

CURS 12 MODELE DE CULOARE

2.1. Introducere

În definiția luminii intervin:

1. Nuanța (ce creează culoarea R, G, B) bazată pe lungimea de undă dominantă a seriei spectrale.
2. Saturația/puritatea – măsură a amestecului de alb într-o culoare pură.
3. Luminozitatea/strălucirea-- reprezintă intensitatea luminii.

Distingem modelele:

- orientate pe echipamente: se referă la culorile primare folosite de echipamente pentru a reda culori: RGB, CMY, YIQ.
- Orientate către utilizator: bazate pe proprietățile psiho fiziologice ale culorilor: HSV, HLS.

2.2. MODELUL RGB

A fost propus de NTSC- folosit pentru a reprezenta culorile echipamentelor emițătoare de lumină. Culoarea fiecărui pixel (atât pentru echipamentele de achiziție – camere) cât și pentru afișare (TV, CRT, LCD) se obține prin combinația a trei culori primare: **roșu**, **verde** și **albastru**. (Red, Green și Blue.) (spațiu de culoare aditiv – fig. 2.1 și 2.2).

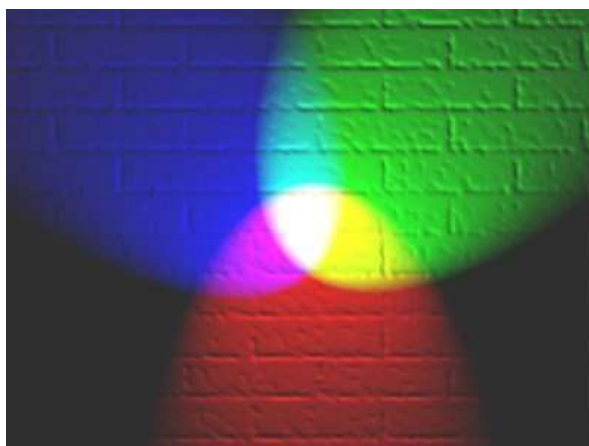


Fig. 2.1. Reprezentarea combinării aditive a culorilor. Acolo unde culorile primare se suprapun se observă apariția culorilor secundare. Acolo unde toate trei culorile se suprapun se observă apariția culorii albe[1].

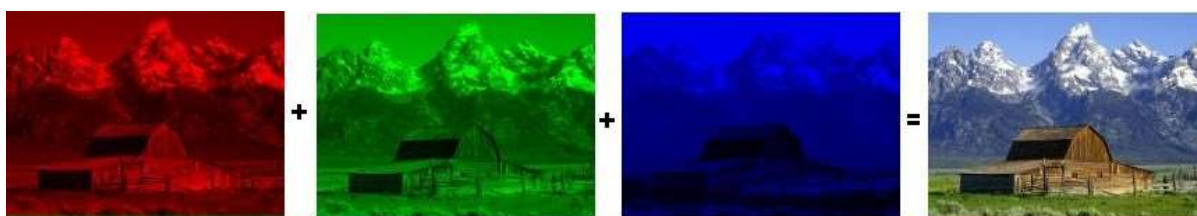


Fig. 2.2. Imaginea color se obține prin combinarea la nivel de pixel a celor trei culori primare (vezi cele trei canale).

Astfel, fiecare pixel din imagine va fi caracterizat prin câte o valoare pentru fiecare din cele trei componente de culoare primare. Culoarea sa reprezintă un punct în spațiul 3D al modelului de culoare RGB (fig. 2.3). În acest cub al culorilor, originea axelor R, G și B corespunde *culorii negre* (0, 0, 0). Vârful opus al cubului corespunde *culorii albe* (255, 255,

255). Diagonala cubului, între negru și alb corespunde tonurilor de gri (grayscale) (R=G=B). Trei dintre vârfuri corespund culorilor primare **roșu**, **verde** și **albastru**.

