

Digitalni zapis podataka

Predavanje 6

6. decembar 2022.

Sadržaj

- 1 Boje
 - Formule za konverziju

Modeli za opisivanje obojene svetlosti

- nekoliko modela
- zasnovani na trima nezavisnim karakteristikama
- neki su zasnovani na aditivnom, a neki na subtraktivnom mešanju boja
- modeli su ograničeni, u smislu da mogu da opišu boje do određenog intenziteta: ovo odgovara fizičkim karakteristikama mnogih uređaja
- svrha kolor modela je da omogući jednostavno adresiranje boja iz nekog opsega boja

Modeli za opisivanje obojene svetlosti

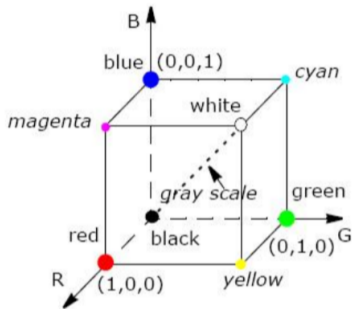
Najčešće korišćeni kolor modeli su

- RGB, HSV i HLS (za monitore)
- CMY (za štampačke uređaje)
- YIQ (za TV kolor sistem)

RGB kolor model

- koristi se za ekrane u boji
- primitive koje se koriste u ovom modelu su aditivne, tj. pojedinačni doprinosi svake primitive se dodaju i daju konačni rezultat
- zadaje se jediničnom kockom tako temena predstavljaju određenu boju
 - $(1, 0, 0)$ - crvena boja
 - $(0, 1, 0)$ - zelena boja
 - $(0, 0, 1)$ - plava boja
 - $(0, 0, 0)$ - crna boja
 - $(1, 1, 1)$ - bela boja

RGB kolor model



Izvor: Vesna Marinković, Predrag Janičić, Računarska grafika

RGB kolor model

- nijanse sive se nalaze duž glavne dijagonale kocke
- udaljavanjem od glavne dijagonale dobijaju sve zasićenije boje
- dva ekrana mogu imati različite opsege boja, pa se vrednosti RGB primitiva moraju interpretirati u zavisnosti od konkretnog uređaja, te se za prelazak sa RGB komponenti opsega boja jednog ekrana na vrednosti RGB komponenti opsega boja drugog ekrana koriste matrice transformacije
- nije intuitivan za čoveka jer o bijama ne razmišlja kao o mešavini crvene, zelene i plave boje

RGB kolor model

- vrednost svake boje (kanala) čuva se kao
 - realan broj kada se zadaje u opsegu 0-1
 - ceo broj pomoću 8 bita (opseg od 0 do 255), 16 bita (opseg od 0 do 65535) ...
- ako se koristi 8 bitova po kanalu, boja se često u programima predstavlja pomoću heksadekadnih cifara, tako što se vrednost svakog kanala predstavi sa 2 cifre
 - $(255, 0, 0) = \#FF0000$
 - $(0, 255, 0) = \#00FF00$
 - $(0, 0, 255) = \#0000FF$
 - $(255, 255, 0) = \#FFFF00$

RGB kolor model

- vrednost svake boje (kanala) čuva se kao
 - realan broj kada se zadaje u opsegu 0-1
 - ceo broj pomoću 8 bita (opseg od 0 do 255), 16 bita (opseg od 0 do 65535) ...
- ako se koristi 8 bitova po kanalu, boja se često u programima predstavlja pomoću heksadekadnih cifara, tako što se vrednost svakog kanala predstavi sa 2 cifre
 - $(255, 0, 0) = \#FF0000$ koja je ovo boja?
 - $(0, 255, 0) = \#00FF00$
 - $(0, 0, 255) = \#0000FF$
 - $(255, 255, 0) = \#FFFF00$

