

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI
Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică
Departamentul Informatică și Ingineria Sistemelor

GRAFICA PE CALCULATOR

TEMA 3. ATRIBUTELE REPREZENTĂRII GRAFICE

l. u., dr. NASTAS Andrei

3.1. Proprietățile luminii. Modele de culoare

3.1.1. Modelul RGB (Red, Green, Blue)

3.1.2. Modelul CMY (Cyan, Magenta, Yellow)

3.1.3. Modelul YIQ

3.1.4. Modelul HSV (Hue, Saturation, Value)

3.1.5. Modelul HLS (Hue, Lightness, Saturation)

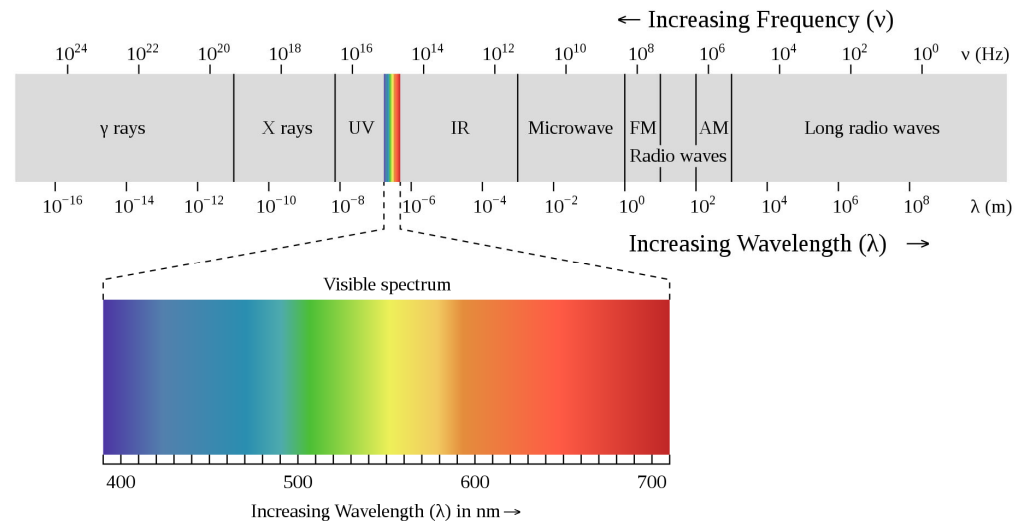
3.2. Interpolarea în spațiul culorilor

3.3. Codificarea culorii

3.1. Proprietățile luminii. Modele de culoare

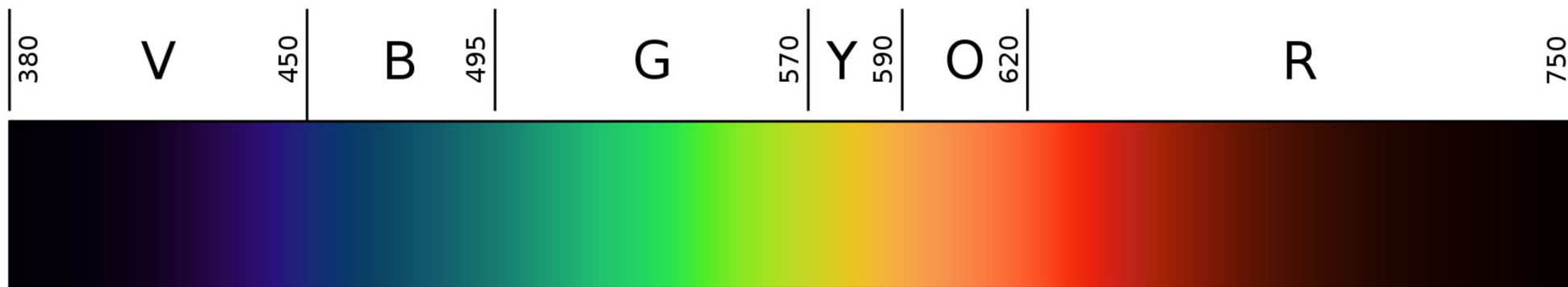
Lumina este energie electromagnetică. Ea reprezintă zona din spectrul electromagnetic cuprinsă între lungimile de undă de 380 și 780 nanometri. Limita inferioară a zonei corespunde culorii violet iar cea superioară culorii roșu. Intre cele două limite ochiul poate distinge circa 350000 de culori. Atunci când energia luminoasă cade pe suprafața unui obiect, ea poate fi absorbită, reflectată sau transmisă. Deci, lumina percepută de ochi provine fie direct de la o sursă, fie indirect, datorită reflexiei și a transmisiei sale de către obiectele din mediul înconjurător.

