

Przestrzenie barw

Przeciętny człowiek, nie posiadający zaburzeń wzorku, potrafi dostrzec i opisać otaczające go barwy. Co prawda ilość rozpoznawanych odcieni kolorów bywa różna (wiek, płeć, indywidualne predyspozycje) to i tak „układ” analogowy (jakim jest oko) wygrywa z maszyną. Nawet jeżeli nie jesteśmy w stanie nazywać kolejnych barw i ich odcieni to jesteśmy w stanie stwierdzić takie cechy jak intensywność koloru, jego nasycenie (w porównaniu do drugiego, podobnego koloru), czy jasność, metaliczność itp.

Wszelkie kolory widziane są przez nas dzięki widmom fal elektromagnetycznych z zakresu 380 do 780 nm. W celu jak najlepszego odwzorowania widzialnych barw przedstawia się jako matematyczne modele w trójwymiarowej przestrzeni barw. Nie istnieje jednolity sposób klasyfikacji kolorów – dotyczy to zarówno przemysłu, fotografii jak i grafiki komputerowej.

1. Model RGB

Najpowszechniej stosowany model. Pozwala na uzyskiwanie niemal wszystkich widzialnych przez nasze oko barw. Podstawowym założeniem tego modelu jest pozyskiwanie poszczególnych barw z odpowiedniego połączenia trzech podstawowych: czerwonego (R), zielonego (G) oraz niebieskiego (B). To właśnie ten model jest najczęściej wykorzystywany przy prezentowaniu kolorów w telewizorach, monitorach komputerowych, aparatach cyfrowych czy skanerach. Ponadto większość plików (png, jpg, bmp) wykorzystuje właśnie ten model do przechowywania barw.

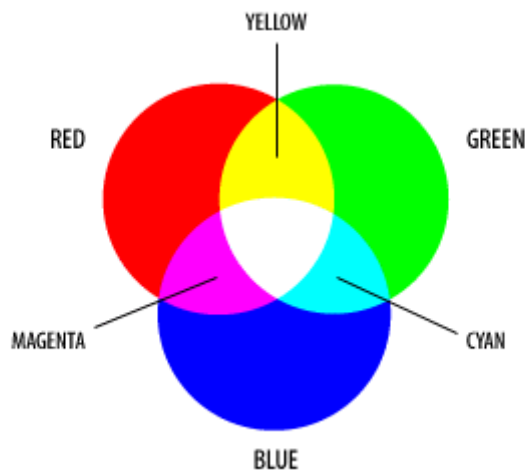
Niestety opisany model jest bardziej teoretyczny niż praktyczny. Każde urządzenie/format plików może bowiem inaczej interpretować/zapisywać składowe poszczególnych podstawowych barw. Poza tym model ten najlepiej spisuje się w urządzeniach analogowych (np. monitory CRT), gdzie nasycenie danego koloru może być nieograniczone. W cyfrowych urządzeniach głębina poszczególnych składowych ograniczona jest szerokością przestrzeni zapisu. Najpowszechniej stosuje się zapis 24 bitowy (po 8 bit na każdy kolor), co pozwala zapisywać każdą składową jako liczbę całkowitą z przedziału 0-255, gdzie 0 oznacza brak udziału danej barwy w tworzonym kolorze, natomiast 255 oznacza pełne nasycenie danej barwy. Przy wykorzystaniu opisanej głębi można uzyskać ok. 16,7 milionów kolorów, czyli teoretycznie wszystkie możliwe barwy. Niestety niektóre przejścia pomiędzy barwami są niedostępne w takim ustawieniu; dlatego producenci urządzeń przystosowanych do obróbki obrazów stosują 10 czy 12 bitową głębię na każdą podstawową barwę (w najlepszych konfiguracjach można spotkać 48 bitową głębię, tj. 16 bit na kolor).

INFORMACJA: W komputerze system operacyjny podaje nierzadko możliwość ustawienia 32 bitowej głębi kolorów. Nie znaczy to, że dodatkowy bajt (1 bajt = 8 bit) zwiększy nam ilość barw. Jego zadaniem jest przechowywać wartość kanału alfa koloru odpowiadającego jego przezroczystości. W praktyce oznacza to, iż im wyższa wartość dodatkowego bajta (wartość 0-255) tym wskazany kolor będzie bardziej przezroczysty.

Kolory w modelu RGB można podawać w następujący sposób:

- jako liczby całkowite dodatnie (przedział 0-255) dla każdej podstawowej barwy (gdzie wartość wyższa od zera wskazuje na udział w powstaniu kolor, a wartość zero na brak udziału); wartość `rgb(0,0,0)` powodują powstanie koloru czarnego, zaś `rgb(255,255,255)` białego
- jako liczby szesnastkowe (0,1,2,3,4,...,F); zapis ten jest „wygodniejszy” z kilku powodów: nie trzeba podawać nazwy modelu, zapis ten jest stałoznakowy (zawsze 6 znaków dla RGB lub 8 dla RGBA; każdy znak to 1 bajt co daje oszczędność 4 bajtów przy maksymalnych ustawieniach dla każdej składowej), np. #151515 (odcień szarości – wszystkie składowe posiadają taką samą wartość)
- w aplikacjach HTML można używać nazw kolorów (np. darkblue, orange, cyan itp.)

- z przezroczystością: rgba(255,255,255,255) lub #FFFFFF (kolor biały w pełni przezroczysty)



2. Model CMY(K)

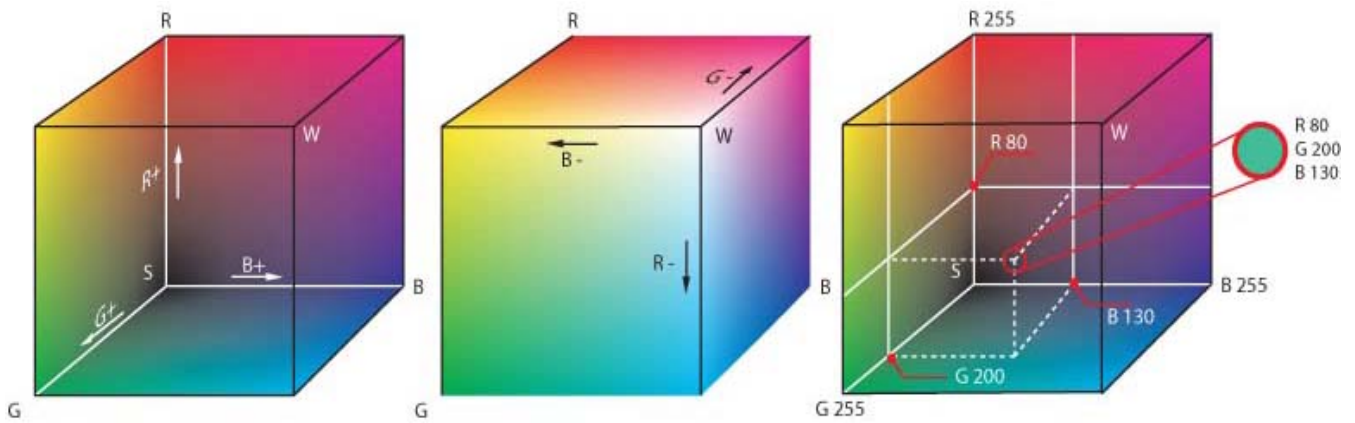
Drugi co do popularności (w zastosowaniu informatycznym) model kolorów. W przeciwieństwie do RGB, CMY jest modelem subtraktywnym (odejmującym) – poszczególne odcienie i kolory otrzymuje się poprzez odejmowanie wartości składających się na barwy podstawowe. CMY to skrót od nazw barw: Cyan, Magenta, Yellow. Ponieważ barwy te nie pozwalają na uzyskanie koloru czarnego (czerni uzyskana z nich nigdy nie będzie czernią) często dodaje się do skrótu tego modelu literę K (od key colour – kluczowy kolor; czasami niektórzy wskazują na ostatnią literę nazwy koloru czarnego – black). Składnik K ma dodatkowo za zadanie tworzyć przestrzeń odcieni szarości, której to nie da się uzyskać z omawianych wyżej kolorów podstawowych.