RGB kolor model

- vrednost svake boje (kanala) čuva se kao
 - realan broj kada se zadaje u opsegu 0-1
 - ceo broj pomoću 8 bita (opseg od 0 do 255), 16 bita (opseg od 0 do 65535) ...
- ako se koristi 8 bitova po kanalu, boja se često u programima predstavlja pomoću heksadekadnih cifara, tako što se vrednost svakog kanala predstavi sa 2 cifre
 - $(255, 0, 0) = \#FF0000$ koja je ovo boja? crvena
 - $(0, 255, 0) = \#00FF00$
 - $(0, 0, 255) = \#0000FF$
 - $(255, 255, 0) = \#FFFF00$

RGB kolor model

- vrednost svake boje (kanala) čuva se kao
 - realan broj kada se zadaje u opsegu 0-1
 - ceo broj pomoću 8 bita (opseg od 0 do 255), 16 bita (opseg od 0 do 65535) ...
- ako se koristi 8 bitova po kanalu, boja se često u programima predstavlja pomoću heksadekadnih cifara, tako što se vrednost svakog kanala predstavi sa 2 cifre
 - $(255, 0, 0) = \#FF0000$ koja je ovo boja? crvena
 - $(0, 255, 0) = \#00FF00$ koja je ovo boja?
 - $(0, 0, 255) = \#0000FF$
 - $(255, 255, 0) = \#FFFF00$

RGB kolor model

- vrednost svake boje (kanala) čuva se kao
 - realan broj kada se zadaje u opsegu 0-1
 - ceo broj pomoću 8 bita (opseg od 0 do 255), 16 bita (opseg od 0 do 65535) ...
- ako se koristi 8 bitova po kanalu, boja se često u programima predstavlja pomoću heksadekadnih cifara, tako što se vrednost svakog kanala predstavi sa 2 cifre
 - $(255, 0, 0) = \#FF0000$ koja je ovo boja? crvena
 - $(0, 255, 0) = \#00FF00$ koja je ovo boja? zelena
 - $(0, 0, 255) = \#0000FF$
 - $(255, 255, 0) = \#FFFF00$

RGB kolor model

- vrednost svake boje (kanala) čuva se kao
 - realan broj kada se zadaje u opsegu 0-1
 - ceo broj pomoću 8 bita (opseg od 0 do 255), 16 bita (opseg od 0 do 65535) ...
- ako se koristi 8 bitova po kanalu, boja se često u programima predstavlja pomoću heksadekadnih cifara, tako što se vrednost svakog kanala predstavi sa 2 cifre
 - $(255, 0, 0) = \#FF0000$ koja je ovo boja? crvena
 - $(0, 255, 0) = \#00FF00$ koja je ovo boja? zelena
 - $(0, 0, 255) = \#0000FF$ koja je ovo boja?
 - $(255, 255, 0) = \#FFFF00$ koja je ovo boja?

RGB kolor model

- vrednost svake boje (kanala) čuva se kao
 - realan broj kada se zadaje u opsegu 0-1
 - ceo broj pomoću 8 bita (opseg od 0 do 255), 16 bita (opseg od 0 do 65535) ...
- ako se koristi 8 bitova po kanalu, boja se često u programima predstavlja pomoću heksadekadnih cifara, tako što se vrednost svakog kanala predstavi sa 2 cifre
 - (255, 0, 0) = #FF0000 koja je ovo boja? crvena
 - (0,255, 0) = #00FF00 koja je ovo boja? zelena
 - (0,0,255) = #0000FF koja je ovo boja? plava
 - (255,255,0) = #FFFF00 koja je ovo boja? žuta

RGBA kolor model

- RGB kolor model dopunjen četvrtim kanalom - alfa kanala (0%-100% ili 0-1)
- alfa kanala - označava neprozirnost
 - 0 - potpunu transparentnost
 - 1 - potpunu neprozirnost
- za čuvanje se obično koristi po 8 bitova za svaki kanal (ukupno 32 bita)
- redosled dodeljenih bitova po kanalu može da bude: RGBA ili ARGB