Lumina care conține toate lungimile de undă din spectrul vizibil în proporții aproximativ egale se numește acromatică. Lumina acromatică provenită de la o sursă este percepută ca albă. Lumina acromatică provenită de la un obiect este percepută ca albă, neagră sau ca o nuanță de gri în funcție de proprietățile fizice ale suprafeței obiectului. Obiectele care reflectă acromatic mai mult de 80% din lumina incidentă albă apar ca albe. Cele care reflectă acromatic mai puțin de 3% din lumina incidentă apar ca negre.



3.1. Proprietățile luminii. Modele de culoare

Lumina care conține mai multe lungimi de undă în proporții inegale se numește cromatică. Astfel, dacă predomină lungimile de undă de la limita superioară a spectrului vizibil, lumina percepută este roșie sau roșcată. Culoarea unui obiect depinde atât de distribuția lungimilor de undă în lumina care cade pe obiect cât și de caracteristicile fizice ale obiectului. Dacă obiectul reflectă sau transmite numai o bandă îngustă de lungimi de undă, celelalte fiind absorbite, obiectul apare colorat. Lungimile de undă din lumina reflectată sau transmisă determină culoarea obiectului. De fapt, energia electromagnetică nu are culoare. Culoarea este rezultatul unui proces psiho-fiziologic. În particular, este posibil ca o aceeași culoare să nu fie percepută la fel de doi indivizi.



3.1. Proprietățile luminii. Modele de culoare

Definiția psiho-fiziologică a unei culori cuprinde:

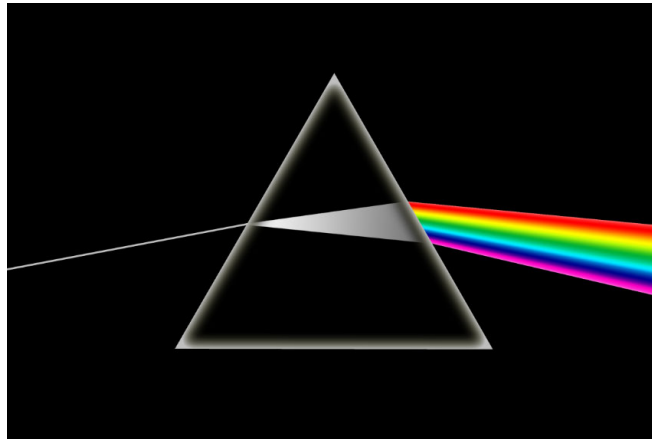
Nuanța, care caracterizează culoarea (roșu, galben, verde, etc); ea este determinată de lungimea de undă dominantă a distribuției spectrale a culorii.

Saturația sau puritatea, care este o măsură a amestecului de alb într-o culoare pură; această noțiune permite să se facă distincție între roșu și roz, între albastru și bleu, etc. O culoare pură are saturația 100%. Lumina acromatică are saturația 0%.

Luminozitatea sau strălucirea, care reprezintă intensitatea luminii. Luminozitatea este o caracteristică a unui obiect emițător de lumină în timp ce strălucirea caracterizează un obiect neemițător, care reflectă lumina.

3.1. Proprietățile luminii. Modele de culoare

Culorile percepute de ochi sunt în general amestecuri de culori pure. Cea mai cunoscută dintre teoriile privind formarea culorilor în sistemul ochi-creier este aceea conform căreia în retina ochiului uman există trei tipuri de conuri, fiecare tip fiind sensibil la una dintre culorile roșu, verde și albastru.