Model ten boryka się z tymi samymi problemami co RGB. Po pierwsze każde urządzenie może inaczej interpretować poszczególne składowe CMY. Poza tym kolor samego atramentu podawany w tej notacji także może posiadać inny skład (zależny np. od producenta), a tym samym mieć inny odcień koloru podstawowego.

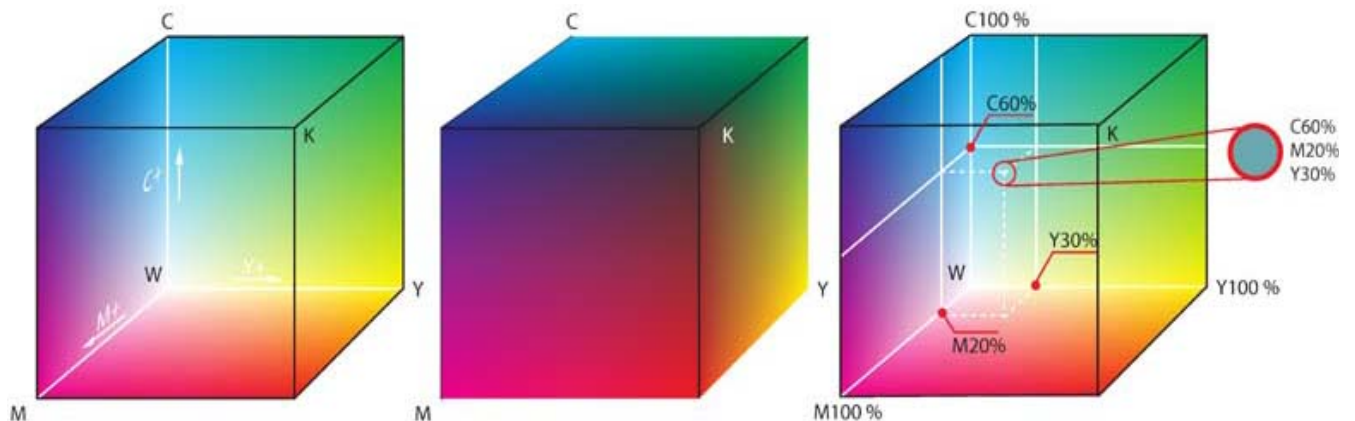
Pomimo tego model ten jest bardzo chętnie wykorzystywany przez producentów drukarek, skanerów, niektórych aparatów cyfrowych. Dzieje się tak ze względu na „właściwość” tego modelu, tj. odejmowanie poszczególnych barw (a nie nakładanie jak to ma miejsce w RGB). Udział poszczególnych kolorów podaje się procentowo, czyli 0% to pełny udział barwy podstawowej w tworzeniu koloru zaś 100% oznacza jej brak (zostaje ona odjęta od barwy białej).

Popularność, szczególnie w urządzeniach drukarskich, paleta zawdzięcza właśnie wyżej opisaną właściwość. Kartki papieru są przeważnie białe toteż nie trzeba drukować tego koloru (w przeciwieństwie do modelu RGB, gdzie kolor biały trzeba byłoby drukować albo wyłączać jego drukowanie sprzętowo/programowo). Z kolei dodanie osobnego koloru czarnego ma zastosowanie ekonomiczne – w celu pozyskania np. czarnego tekstu trzeba by zmusić urządzenie do nakładania wszystkich barw jednocześnie co oczywiście powodowałoby znaczne koszty druku.

Poniższe zestawienia powinny lepiej zobrazować różnice pomiędzy RGB a CMY;