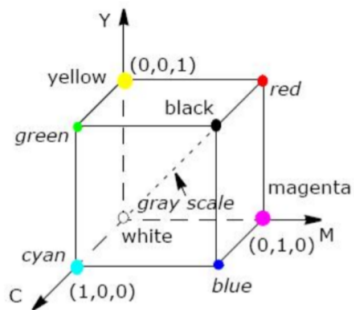
CMY i CMYK kolor model

- boje se opisuju kao mešavine cijan, magenta i žute boje
 - cijan (zeleno-plava) - predstavlja komplement crvene
 - magenta (ljubičasto-crvena) - predstavlja komplement zelene
 - žuta- predstavlja komplement plave
- koristi se za štampače, jer mastilo reflektuje neki deo primljene svetlosti, a apsorbira drugi deo

CMY i CMYK kolor model

- zadaje se jediničnom kockom tako da temena predstavljaju određenu boju
 - $(0, 0, 0)$ - bela boja
 - $(1, 0, 0)$ - cijan boja
 - $(0, 1, 0)$ - magenta boja
 - $(0, 0, 1)$ - žuta boja

CMY kolor model



Izvor: Vesna Marinković, Predrag Janičić, Računarska grafika

CMY i CMYK kolor model

- kada se površ prekrije određenom bojom mastila, iz reflektovane bele svetlosti, jedno svetlo se apsorbuje, a drugo reflektuje
 - ako je cijan mastilo, apsorbuje se crveno svetlo, a reflektuje plavo i zeleno
 - ako je magenta mastilo, apsorbuje se zeleno svetlo
 - ako je žuto mastilo, apsorbuje se plavo svetlo
 - kada se pomešaju dva mastila, svetlost koja se reflektuje je ona koju ne apsorbuje nijedna od njih
 - mešavina mastila cijan i magente apsorbuje i crvenu i zelenu boju, te reflektuje plavu svetlost
 - mešavina cijan, magenta i žutog mastila apsorbovaće crvenu, zelenu i plavu svetlost i dobiće se crna boja

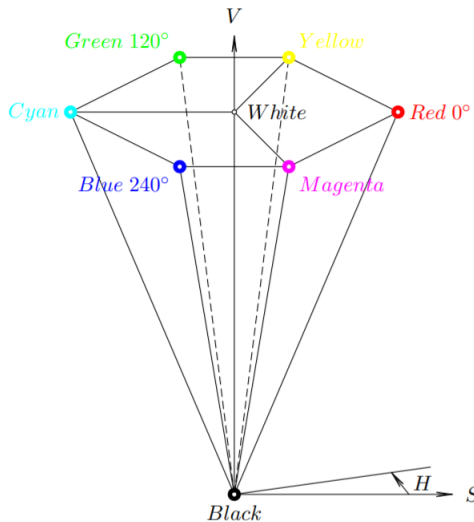
CMY i CMYK kolor model

- boja (1, 1, 1) nije sasvim crna, jer mešavina cijan, magente i žute boje ne uspeva da apsorbuje svu svetlost, stoga štampači često imaju i četvrto mastilo – crno (u oznaci K)

HSV kolor model

- koristi cilindrični koordinatni sistem i podskup skupa boja koje je moguće na ovaj način adresirati zadaje se šestostranom piramidom
- komponente modela su
 - **H**: *nijansa* (eng. hue) - karakteriše boju ($0^\circ - 360^\circ$)
 - 0° - crvena
 - 120° - zelena
 - 240° - plava
 - **S**: *zasićenost* (eng. saturation) - karakteriše koliko se boja razlikuje od sive istog intenziteta (0% - 100% ili 0 - 1,)
 - **V**: *sjajnost* (eng. value, brightness) - karakteriše koliko je boja svetla ili tamna (0% - 100%, ili 0 - 1), 0 - crna