3.1. Proprietățile luminii. Modele de culoare

De exemplu, la lumina corespunzătoare lungimii de undă de 550 *nanometrii*, receptorii de albastru au o sensibilitate de 0%, cei de verde de circa 55% iar cei de roșu de circa 45%. Curbele arată că receptorii de albastru sunt mult mai puțin sensibili decât cei de roșu și de verde. Suma celor trei curbe de răspuns, redată în figura 1.3, este numită *curba de sensibilitate spectrală*. Ea ilustrează răspunsul ochiului la lumină de luminozitate constantă atunci când variază lungimea de undă dominantă; sensibilitatea maximă corespunde luminii cu lungimea de undă în jur de 550 *nm*, percepută ca galben-verde. Culorile roșu, verde și albastru se numesc culori primare. Prin amestecul lor în proporții egale se obține alb. Două culori care prin amestec produc lumină albă se numesc complementare. Amestecând două culori primare se obține culoarea complementară celei de a treia. De exemplu, albastru + verde = cian, roșu + verde = galben, roșu + albastru = magenta.

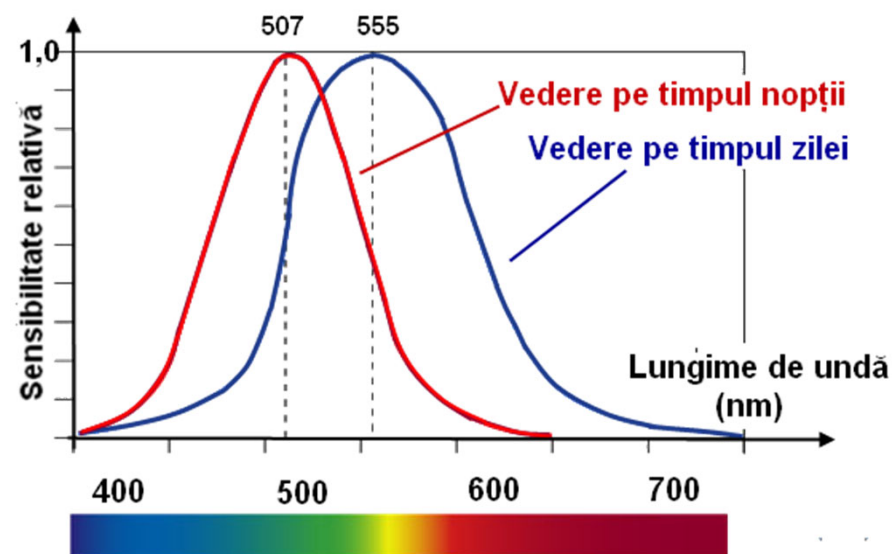


Fig. 1.3. Curba de sensibilitate spectrală

3.1. Proprietățile luminii. Modele de culoare

Culorile roșu, verde și albastru se numesc și “primitive aditive” deoarece ele permit formarea de nuanțe prin adunarea lor în diferite proporții. Acest mod de definire a culorilor corespunde echipamentelor emițătoare de lumină (dispozitive de vizualizare cu ecran). Culorile complementare primitivelor aditive sunt cian, magenta și galben. Astfel, alb - roșu = cian, alb – verde = magenta, alb – albastru = galben. Ele permit specificarea de nuanțe prin extragerea lor în diferite proporții din alb. De aceea, se numesc “primitive extractive”. Scăzându-le în proporții egale din alb se obțin diferite nuanțe de gri. Primitivele extractive se folosesc pentru a defini culorile reflectate de un document imprimat. Pigmenții existenți în cernelurile tipografice absorb culorile complementare acelora ale pigmenților. De exemplu, pigmentul de culoare magenta absoarbe din lumina incidentă componentele corespunzătoare luminii verde, iar cel de culoare galben, componentele corespunzătoare luminii albastre. De aceea, o suprafață care conține pigmenți magenta și galben va reflecta (sau transmite) lumină roșie. Dacă lumina roșie este incidentă pe o suprafață de culoare cian, suprafața va fi văzută neagră, deoarece toate componentele luminii incidente au fost extrase.

3.1. Proprietățile luminii. Modele de culoare

Există mai multe modele folosite pentru reprezentarea culorilor în sistemele de sinteză și de analiză a imaginilor. Unele dintre ele sunt *orientate către echipamente*, adică se bazează pe culorile primare folosite de echipamente pentru redarea culorilor; în această categorie sunt: RGB, CMY și YIQ. Alte modele se bazează pe proprietățile psiho-fiziologice ale culorilor. De aceea se spune că sunt *orientate către utilizator*; astfel sunt modelele HSV și HLS.

Un model de culoare specifică un sistem de coordonate 3D și un subspațiu al culorilor în sistemul de coordonate respectiv. Fiecare culoare se reprezintă printr-un punct în subspațiul culorilor.