Model RGB



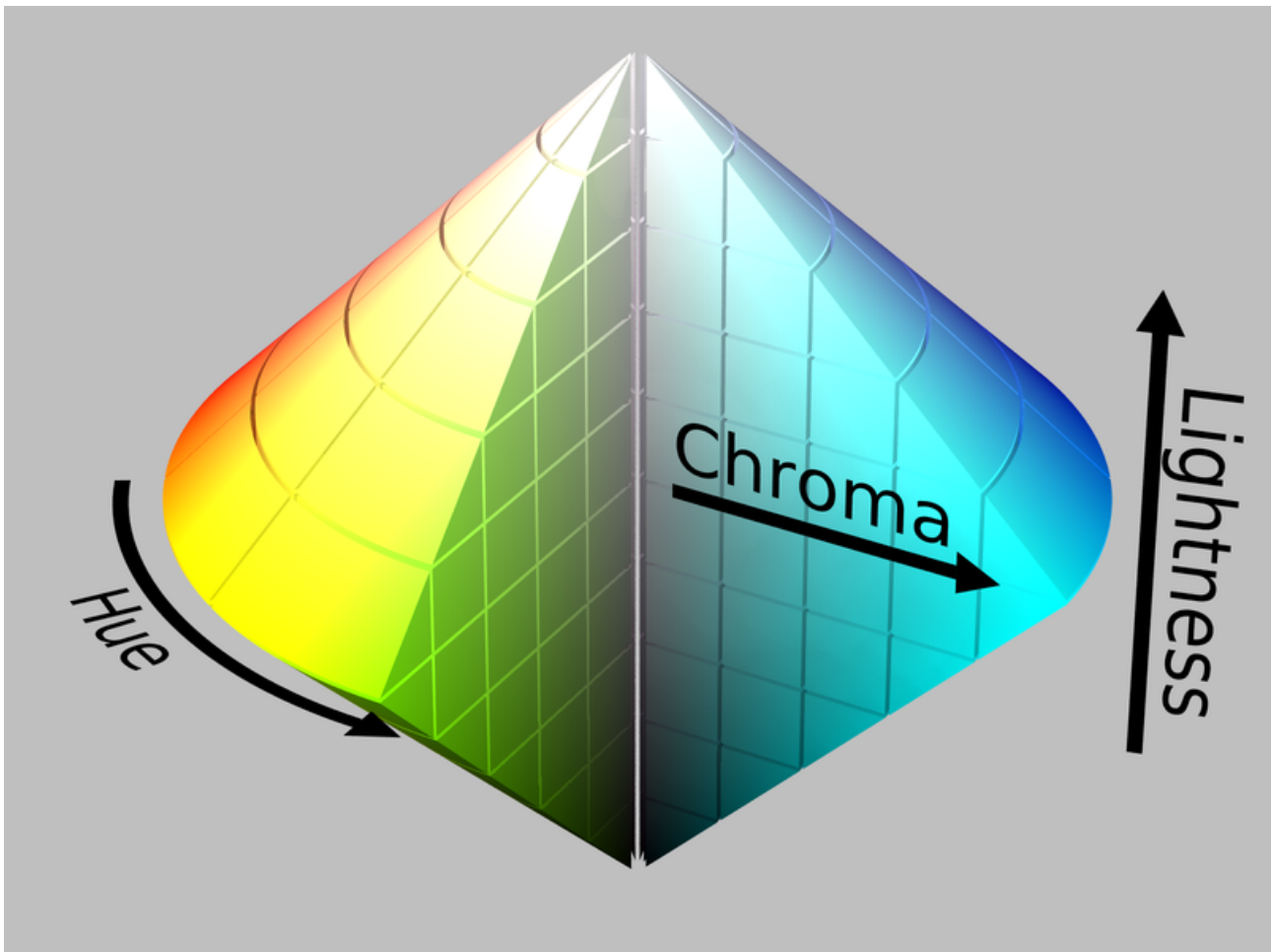
Model CMY

3. Model HSL

Model ten jest ściśle związany z powstaniem telewizji/obrazu ruchomego. Podobnie jak poprzednie dwa modele opiera się on na przestrzeni trójwymiarowej - reprezentuje się ją jako walec/dwa połączone ze sobą stożki. Nazwa modelu pochodzi od trzech składowych kodujących barwę: Hue (odcień), Saturation (nasylenie), Lightness (naświetlenie; rozpatrywane jest tutaj światło białe).

Budowa modelu w oparciu o walec (choć bardziej precyzyjny jest podwójny stożek) jest zasadna. Wyznaczenie barwy polega bowiem na podaniu wartości odcienia poprzez wartość kąta (od 0 do 360 stopni) – odcienie przedstawiane są na kole odcieni. Następnie nasycenie decyduje jak mocna będzie uzyskiwana barwa (wartość 0...1 bądź, bardziej popularnie, od 0 do 100%). Nasycenie wyznacza się od środka koła (brak nasycenia barwy) do jego brzegu (pełne nasycenie daną barwą). Ostatnim czynnikiem określającym kolor jest wartość światła (wartość 0...1 bądź, rzadziej, od 0 do 100%). Naświetlenie równe 0 nadaje jakiegokolwiek konfiguracji dwóch poprzednich parametrów barwę czarną (jeden z odcieni) podczas gdy 1 nadaje barwę białą (dwa poprzednie parametry również nie mają znaczenia).

Niestety poważnym minusem tego modelu jest założenie, że poszczególne barwy można uzyskać przy wykorzystaniu jednego rodzaju wiązki światła. W prawdziwym świecie oko ludzkie ma możliwość postrzegania kolorów, na które składa się więcej niż jedna wiązka światła. Dlatego, pomimo pierwotnego zamysłu, model ten nie jest w stanie odwzorować wszystkich barw widzianych przez człowieka. Nadal jednak można spotkać tę notację w użyciu jednak rynek zdominowała jej poprawiona forma - HSV.



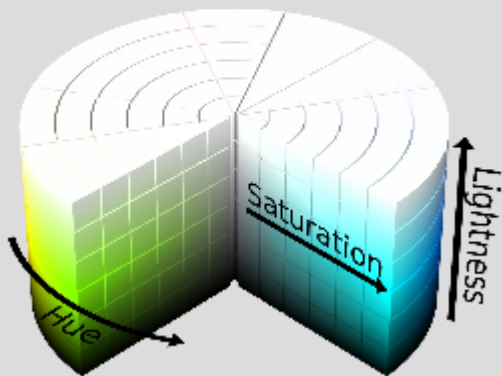
4. Model HSV

Model podobny do poprzednio opisywanego, HSL. Różnica polega na zmianie ostatniego parametru – z jasności na wartości (Value – stąd ostatnia litera). To z kolei zmienia postać reprezentowania modelu w układzie współrzędnych – z podwójnego stożka na stożek. Model ten jest często stosowany przy kodowaniu obrazów ruchomych (filmy). Pozwala on bowiem na jeszcze lepsze uchwycenie relacji pomiędzy poszczególnymi kolorami.

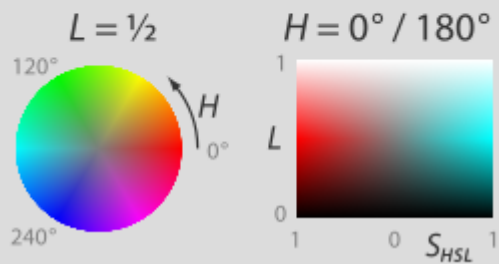
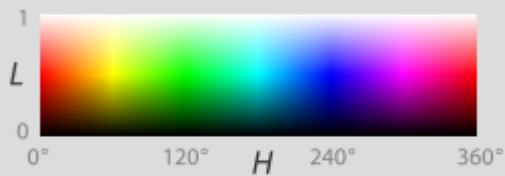
Tak jak poprzednio mamy tutaj koło odcieni barw (0/360 stopień to barwa czerwona, 120 stopień – zielona, 240 stopień – niebieska; pozostałe to kolory pośrednie), nasycenie (od najmniejszego – środek koła, do największego – brzeg koła) oraz wartość (0 – kolor czarny, 1 – pełna wartość koloru). Wartość koloru obliczana jest najczęściej jako maksymalna wartość jednego z kolorów RGB.

W przeciwieństwie do poprzedniego modelu brane są pod uwagę także inne wiązki światła (nie tylko białe). Jedynym problemem jest uzyskanie czerni - nadal może ona nie być tak „czarna” jak byśmy tego oczekiwali. Natomiast reprezentacja pozostałych barw jest przeważnie bardziej precyzyjna niż w modelu RGB/CMY.