MODELUL CMY

Celelalte 3 vârfuri corespund culorilor complementare: **turcoaz**, **mov** și **galben** (Cyan, Magenta and Yellow). Dacă translatăm originea sistemului de coordonate în punctul „alb” și redenumim cele 3 axe de coordonate ale sistemului în C, M, Y obținem spațiul de culoare complementar CMY, (folosit la dispozitive de imprimare color).

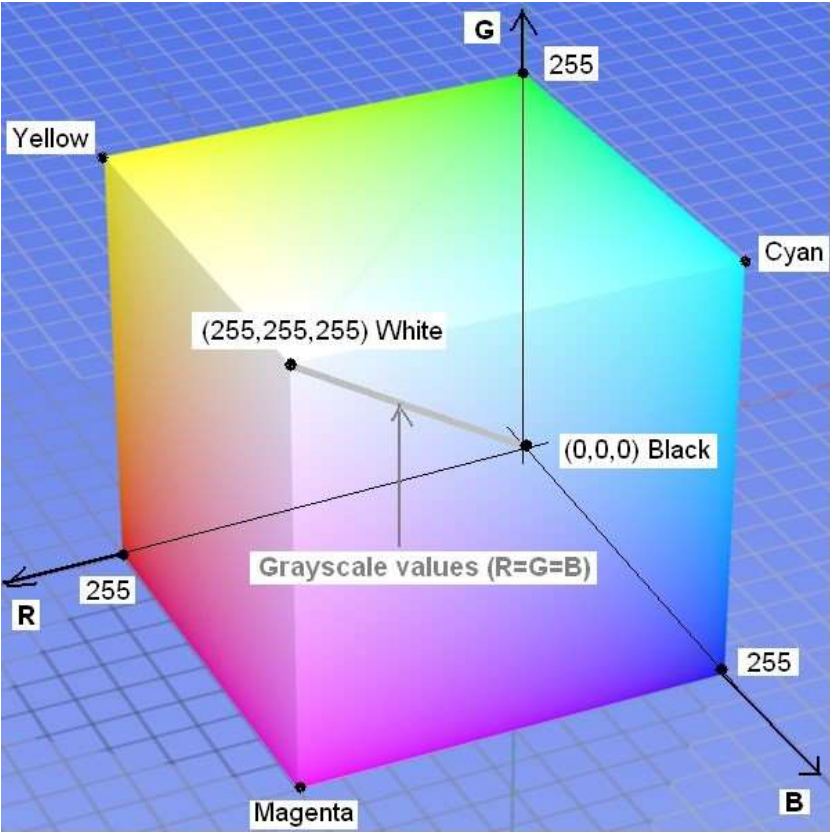


Fig. 2.3. Modelul de culoare RGB mapat pe un cub. În acest exemplu fiecare culoare este reprezentată pe câte 8 biți (256 de nivele) (imagini bitmap RGB24). Numărul total de culori este $2^8 \times 2^8 \times 2^8 = 2^{24} = 16.777.216$.

Pentru imagini RGB24 (24 biți/pixel) spațiul de culoare poate fi reprezentat complet. Într-o imagine indexată (cu paletă) poate fi reprezentat doar un anumit subspațiu al spațiului de culoare din figura 2.3. În acest context, numărul de biți/pixel (numărul de biți folosiți pentru codificarea unei culori) se numește „adâncime de culoare” (color depth). (Tabelul 2.1):

Tabel 2.1. Adâncimea și tipul imaginii

Adâncimea de culoare	Nr. Culori	Mod de culoare	Palette (LUT)
1 bit	2	Indexed Color	Yes
4 biți	16	Indexed Color	Yes
8 biți	256	Indexed Color	Yes
16 biți	65536	True Color	No
24 biți	16.777.216	True Color	No

32 biți

16.777.216

True Color

No

Există și alte modele de culoare[2] care nu vor fi discutate aici.