HSV kolor model



Izvor: Vesna Marinković, Predrag Janičić, Računarska grafika

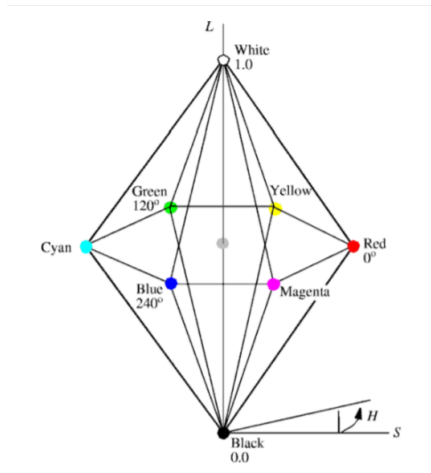
HSV kolor model

- visoko zasícene boje deluju čisto, a manje zasícene boje izgledaju isprano
- osnova piramide odgovara vrednosti $V=1$ i ona sadži relativno svetle boje
- nijansa boje se meri uglom oko vertikalne ose
- komplementarne boje su udaljene za 180°
- crna boja: $V=0$, dok vrednosti za H i S nisu relevantne
- bela boja: $S = 0$ i $V = 1$
- nijanse sive se određuju sa V kada je $S=0$
- kada je $S=0$, vrednost za H nije relevantna

HLS kolor model

- koristi cilindrični koordinatni sistem i podskup skupa boja koje je moguće na ovaj način adresirati zadaje se dvostrukom šestostranom piramidom
- komponente modela su
 - **H**: *nijansa* (eng. hue)
 - **S**: *zasićenost* (eng. saturation) - od potpuno zasićene boje do ekvivalentne sive
 - **L**: *osvetljenost* (eng. lightness) - karakteriše koliko je boja svetla ili tamna (0% - 100%, ili 0 - 1), 0 - crna

HLS kolor model



Izvor: Vesna Marinković, Predrag Janičić, Računarska grafika

HLS kolor model

- bela boja: $L=1$
- crna boja: $L=0$
- nijanse sive se određuju kada je $S=0$
- maksimalno zasićene boje kada je $S=1$ i $L=0.5$

Formule za konverziju iz RGB u HSV model

Vrednosti R,G i B kanala su iz intervala [0, 255]

$$R' = R/255$$

$$G' = G/255$$

$$B' = B/255$$

$$C_{max} = \max(R', G', B')$$

$$C_{min} = \min(R', G', B')$$

$$\Delta = C_{max} - C_{min}$$

Računanje nijanse:

$$H = \begin{cases} 0^\circ, & \text{ako } \Delta = 0 \\ 60^\circ * (\frac{G' - B'}{\Delta} \bmod 6), & \text{ako } C_{max} = R' \\ 60^\circ * (\frac{B' - R'}{\Delta} + 2), & \text{ako } C_{max} = G' \\ 60^\circ * (\frac{R' - G'}{\Delta} + 4), & \text{ako } C_{max} = B' \end{cases}$$

Formule za konverziju iz RGB u HSV model

Računanje zasićenosti:

$$S = \begin{cases} 0, & \text{ako } C_{max} = 0 \\ \frac{\Delta}{C_{max}}, & \text{ako } C_{max} \neq 0 \end{cases}$$

Računanje sjajnosti:

$$V = C_{max}$$

Formule za konverziju iz RGB u HSL model

Vrednosti R, G i B kanala su iz intervala [0, 255]

$$R' = R/255$$

$$G' = G/255$$

$$B' = B/255$$

$$C_{max} = \max(R', G', B')$$

$$C_{min} = \min(R', G', B')$$

$$\Delta = C_{max} - C_{min}$$

Računanje nijanse:

$$H = \begin{cases} 0^\circ, & \text{ako } \Delta = 0 \\ 60^\circ * (\frac{G' - B'}{\Delta} \text{ mod } 6), & \text{ako } C_{max} = R' \\ 60^\circ * (\frac{B' - R'}{\Delta} + 2), & \text{ako } C_{max} = G' \\ 60^\circ * (\frac{R' - G'}{\Delta} + 4), & \text{ako } C_{max} = B' \end{cases}$$