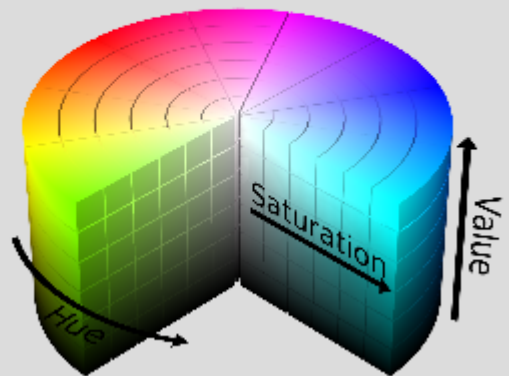
HSL



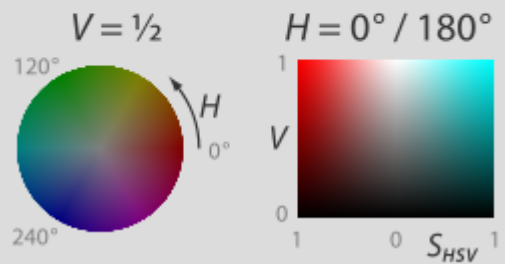
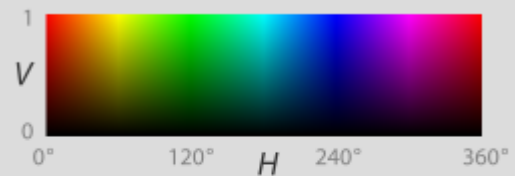
$$S_{HSL} = 1$$