Modelul CMY se folosește în specificația culorilor pentru dispersia de imprimare. Conversia între CMY și RGB este:

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

Reciproc:

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

2.3. Conversia unei imagini color într-o imagine grayscale

Pentru a converti o imagine color într-o imagine grayscale, cele trei componente ale culorii fiecărui pixel trebuie egalizate. O metodă des folosită este medierea celor 3 componente:

$$RDst = GDst = BDst = \frac{RSrc + GSrc + BSrc}{3} \quad (2.1)$$

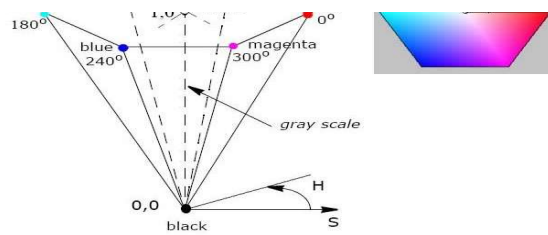
2.4. Conversia imaginilor grayscale în imagini binare (alb-negru)

O imagine binară (alb-negru) este o imagine care conține doar două culori: alb și negru. O imagine binară se obține dintr-o imagine grayscale printr-o operație simplă numită binarizare cu prag (thresholding). Binarizarea cu prag este cea mai simplă tehnică de segmentare a imaginilor, care permite separarea obiectelor de background. (fig. 2.4).



2.5. Spațiul de culoare HSV (Hue Saturation Value)

Este un spațiu / model de culoare invariant (componentele H (culoare) și S (saturație) sunt separate și cvasi-independente de iluminarea scenei caracterizată de V (intensitate)). Se reprezintă sub forma unei piramide cu baza hexagonală sau a unui con.



Modelul (spațiul) de culoare HSI.

Unde:

- H – reprezintă unghiul făcut de culoarea curentă cu raza corespunzătoare culorii Roșu
- S – reprezintă distanța culorii curente față de centrul bazei piramidei/conului
- V – reprezintă înălțimea culorii curente în piramidă/con

HSV este denumit ca atare pentru trei valori: nuanță, saturație și valoare.

Acest spațiu de culoare descrie culorile (nuanța sau nuanțele) în funcție de umbră (saturația sau cantitatea de gri) și valoarea luminozității acestora.

Notă: Unele elemente de selectare a culorilor (precum cea din Adobe Photoshop) utilizează acronimul HSB, care înlocuiește termenul "Luminozitate" pentru valoare, dar HSV și HSB sunt același model de culoare.

Cum se utilizează modelul de culoare HSV

Roata de culoare HSV este uneori descrisă ca un conic sau cilindru, dar întotdeauna cu aceste trei componente:

Nuanță

Hue este porțiunea de culoare a modelului de culoare și este exprimată ca un număr de la 0 la 360 de grade:

Culoare Unghi

roșu	0-60
Galben	60-120
Verde	120-180
Cyan	180-240
Albastru	240-300
purpuriu	300-360

Saturare

Saturația este cantitatea de culoare gri, de la 0 la 100%. Un efect estompat poate fi obținut prin reducerea saturației spre zero pentru a introduce mai mult gri.

Cu toate acestea, saturația este uneori văzută într-un interval de la doar 0-1, unde 0 este gri și 1 este o culoare primară.

Valoare (sau Luminozitate)

Valoarea funcționează împreună cu saturația și descrie luminozitatea sau intensitatea culorii, de la 0-100%, unde 0 este complet negru, iar 100 este cea mai strălucitoare și prezintă cea mai mare culoare.

Cum se utilizează HSV

Spațiul de culoare HSV este utilizat atunci când se selectează culori pentru vopsea sau cerneală deoarece HSV reprezintă mai bine modul în care oamenii se referă la culori decât spațiul de culoare RGB.

Roata de culoare HSV este, de asemenea, utilizată pentru a genera o grafică de înaltă calitate. Deși este mai puțin cunoscut decât verișorii RGB și CMYK, abordarea HSV este disponibilă în multe programe software de editare a imaginilor high-end.