3.1.1. Modelul RGB (Red, Green, Blue)

Subspațiul culorilor este cubul unitate, definit în sistemul de coordonate carteziene 3D (figura 1.4). Fiecare axă corespunde unei culori primare: roșu, verde și albastru. O culoare se specifică prin trei valori reale cuprinse între 0 și 1, reprezentând contribuțiile celor trei culori primare la formarea culorii. Nuanțele de gri sunt reprezentate prin punctele diagonalei principale. Ele corespund amestecului în proporții egale al celor trei culori primare.

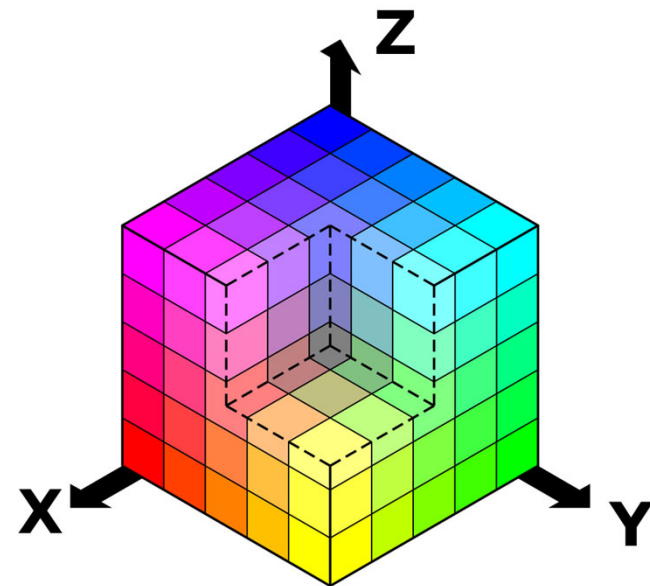
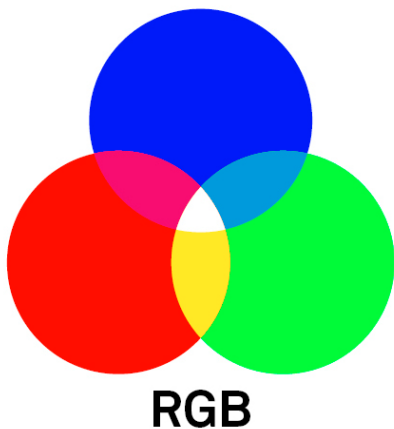
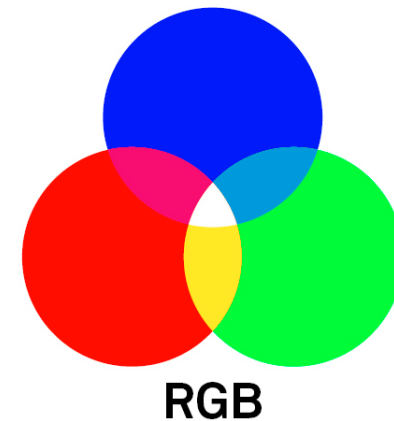
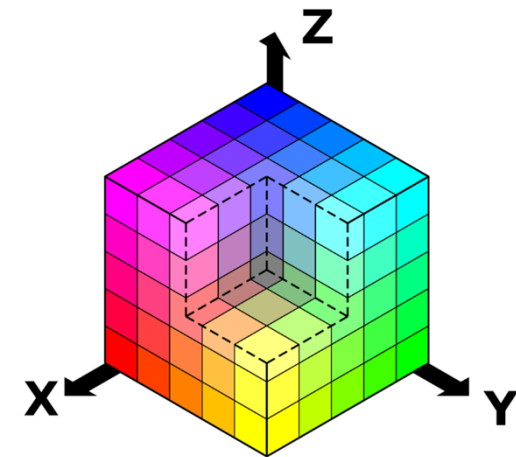


Fig. 1.4. Subspațiul culorilor reprezentată ca cub unitate

3.1.1. Modelul RGB (Red, Green, Blue)

- Descrie culorile emise;
- Domeniul principal de aplicare - descrierea spațiului de culoare al monitorului;
- Modelul este format din trei culori - roșu (Red), verde (Green) și albastru (Blue);
- Modelul este aditiv, adică atunci când se amestecă două culori, cea rezultată va fi mai deschisă decât cele originale. Suma tuturor celor trei culori este alb;
- Deoarece modelul este dependent de hardware, rezultatul este că aceeași imagine va arăta diferit pe diferite monitoare.