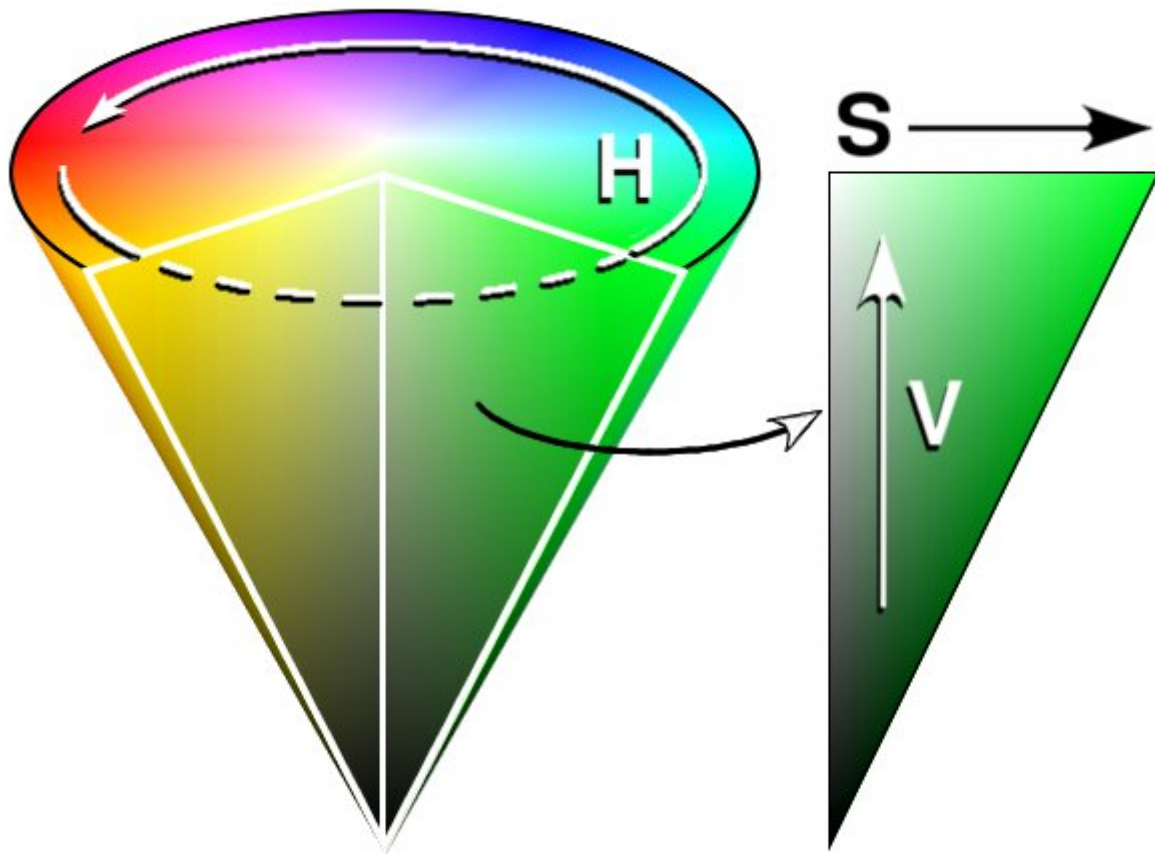
HSV



$$S_{HSV} = 1$$



Różnice pomiędzy HSL i HSV



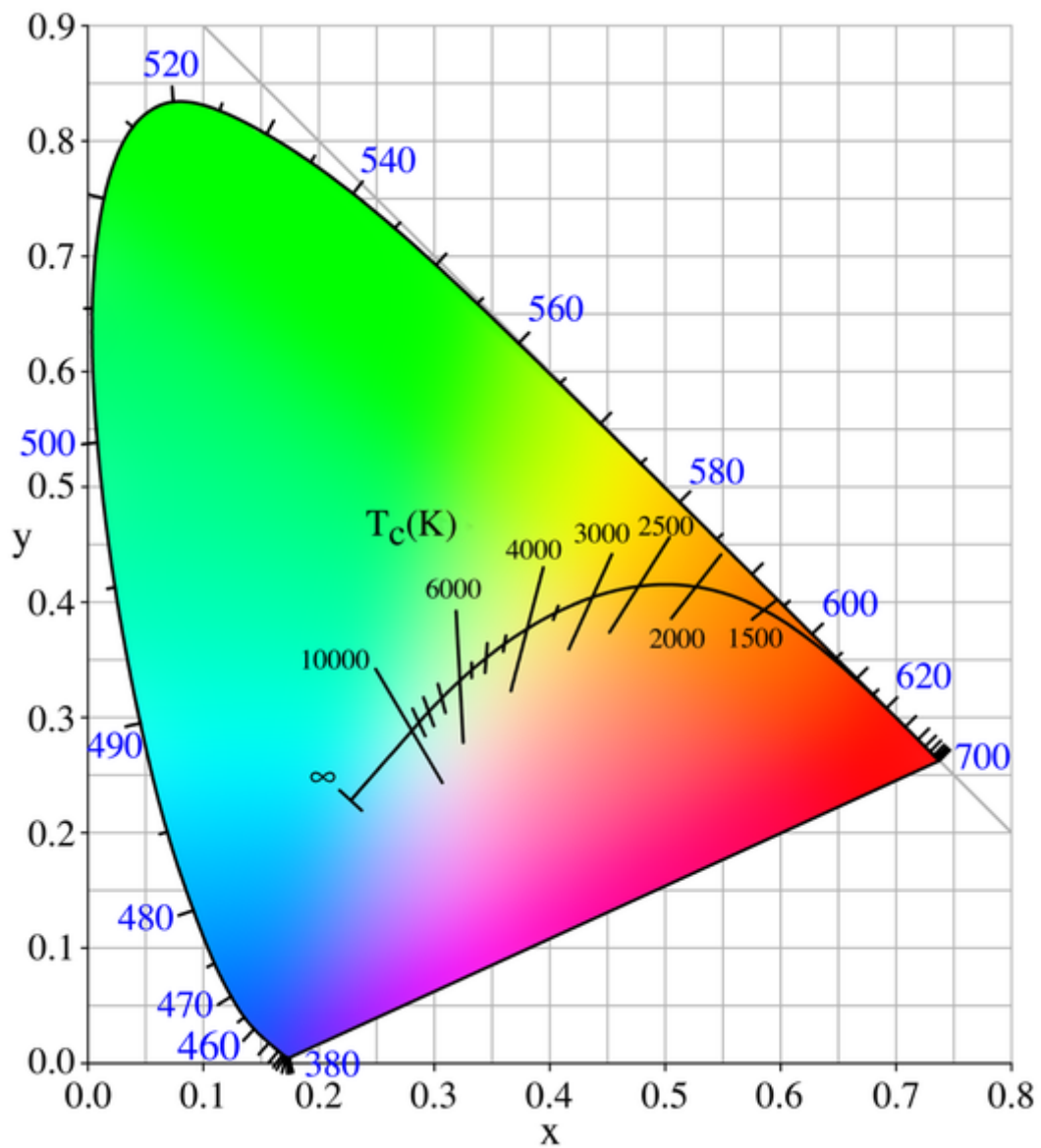
Stożek HSV

5. Przestrzeń XYZ (poprawnie CIEXYZ)

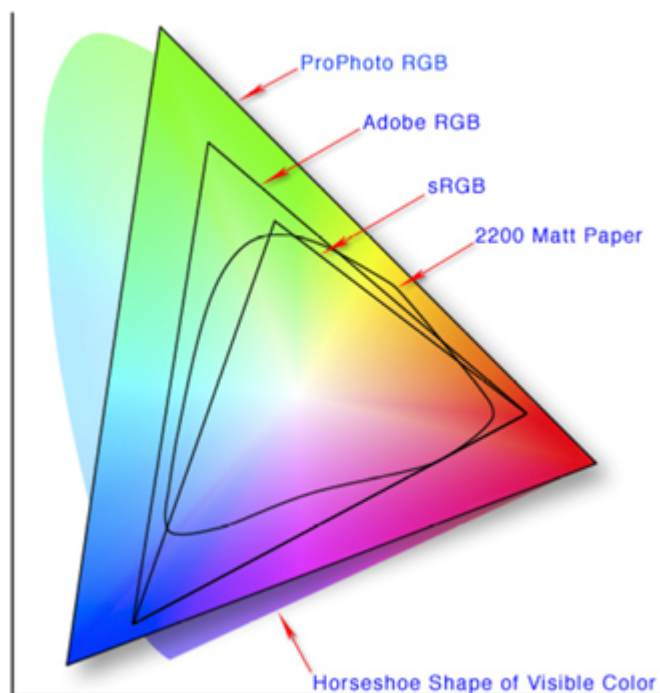
Przestrzeń ta została stworzona przez Międzynarodową Komisję Oświetleniową (CIE - Commission Internationale de l'Eclairage). Poszczególne barwy opisuje się poprzez współrzędne X, Y, Z (każda z nich odpowiada za jedną z trzech chrominancji – czerwonej, zielonej oraz niebieskiej).

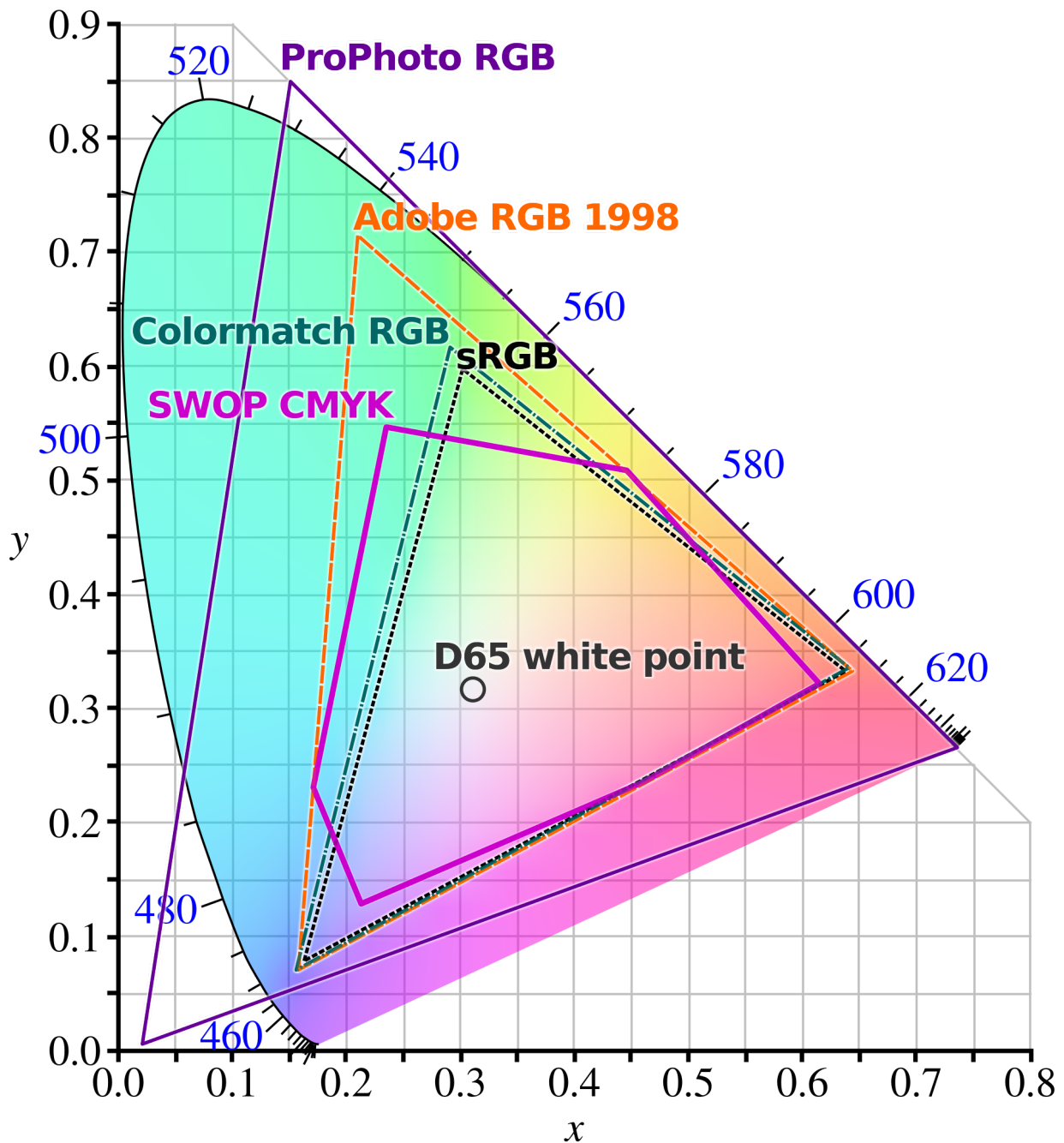
Przestrzeń ta jest modelem wzorcowym dla wszystkich wcześniej opisanych modeli – CIEXYZ zawiera bowiem wszystkie widzialne przez oko ludzkie barwy, umieszczone w trójkącie barw (ograniczonego przez jedną krzywą i prostą). Stanowi ona także wzorzec dla innych modeli barw CIE.