Selectarea unei culori HSV începe cu alegerea uneia dintre nuanțele disponibile, ceea ce înseamnă modul în care majoritatea oamenilor se referă la culoare și apoi ajustează valoarea nuanței și luminozității.

Se așează culorile pure în jurul unei axe și obținem astfel un HEXACON care reprezintă culorile în HSV.

HUE---nuanța (între 0 și 360).

SAT-- saturație între 0 și 1 și

VALUE- luminozitatea între 0 și 1.

Proprietăți:

La baza hexaconului – culoarea de intensitate maximă

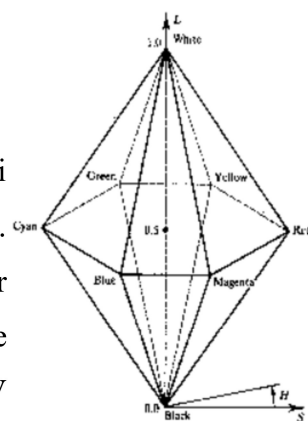
- la nuanță $H=0$ obținem culoarea roșie

- saturația este distanța de axă la margini --- de exemplu pentru $S=0$ și $V=1$ obținem culoarea albă. Pentru $S=0$ și V între 0 și 1 avem culoarea gri.

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.



Să reținem:

Studiul atributelor grafice necesită un demers teoretic mai amplu referitor la modelarea matematică a fenomenelor fizice ce guvernează procesele optice datorate în special interacțiunii luminii cu corpurile. Aceste modele intervin în modelarea grafică avansată cum ar fi realitatea virtuală și aplicațiile artistice.

Imaginile sintetizate cu ajutorul calculatorului trebuie să fie cât mai apropiate de acelea care ar fi percepute de ochiul uman dacă scenele reprezentate în imagini ar exista în realitate. De aceea, eliminarea părților nevizibile este doar primul pas în sinteza imaginilor realiste. Următorul pas constă în redarea luminii și a umbrelor, luând în considerare sursele de lumină, caracteristicile suprafețelor obiectelor, poziția și orientarea lor.

Modelele de iluminare permit calculul intensității luminii reflectate spre ochiul unui observator de diferite puncte ale suprafeței unui obiect. Sunt două clase de modele de iluminare: modele locale și modele globale. În modelele locale, intensitatea luminii se determină ținând cont numai de lumina incidentă care provine de la una sau mai multe surse de lumină, de orientarea și caracteristicile fizice ale suprafeței. Într-un model global se ține cont în plus de lumina reflectată și transmisă de celelalte obiecte ale scenei sintetizate. Dintre modelele globale, cel mai cunoscut este cel folosit în

metoda ray-tracing. Redarea în imagine a umbrelor produse de obiectele dintr-o scenă 3D luminată de una sau mai multe surse conferă un grad înalt de realism imaginii

Proprietățile luminii. Modele de culoare.

Lumina este energie electromagnetică. Ea reprezintă zona din spectrul electromagnetic cuprinsă între lungimile de undă de 38° și 78° nanometri. Limita inferioară a zonei corespunde culorii violet iar cea superioară culorii roșu. Între 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.

1. 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.

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.

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.

Cu cât diferența $E_d - E_w$ este mai mare cu atât culoarea este mai pură. Dacă $E_w = 0$, culoarea are puritatea 100% iar lumina cu un astfel de spectru este numită monocromatică. Prin definiție, lumina monocromatică are un spectru cu o lărgime de bandă de un nanometru.

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.

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 este numită curba de luminozitate. 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. 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 acelorale 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.

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.