3.1.2. Modelul CMY (Cyan, Magenta, Yellow)

Este utilizat pentru specificarea culorilor la dispozitivele de imprimare. Folosește același sistem de coordonate și același subspațiu al culorilor ca și modelul RGB cu deosebirea că originea corespunde culorii alb, vârful (1, 1, 1) culorii negru iar culorile primare sunt cian, magenta și galben .

În acest model, o culoare se specifică prin trei valori cuprinse între 0 și 1, reprezentând proporțiile în care trebuie să fie amestecați cei trei pigmenți ce extrag componentele luminii albe. Culoarea negru se obține amestecând în proporții maxime culorile primare. În general însă, datorită imperfecțiunilor cernelurilor, prin amestecul în proporții maxime al celor trei pigmenți nu se obține negru. De aceea, în loc de CMY se utilizează sistemul CMYK:

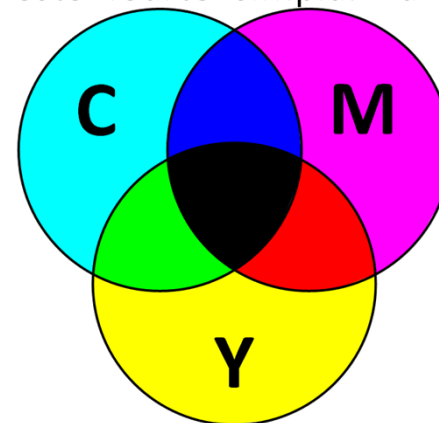
$$K = \min(C, M, Y), C = C - K, M = M - K, Y = Y - K$$

Conversia unei culori din modelul RGB în modelul CMY și invers este foarte simplă. Ea poate fi exprimată astfel:

$$[C \ M \ Y] = [1 \ 1 \ 1] - [R \ G \ B]$$

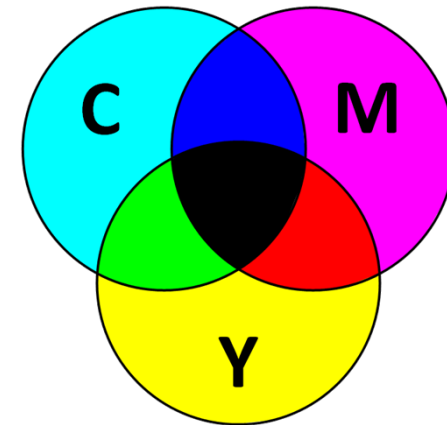
respectiv

$$[R \ G \ B] = [1 \ 1 \ 1] - [C \ M \ Y]$$



3.1.2. Modelul CMY (Cyan, Magenta, Yellow)

- Descrie culorile reflectate;
- Domeniul de aplicare – imprimare;
- Modelul este format din trei culori: cyan (Cyan), magenta (Magenta) și galben (Yellow) - „Triada de imprimare” Aceste culori sunt obținute prin scăderea culorilor primare ale modelului RGB din alb. În practică, modelul include și a 4-a culoare - negru (Black);
- Modelul este substractiv, adică atunci când amestecați două culori, rezultatul va fi mai întunecat decât originalul;
- Modelul este, de asemenea, dependent de hardware - imprimările vor arăta diferit pe diferite dispozitive.