Poniżej pokazany jest model XYZ na przestrzeni XYZ. Proszę zauważyć, że na środku podane są wartości ciepła danej barwy (T_c).



Odniesienie niektórych modeli kolorów na XYZ:

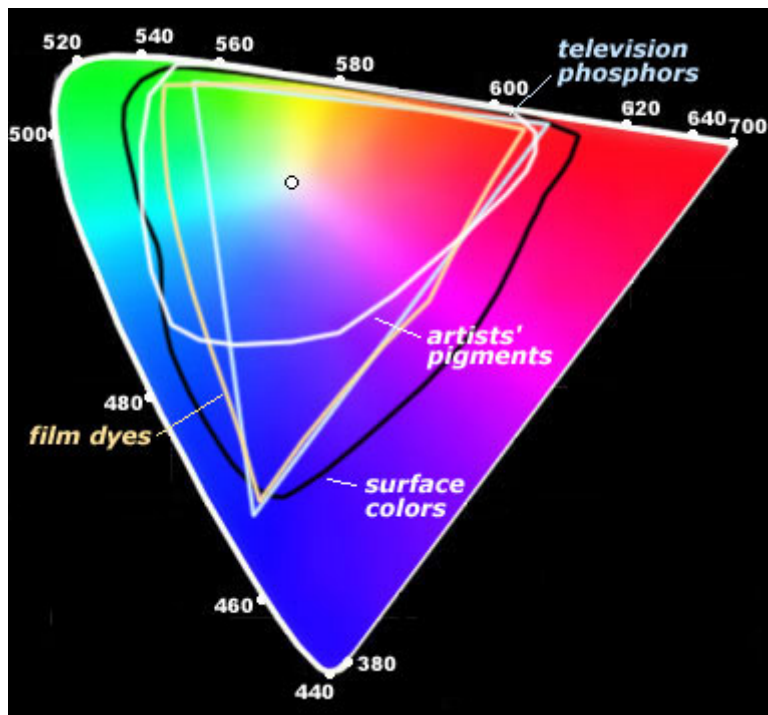




6. CIELUV

Przestrzeń barw stworzona na podstawie CIEXYZ. Nazwa wywodzi się od komisji standaryzacyjnej oraz symboli LUV, gdzie L oznacza luminancję („świecenie” danego punktu), U – przeskalowana składowa niebieska, V – przeskalowana składowa czerwona (U oraz V to składowe chrominancji).

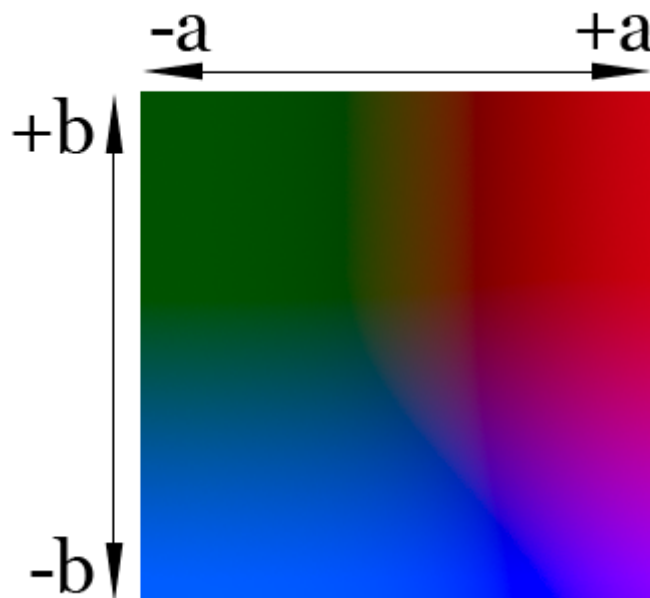
Oba modele – CIEXYZ oraz CIELUV mogą być stosowane naprzemiennie. Organizacja CIE podaje dokładne wzory, wedle których następuje zamiana wartości pomiędzy układami.



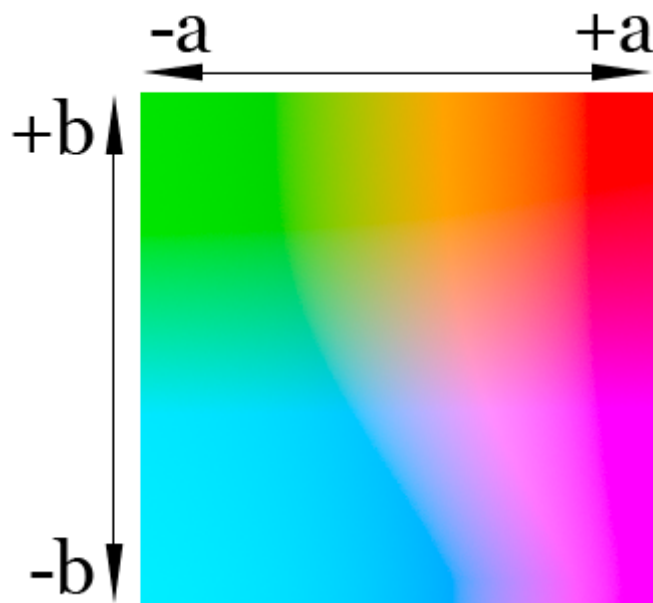
7. CIELab

Pochodna przestrzeni CIE XYZ. Początkowo miała ona być wyznacznikiem równomiernej przestrzeni barw. Poszczególne barwy znajdujące się w tej przestrzeni w jednakowej, ustalonej odległości od siebie (ΔE), powinny być postrzegane przez obserwatora jako jednoznacznie różne. Niestety tak nie jest – dla każdego obserwatora odległości te potrafią być różne; dzieje się tak dlatego, że nie można dla wszystkich określić jednoznacznego ΔE . Nie znaczy to, że przestrzeń ta jest niewykorzystywana. Wręcz przeciwnie – to ona na chwilę obecną to właśnie ona jest podstawą współczesnych systemów zarządzania barwą.