Formule za konverziju iz RGB u HSL model

Računanje osvetljenosti:

$$L = (C_{max} + C_{min})/2$$

Računanje zasićenosti:

$$S = \begin{cases} 0, & \text{ako } \Delta = 0 \\ \frac{\Delta}{1 - |2 * L - 1|}, & \text{ako } \Delta \neq 0 \end{cases}$$

Formule za konverziju iz RGB u CMYK model

Vrednosti R, G i B kanala su iz intervala [0, 255]

$$R' = R/255$$

$$G' = G/255$$

$$B' = B/255$$

$$K = 1 - \max(R', G', B')$$

$$C = \frac{1-R'-K}{1-K}$$

$$M = \frac{1-G'-K}{1-K}$$

$$Y = \frac{1-B'-K}{1-K}$$

Formule za konverziju iz HSV u RGB model

Ako važi $0 \leq H < 360$, $0 \leq s \leq 1$ i $0 \leq V \leq 1$:

$$C = V * S$$

$$X = C * (1 - |(H/60) \bmod 2 - 1|)$$

$$m = V - C$$

Računanje nijanse:

$$(R', G', B') = \begin{cases} (C, X, 0), & \text{ako } 0 \leq H < 60 \\ (X, C, 0), & \text{ako } 60 \leq H < 120 \\ (0, C, X), & \text{ako } 120 \leq H < 180 \\ (0, X, C), & \text{ako } 180 \leq H < 240 \\ (X, 0, C), & \text{ako } 240 \leq H < 300 \\ (C, 0, X), & \text{ako } 300 \leq H < 360 \end{cases}$$

$$(R, G, B) = ((R' + m) * 255, (G' + m) * 255, (B' + m) * 255)$$

Formule za konverziju iz HLS u RGB model

Ako važi $0 \leq H < 360$, $0 \leq S \leq 1$ i $0 \leq L \leq 1$:

$$C = (1 - |2 * L - 1|) * S$$

$$X = C * (1 - |(H/60) \bmod 2 - 1|)$$

$$m = L - C/2$$

Računanje nijanse:

$$(R', G', B') = \begin{cases} (C, X, 0), & \text{ako } 0 \leq H < 60 \\ (X, C, 0), & \text{ako } 60 \leq H < 120 \\ (0, C, X), & \text{ako } 120 \leq H < 180 \\ (0, X, C), & \text{ako } 180 \leq H < 240 \\ (X, 0, C), & \text{ako } 240 \leq H < 300 \\ (C, 0, X), & \text{ako } 300 \leq H < 360 \end{cases}$$

$$(R, G, B) = ((R' + m) * 255, (G' + m) * 255, (B' + m) * 255)$$

Formule za konverziju iz CMYK u RGB model

Vrednosti kanala su date u intervalu $[0, 1]$

$$R = 255 * (1 - C) * (1 - K)$$

$$R = 255 * (1 - M) * (1 - K)$$

$$R = 255 * (1 - Y) * (1 - K)$$

Korisni alati

Konvertori

- RGB u HSV
<https://www.rapidtables.com/convert/color/rgb-to-hsv.html>
- RGB u HSL
<https://www.rapidtables.com/convert/color/rgb-to-hsl.html>
- RGB u CMYK
<https://www.rapidtables.com/convert/color/rgb-to-cmyk.html>
- HSV u RGB
<https://www.rapidtables.com/convert/color/rgb-to-cmyk.html>
- HSL u RGB
<https://www.rapidtables.com/convert/color/hsl-to-rgb.html>
- CMYK u RGB
<https://www.rapidtables.com/convert/color/cmyk-to-rgb.html>

Litearatura

- dr Vesna Marinković, dr Predrag Janičić, Materijali za kurs Računarska grafika
<http://poincare.matf.bg.ac.rs/~vesnam/grafika/rg.pdf>
 - deo 10.3 - str. 228 - 232

Korišćen materijal za pripremu slajdova

- dr Vesna Marinković, dr Predrag Janičić, Materijali za kurs Računarska grafika