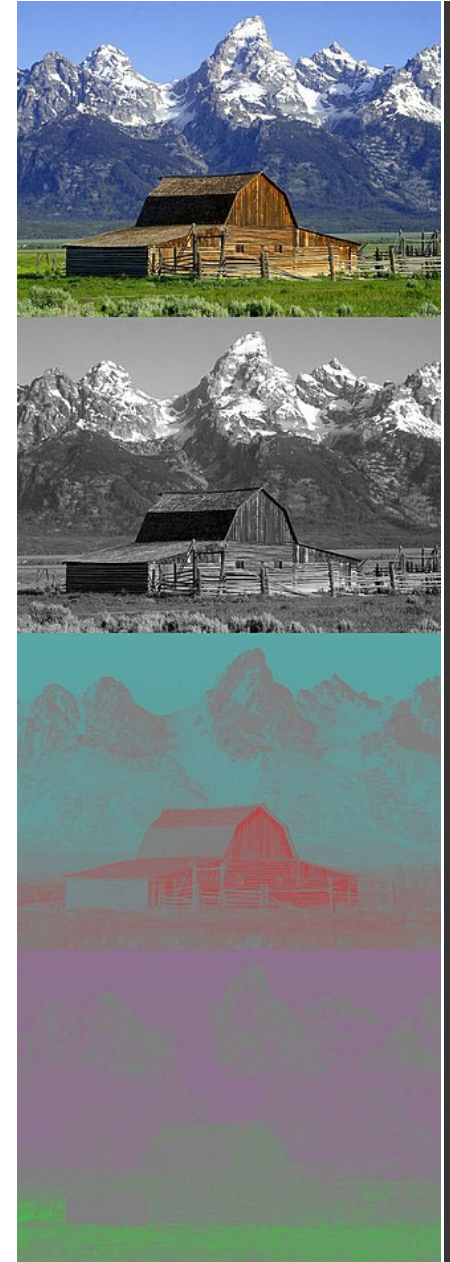
3.1.3. Modelul YIQ

Acest model este o recodificare a modelului RGB, stabilită în 1953 de către NTSC, prin care s-a urmărit compatibilizarea transmisiei imaginilor color cu a celor alb-negru.

Subspațiul culorilor în acest model este un poliedru convex raportat la sistemul cartezian 3D, care se aplică în cubul RGB prin inversa transformării:

$$\begin{array}{l} |Y| \quad |0.299 \ 0.587 \ 0.114| \quad |R| \\ |I| = |0.596 \ -0.274 \ -0.322| \quad |G| \\ |Q| \quad |0.211 \ -0.523 \ 0.312| \quad |B| \end{array}$$

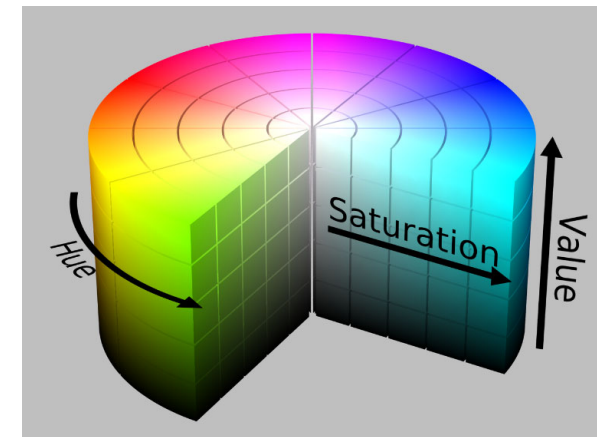
Prin specificarea culorilor în modelul YIQ se evită o problemă TV importantă: două culori diferite în modelul RGB se pot afișa la fel pe un ecran alb-negru. Problema este evitată asigurându-se că două culori între care ochiul face distincție vor avea valori distincte ale luminozității, reprezentată prin componenta Y și deci pe un ecran alb-negru vor fi afișate cu intensități diferite. Modelul se bazează pe faptul că sistemul vizual este mai sensibil la schimbări ale luminozității decât la schimbări ale nuanței sau ale saturației care sunt reprezentate în acest model prin componentele I și Q. De aceea, semnalului Y i s-a alocat cea mai mare parte a lărgimii de bandă disponibile. Proporțiile culorilor primare în sistemul NTSC au fost determinate astfel încât să se obțină curba standard de luminozitate. Deoarece informația de luminozitate este conținută în componenta Y, televizoarele alb-negru folosesc numai acest semnal.



3.1.4. Modelul HSV (Hue, Saturation, Value)

Specificarea culorilor în modelele RGB și CMY poate fi dificilă pentru utilizatorii unui sistem grafic. Artiștii specifică culorile prin tente, nuanțe și tonuri. Pornind de la un pigment pur, un artist adaugă alb pentru a obține o tentă, negru pentru a obține o nuanță, alb și negru pentru a obține o tonalitate a culorii.