Nazwa przestrzeni, podobnie jak poprzednio omawianych, zaczerpnięta została z pierwszych liter nazw jej wyznaczników. L to jasność (luminancja) danego koloru, przestrzeń a określa barwę od zielonej do magenty, b od niebieskiej do zielonej (bądź żółtej).



CIELab przy $L=25\%$



CIE Lab przy $L=75\%$

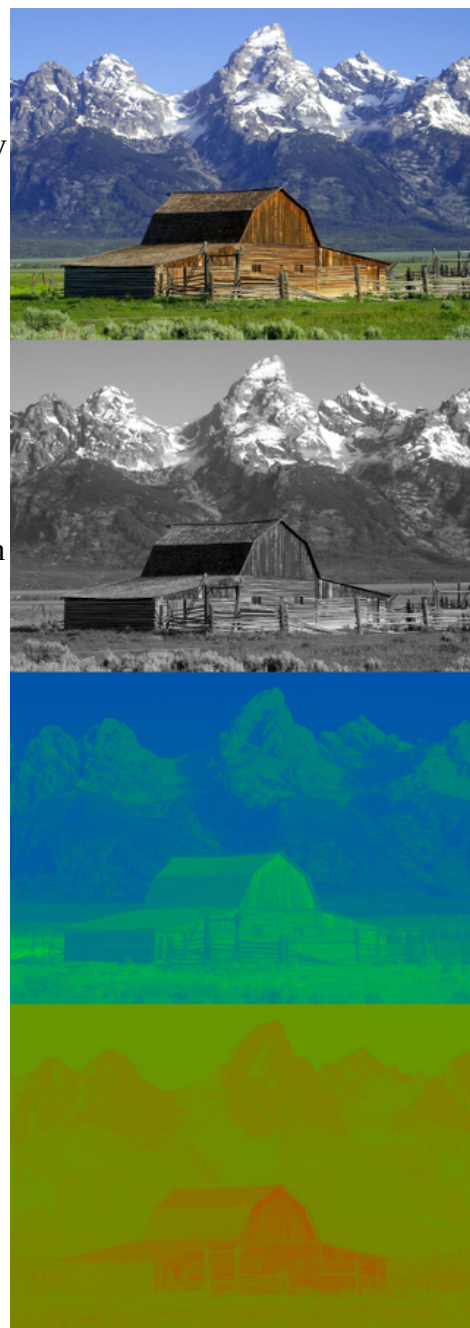
8. Przestrzeń YUV

Przestrzeń stworzona głównie dla odbiorników telewizyjnych. Jej głównym założeniem jest fakt, że każdy piksel posiada informację o swojej jasności (Y – luminacja) oraz chrominancji (U oraz V). Sama jasność wystarczy by wyświetlić obraz czarno-biały (odcienie szarości). Chrominancja potrzebna jest do tego by można było określić kolor danego punktu. Należy przy tym pamiętać, że bez UV (chrominancji) obraz zostanie wyświetlony w barwach szarości natomiast bez Y (jasności) nawet z ustawionymi UV obraz pozostanie czarny (nic się nie wyświetli).

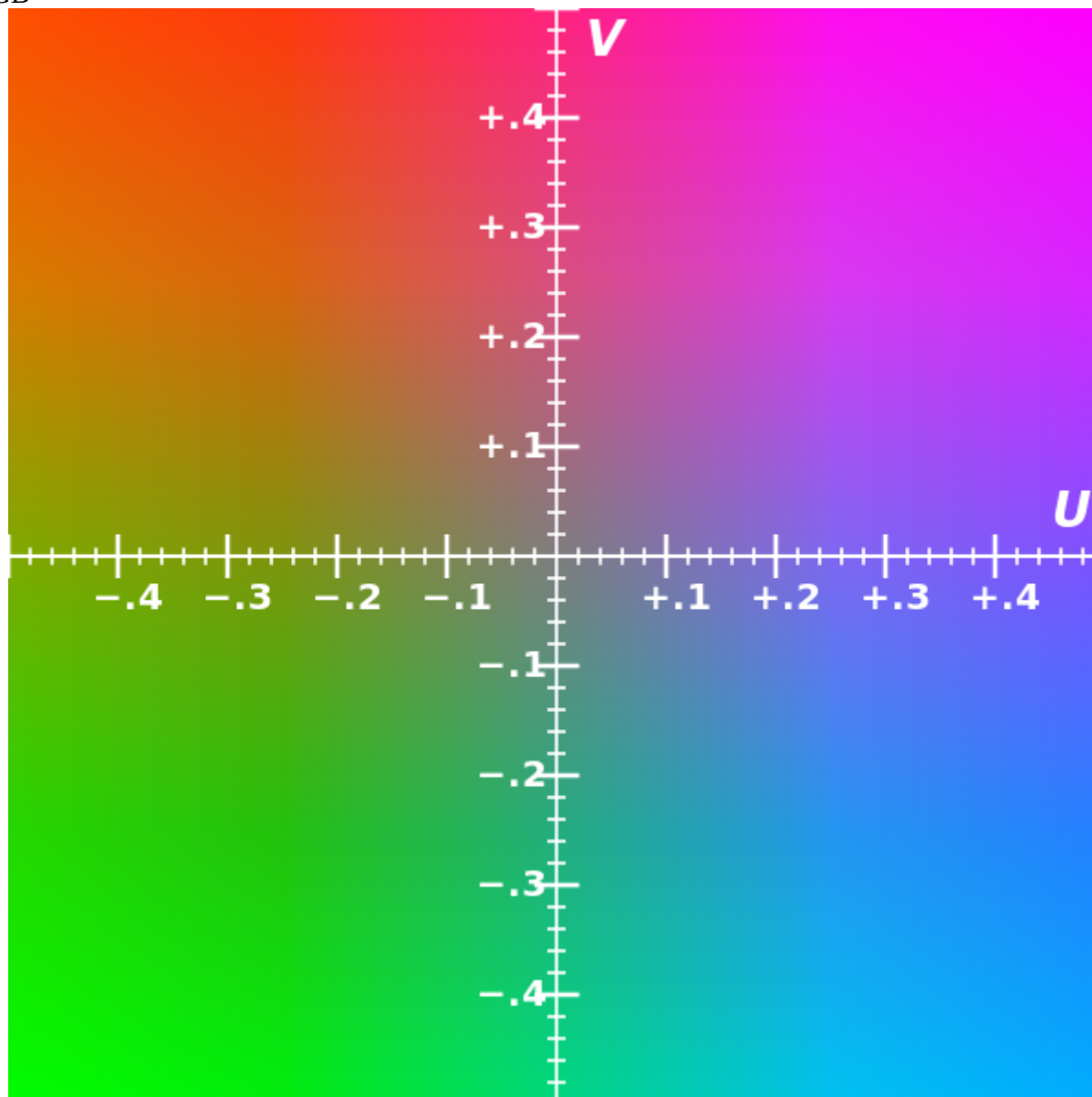
YUV pozwoliła na przesyłanie zakodowanie kolorowego sygnału zarówno do odbiorników kolorowych jak i czarno-białych.