MODELUL YIQ

YIQ este sistemul folosit pentru difuzarea TV din SUA (PAL este cel mai comun sistem folosit în alte țări). Obiectivele principale ale sistemului au fost să ofere un semnal care ar putea fi afișat direct de televizoarele alb-negru, oferind, de asemenea, codificare și decodare ușoară a semnalelor RGB. Conversiile de la RGB la YIQ și înapoi sunt date de matrice:

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} .299 & .587 & .114 \\ .701 & -.587 & -.114 \\ -.299 & -.587 & .886 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.000 & 1.000 & .000 \\ 1.000 & -.509 & -.194 \\ 1.000 & .000 & 1.000 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix}$$

unde evident cele două matrice sunt inverse. Componenta Y, care este aceeași cu valoarea Y în sistemul CIE, este semnal care este utilizat direct de televizoarele alb-negru. Se spune că Y transmite

informația de luminanță și este transmisă pe un semnal purtător separat de la componentele cromatice, I și Q. Această codificare este mult mai importantă pentru pasionații de filme și TV decât este pentru oamenii interesați de grafică pe calculator.

YIQ este spațiul de culoare utilizat de sistemul TV color analogic NTSC. I reprezintă în-faza, în timp ce Q reprezintă cuadratura, referindu-se la componentele utilizate în modularea amplitudinii în cuadratură. Alte sisteme TV au folosit spații de culoare diferite, cum ar fi YUV pentru PAL sau YDbDr pentru SECAM. Standardele digitale ulterioare folosesc spațiul de culoare YCbCr. Aceste spații de culoare sunt toate în linii mari și funcționează pe baza principiului adăugării unei componente de culoare numită crominanță la o imagine alb-negru numită luma. În YIQ, componenta Y reprezintă informația luma și este singura componentă utilizată de receptoarele de televiziune alb-negru. I și Q reprezintă informațiile de crominanță. În YUV, componentele U și V pot fi gândite ca coordonate X și Y în spațiul de culoare. I și Q pot fi gândite ca o a doua pereche de axe pe același grafic, rotite cu 33° ; prin urmare, IQ și UV reprezintă sisteme de coordonate diferite pe același plan. Sistemul YIQ este destinat să profite de caracteristicile umane de răspuns la culoare. Ochiul este mai sensibil la modificările în intervalul portocaliu-albastru (I) decât în intervalul violet-verde (Q) – prin urmare este necesară o lățime de bandă mai mică pentru Q decât pentru I. Limitele de difuzare NTSC I la 1,3 MHz și Q la 0,4 MHz. I și Q sunt frecvența intercalată în semnalul Y de 4 MHz, ceea ce menține lățimea de bandă a semnalului general la 4,2 MHz. În sistemele YUV, deoarece U și V conțin ambele informații în intervalul portocaliu-albastru, ambelor componente trebuie să li se acorde aceeași cantitate de lățime de bandă ca și I pentru a obține o fidelitate similară a culorii. Foarte puține televizoare realizează decodare I și Q adevărată, datorită costurilor ridicate ale unei astfel de implementări. În comparație cu decodarea mai ieftină R-Y și B-Y, care necesită un singur filtru, I și Q necesită fiecare un filtru diferit pentru a satisface diferențele de lățime de bandă dintre I și Q. Aceste diferențe de lățime de bandă necesită, de asemenea, ca filtrul „I” să includă o întârziere pentru a se potrivi cu întârziere mai mare a filtrului „Q”. Rockwell Modular Digital Radio (MDR) a fost un set de decodare I și Q, care în 1997 putea funcționa în modul cadru la un timp cu un computer sau în timp real cu Fast IQ Processor (FIQP). Unele receptoare TV de acasă RCA „Colortrak” fabricate în jurul anului 1985 nu numai că au folosit decodarea I/Q, dar și-au făcut publicitate beneficiilor împreună cu beneficiile sale de filtrare cu pieptene ca „procesare 100%” pentru a oferi mai mult conținutul original al imaginii color. Anterior, mai mult de o marcă de televizoare color (RCA, Arvin) folosea decodarea I/Q în anul model 1954 sau 1955 pe modele care utilizau ecrane de aproximativ 13 inchi (măsurate în diagonală). Televizorul original de proiecție Advent folosea decodare I/Q. În jurul anului 1990, cel puțin un producător (Ikegami) de monitoare de imagine profesionale de studio a făcut publicitate pentru decodarea I/Q.