Modelul HSV, creat de Smith, folosește noțiunile de nuanță (hue), saturație (saturation) și luminozitate (value). Baza hexaonului corespunde culorilor de intensitate maximă ($V=1$). Nuanța este definită prin unghiul de rotație în jurul axei verticale, unghiul zero corespunzând culorii roșu. Culorile complementare sunt situate la 180 de grade una față de alta pe baza hexaonului. Saturația este definită prin distanța de la axa hexaonului la marginile hexaonului, pentru toate valorile lui V . Ea variază de la zero, pe axă, la 1, pe fețele laterale ale hexaonului. O combinație de numai două culori primare dă o culoare cu saturație maximă, dar un amestec în care toate cele trei culori primare sunt diferite de zero nu poate produce o culoare cu saturația maximă. Combinația ($S=0, V=1$) corespunde culorii alb iar prin ($S=0, 0 \leq V \leq 1$) se reprezintă nivelele de gri. Pentru $S=0$ valoarea lui H este ne semnificativă. Culorile pure sunt reprezentate prin $V=1$ și $S=1$.



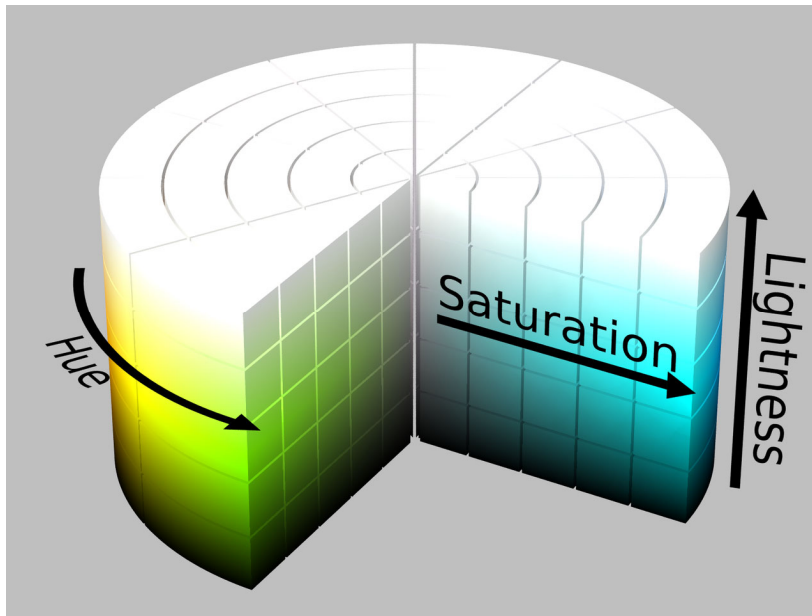
3.1.4. Modelul HSV (Hue, Saturation, Value)

H, S și V corespund elementelor din sistemul de culori al unui artist. Astfel, selectarea pigmentului pur cu care se începe înseamnă alegerea lui H. Adăugarea de alb înseamnă micșorarea lui S. Adăugarea de negru înseamnă micșorarea lui V. Se obțin diferite tonuri micșorând atât pe V cât și pe S.

Fiecare plan de V constant din spațiul HSV corespunde vederii unui subcub din cubul RGB. Diagonala principală a cubului RGB devine axa principală în spațiul HSV. Această interpretare conduce la următorii doi algoritmi de conversie între modelele RGB și HSV:

3.1.5. Modelul HLS (Hue, Lightness, Saturation)

Modelul este utilizat de firma Tektronix. Subspațiul culorilor are forma unui dublu hexacon. Componentele H și S sunt definite la fel ca în modelul HSV. În acest model culorile primare cu saturație maximă și complementarele lor sunt reprezentate prin $S = 1$, $L = 0.5$. Conversia RGB – HLS și invers este efectuată pe baza unor algoritmi asemănători aceluia de conversie RGB - HSV și HSV - RGB.



3.2. Interpolarea în spațiul culorilor

Există mai multe metode folosite în iluminarea scenelor 3D care se bazează pe interpolarea culorilor. De exemplu, calculul intensității în modelul Gouraud, calculul iluminării într-un punct al unei suprafețe transparente și altele. Rezultatul interpolării între două culori depinde de modelul de culoare în care sunt specificate. Astfel, rezultatul interpolării în oricare dintre modelele RGB, CMY și YIQ va fi același, deoarece conversiile între aceste modele sunt transformări afine. În schimb, rezultatul interpolării în HSV sau în HLS va fi diferit de acela al interpolării în RGB.