Po prawej stronie znajdują się następujące obrazy (patrzac od góry):

- oryginalny obraz taki jak widzimy na wyświetlaczu
- obraz z wyciętą chrominancją (pozostał tylko sygnał Y)
- obraz z luminacją oraz chrominancją U
- obraz z luminacją oraz chrominancją V



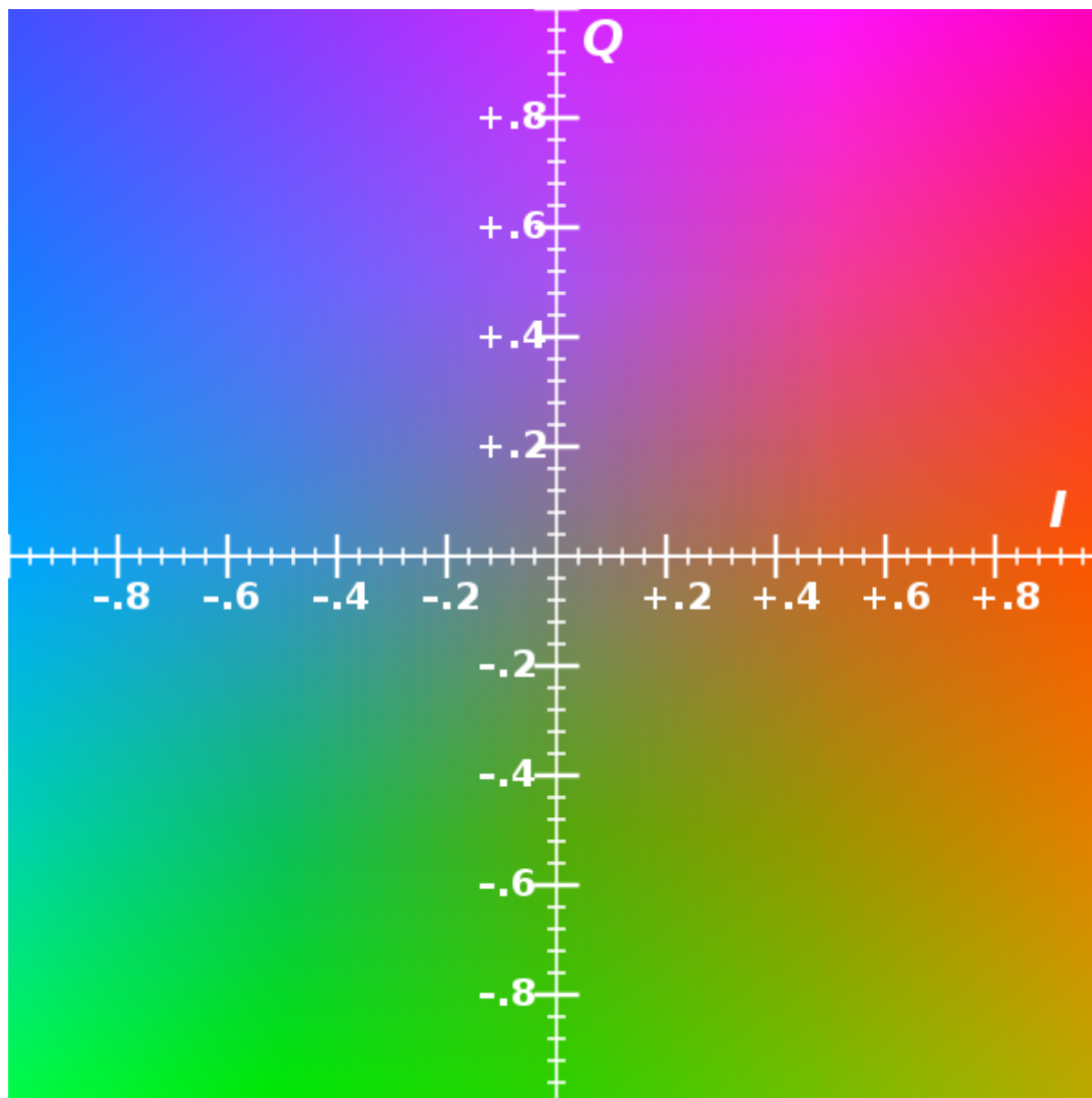
Poniżej została ukazana chrominancja UV z jasnością 0,5; gamut został przeniesiony na model RGB



9. Przestrzeń YIQ

Przestrzeń „bliźniacza” do YUV. Stosowana głównie w USA i Azji (Japonia, Korea Południowa). Zamiast przetworzonego niebieskiego i czerwonego koloru (U i V) stosuje się chrominant pomarańczowo-niebieski (I) oraz purpurowo-zielony (Q). Standard lepiej dostosowuje się do naszego wzorku niż YUV. Niestety koszt implementacji go w odbiornikach telewizyjnych jest zbyt wysoki. Niewiele modeli w pełni go implementuje.

Poniżej przedstawione zostało odwzorowanie obrazu zakodowanego poprzez YIQ przy $Y=0.5$.



10. Model YCbCr

Model ten to cyfrowa implementacja przestrzeni YUV. Wykorzystywany jest zarówno do przesyłania jak i przechowywania obrazów nieruchomych i ruchomych. Informacja o jasności danego punktu zajmuje największą część w pamięci; chrominancje Cb oraz Cr zajmują mniejszą część ze względu na fakt, że ludzkie oko nie jest na nie tak wyczułone jak właśnie na jasność – udowodniono, że nasz zmysł wzroku reaguje na szybkie zmiany światła natomiast bardzo wolno na zmianę chrominancji.

Model ten w dość prosty sposób daje się przetransformować na RGB, z kolei RGB na YCbCr. W transmisji analogowej model ten nosi nazwę YPbPr, a złącze obsługujące go – komponentowe (posiada 3 osobne kable).

ŹRÓDŁA:

http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/models/rgbcmy.html

<http://web.forret.com/tools/color.asp?R=85&G=85&B=68>

<http://www.fizyka.umk.pl/~milosz/PSPiZK/graf/kolor.html>

<http://cygnus.tele.pw.edu.pl/potc/w03.pdf>

<http://www.handprint.com/HP/WCL/color6.html>

<http://pl.wikipedia.org/>

<http://en.wikipedia.org/>