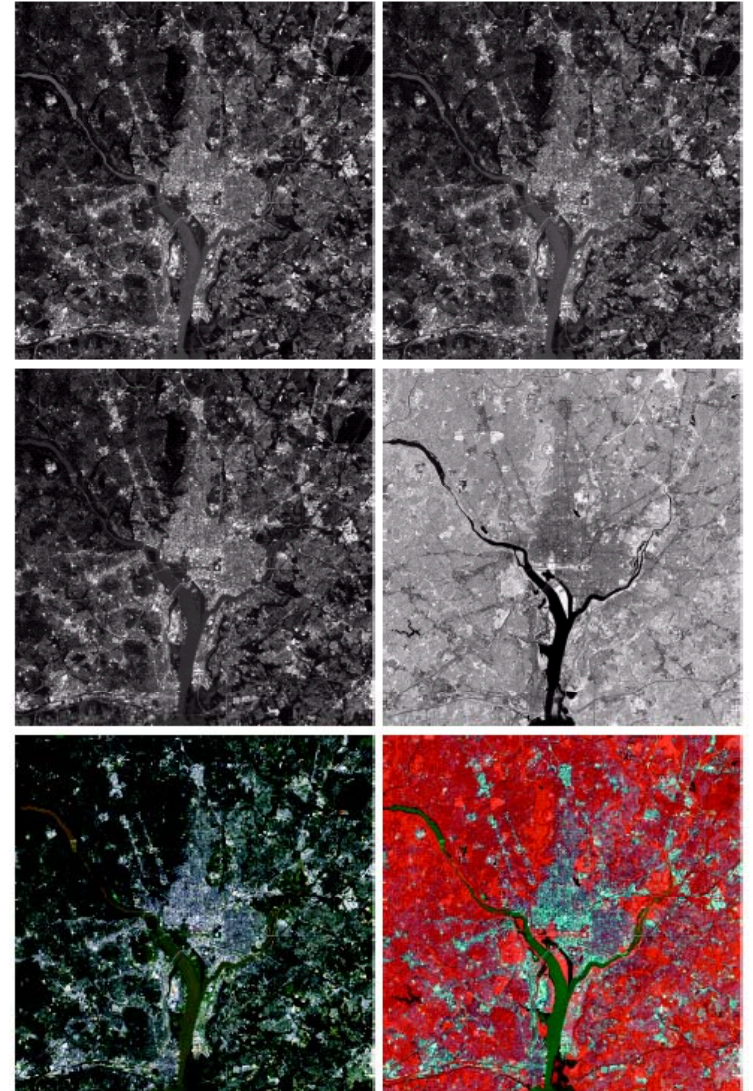
- Transformacija nijanse sivog u boju
 - Formiranje slike u boji od više monohromatskih slika dobijenih na različite načine (**multispektralna obrada**)
 - Omogućava vizuelizaciju događaja van domena ljudskih čula
 - Na svaku monohromatsku sliku potrebno je primeniti odgovarajuću transformaciju i nakon toga generisati tri monohromatske slike (R,G,B) koje će dati sliku u boji



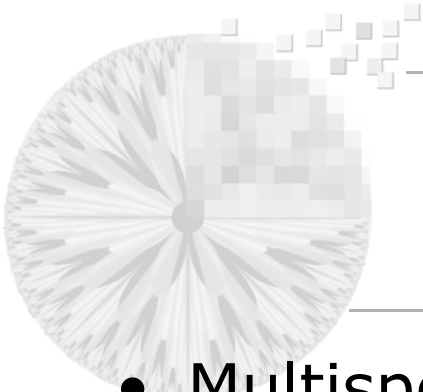


PSEUDO-KOLOR OBRADA SLIKE

- Multispektralna obrada slike
 - Primer gde se monohromatske slike dobijene različitim senzorima, u zavisnosti od opsega EM zračenja, kombinuju u jednu sliku u boji
 - Prve četiri slike: R, G, B i infra-crvena slika
 - Peta slika - RGB kombinacija
 - Šesta slika dobijena je zamenom R komponente infra-crvenom slikom, koja dobro detektuje prisustvo bio-mase
 - Jasno razlikovanje vegetacije (crveno) i ljudskih tvorevina od betona i asfalta (plavičasto).

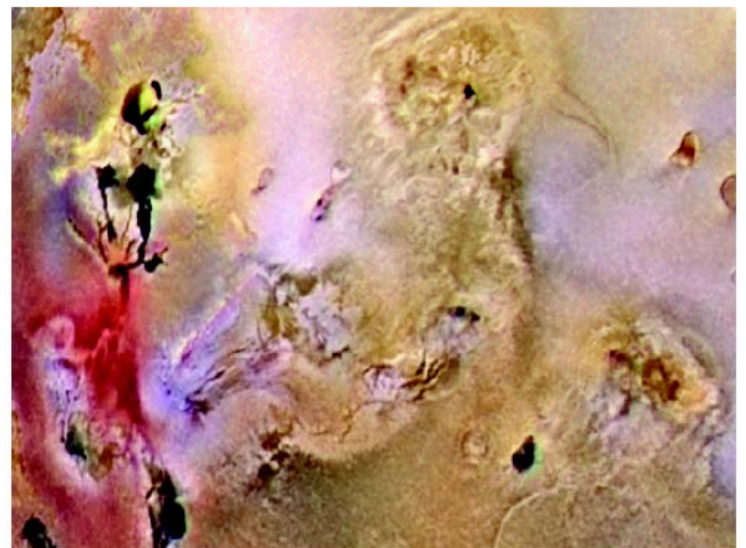


(Washington D.C.)



PSEUDO-KOLOR OBRADA SLIKE

- Multispektralna obrada slike
 - Pseudo-kolor slika Jupiterovog meseca Io dobijena iz nekoliko monohromatskih slika nastalih u različitim spektralnim opsezima
 - Monohromatske slike koje je načinila sonda Galileo svojim senzorima detektuju prisustvo različitih stvari, npr. hemijskih supstanci – sumpora
 - Crvena oblast na uvećanom delu slike ukazuje na skorbu erupciju vulkana u toj oblasti, dok žuta okolina predstavlja starije naslage sumpora iz prethodnih erupcija



ZAKLJUČAK

- Spektar boja, primarne i sekundarne boje
- Hromatski dijagram
- Kolor modeli: RGB, CMY, CMYK, HSI
- Transformacije boja
- Obrada na osnovu histograma
- Ublažavanje i izoštravanje slike u boji
- Segmentacija slike na osnovu boje
- Detekcija ivica
- Filtriranje šuma
- Pseudo-kolor obrada