Fie două culori specificate în modelul RGB, $C_1=(1,0,0)$ și $C_2=(0,1,0)$. Le interpolăm cu ponderi egale în modelele RGB și HSV:

(a) În modelul RGB:

$$C=t*C_2 + (1-t)*C_1 \text{ unde } t = 0.5;$$

se obține: $C=(0.5, 0.5, 0)$, care convertită în HSV ne dă $(60, 1, 0.5)$

(b) În modelul HSV:

C_1 se reprezintă în HSV prin $(0, 1, 1)$ iar C_2 prin $(120, 1, 1)$

$$C = 0.5*(0,1,1) + 0.5*(120,1,1) = (60, 1, 1)$$

Deci, culorile obținute în cele două cazuri sunt diferite.

Alegerea modelului în care se efectuează interpolarea depinde de rezultatul dorit. De exemplu, dacă se dorește interpolarea a două culori cu o anumită nuanță (sau saturație), menținându-se aceeași nuanță (saturație) pentru toate culorile interpolate, se va alege modelul HSV sau HLS.

3.3. Codificarea culorii

La descrierea unei imagini raster, pentru fiecare punct se determină culoarea acesteia, în conformitate cu modelul de culoare selectat.

Adâncimea culorii imaginii, adică numărul maxim de nuanțe de culoare este determinat de numărul de biți alocați pentru a descrie culoarea fiecărui pixel.

Modelele de culoare examinate sunt de 24 de biți. Acestea sunt alocate cel puțin 8 biți, sau 256 de gradații, pentru fiecare dintre cele trei componente de culoare. Astfel, numărul maxim de nuanțe de culoare este de 16.777.216.

Plăcile video moderne funcționează cu un spațiu de culoare pe 32 de biți, iar unele modele folosesc și 48 de biți. Acest lucru depășește semnificativ gama de culori a tuturor dispozitivelor și tehnologiilor reale pentru reproducerea graficii color, cu excepția fotografiei analogice.

Există două cazuri de codare a culorilor:

Codificare imaginilor gri (grayscale),

Codificare cu culori indexate.

3.3. Codificarea culorii

O imagine grayscale este una care nu conține informații despre tonul culorii.

La descrierea unei astfel de imagini în RGB, toate cele trei valori ale componentelor de culoare sunt egale:

RGB 0, 0, 0 - negru

RGB 128, 128, 128 - 50% gri

RGB 255, 255, 255 - alb



Pentru a codifica o astfel de imagine fără pierderi, sunt suficienți 8 biți pentru fiecare nuanță. Adică, numărul maxim de nuanțe de gri într-o astfel de imagine este de 256.

Pentru alte modele de culoare (CMYK, HSx, Lab), regula valorilor egale a componentelor culorii nu se respectată.

În modelele HSx și Lab, doar componentele de luminozitate (x și L) se schimbă, iar restul sunt egale cu 0.

În modelul CMYK, valorile componentelor M și Y sunt egale una cu cealaltă și întotdeauna mai mici decât valoarea componentei C.

3.3. Codificarea culorii

Codificarea culorilor se execută cu utilizarea unei paletă fixe de culori.

Numărul de nuanțe de culoare din imagine este de la 2 la 256.

Toate culorile utilizate sunt descrise în paletă (indexate) în conformitate cu modelul de culoare selectat.

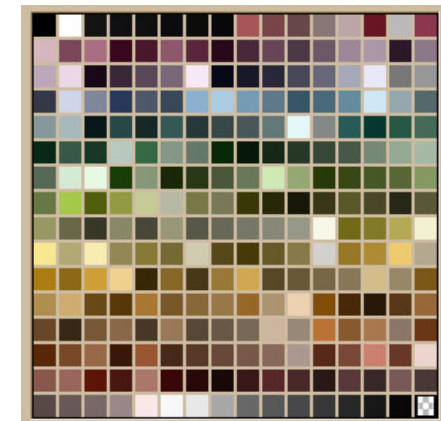
La codificarea imaginii, numărul (indexul) culorii corespunzătoare din paletă este indicat ca o caracteristică a culorii fiecărui pixel.

Acest tip de codificare introduce distorsiuni semnificative în spațiul de culoare al imaginii.

Pentru a reduce distorsiunea culorilor în procesul de indexare, sunt utilizate următoarele abordări:

Selecție adaptivă a culorilor din paletă, în conformitate cu nuanțele predominante în imagini.

Dithering - o culoare ce nu există în domeniu este aproximată printr-o difuzie de pixeli din paleta de culori.



ÎNTREBĂRI