



Wykład 0:



Grafika komputerowa

pojęcia podstawowe

© Jan Kaczmarek 2018



grafika komputerowa (wg Wikipedii):

Grafika komputerowa, projektowanie graficzne - dziedzina informatyki zajmująca się wykorzystaniem technik komputerowych do celów wizualizacji artystycznej oraz wizualizacji rzeczywistości. Grafika komputerowa jest obecnie narzędziem powszechnie stosowanym w nauce, technice oraz rozrywce.

Grafika komputerowa jest też kolejną dyscypliną artystyczną – dzieła powstałe przy jej zastosowaniu nazywa się grafiką cyfrową, infografiką lub digitalpaintingiem.



zainteresowanie obrazem:

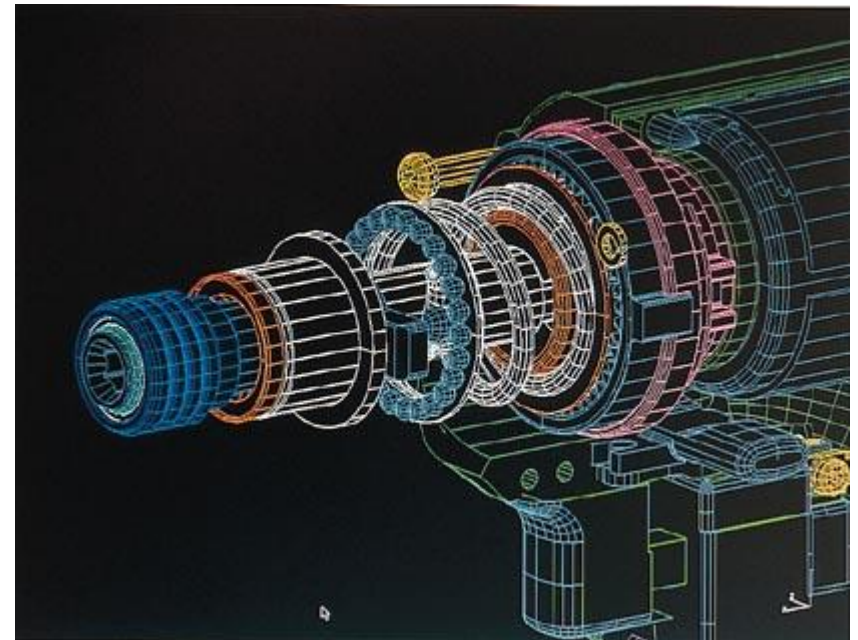
Trzy dziedziny informatyki są zainteresowane obrazem:

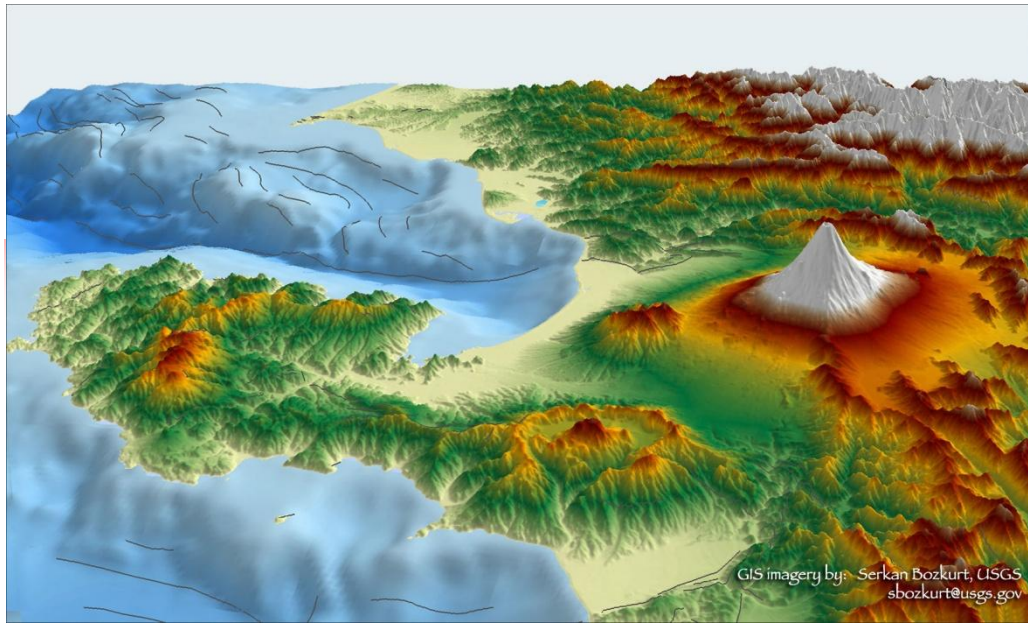
- **grafika komputerowa** – zajmuje się generowaniem obrazów metodami cyfrowymi (przykłady: tworzenie wirtualnych światów, generacja efektów specjalnych dla współczesnej kinematografii), **opis ---> obraz**
- **przetwarzanie obrazów** – zajmuje się reprezentacją obrazów w postaci cyfrowej oraz algorytmami ich obróbki (przykłady: kompresja, obróbka zdjęć cyfrowych), **obraz ---> obraz**
- **rozpoznawanie obrazów** – zajmuje się metodami analizy treści obrazu i zamiany jej na dane nadające się do dalszej obróbki (przykłady: analiza obrazu tęczówki oka w celu przeprowadzenia identyfikacji osoby, bazy danych obrazowych, rozpoznawanie twarzy), **obraz ---> opis**



zastosowania grafiki komputerowej:

- * Graficzny interfejs użytkownika (GUI)
- * Prezentacje, wizualizacja informacji, rozliczne zastosowania biurowe (np. wizualizacja danych w formie wykresów dwu- i trójwymiarowych)
- * Wspomaganie prac inżynierskich i projektowych (CAD/CAM)
- * Poligrafia, skład drukarski, przygotowanie publikacji do druku (DTP)
- * Kartografia i systemy informacji przestrzennej (GIS)
- * Symulacje komputerowe i wizualizacja wirtualnej rzeczywistości
- * Medycyna, w szczególności diagnostyka medyczna (TK, MRI, USG, RTG)
- * Przemysł rozrywkowy, efekty specjalne w filmach, filmy animowane
- * Gry komputerowe









grafika rastrowa vs grafika wektorowa:

Istnieją dwa podstawowe sposoby przedstawiania obrazów cyfrowych:

- obrazy rastrowe (bitmapowe, mapy bitowe)
- obrazy wektorowe (grafika wektorowa)

Istotą obrazu rastrowego jest przedstawienie go za pomocą zwykle prostokątnych obszarów wypełnionych monobarwnymi punktami (małymi kwadratami), zwanymi **pikselami**.

Istotą obrazu wektorowego jest zapamiętanie **matematycznego opisu** obrazu jako zestawu obiektów (punktów, linii prostych, krzywych, figur geometrycznych itd.), które mają określone cechy (np. grubość, kolor) i ich wzajemnego położenia.

Uwaga! Obraz wektorowy, po przeliczeniu go do konkretnej rozdzielczości, jest wyświetlony na rastrowym monitorze lub drukowany na rastrowej drukarce.



źródła obrazów cyfrowych:

- oprogramowanie do tworzenia (rysowania, malowania, edycji), obrazów, zarówno obrazów rastrowych, jak i wektorowych
- przetworzenie obrazu analogowego lub jego utworzenie w urządzeniu cyfrowej rejestracji obrazu takim, jak **skaner 2D i 3D, cyfrowy aparat fotograficzny** lub cyfrowa **kamera wideo**, w tym przypadku zwykle powstaje obraz rastrowy
- konwersja obrazów rastrowych na wektorowe lub odwrotnie dokonywana za pomocą specjalnego oprogramowania



obrazy rastrowe:

Przekształcenie obrazu analogowego do postaci cyfrowego obrazu rastrowego odbywa się w dwóch etapach:

- etap dyskretyzacji
- etap kwantyzacji



dyskretyzacja:

Podział analogowego obrazu wejściowego na piksele następuje za pomocą prostokątnej siatki dyskretyzującej (tzw. rastra). Ważny jest tzw. **aspekt piksela** – stosunek jego szerokości do wysokości (bliski lub równy 1).

Rozdzielczość (jednostka to **ppi** – pixels per inch) to liczba pikseli przypadająca na jednostkę długości obrazu cyfrowego.
Im większa rozdzielczość, tym lepiej są odwzorowane szczegóły oryginału.



dyskretyzacja:

Rozmiary obrazu określamy w pikselach biorąc pod uwagę jego wysokość i szerokość oraz rozdzielczość.

$$\text{rozmiar}[mm] = \frac{\text{rozmiar}[p] * 25.4[mm]}{\text{rozdzielczosc}[ppi]}$$

$$\text{rozmiar}[p] = \frac{\text{rozmiar}[mm] * \text{rozdzielczosc}[ppi]}{25.4[mm]}$$

$$\text{rozdzielczosc}[ppi] = \frac{\text{rozmiar}[p] * 25.4[mm]}{\text{rozmiar}[mm]}$$



powiększanie obrazu rastrowego:



100 %



powiększanie obrazu rastrowego:



200 %



powiększanie obrazu rastrowego:



400 %



powięk



800 %



kwantyzacja, głębia bitowa:

Kwantyzacja to proces polegający na przypisaniu wartości analogowej najbliższego poziomu reprezentacji, któremu w procesie kodowania przypisywana jest określona liczba.

Głębina bitowa (jednostka to **bpp** – bits per pixel) to ilość bitów przeznaczonych na opis jednego piksela.

Zajętość pamięci nie zależy od skomplikowania obrazu.



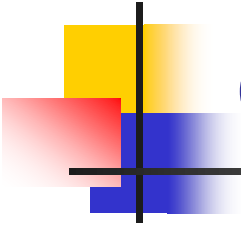
obrazy wektorowe:

Obiekty tworzące obraz (rysunek) wektorowy zbudowane są z **krzywych** (np. krzywych Beziera), składających się z połączonych ze sobą krzywoliniowych elementów wektorowych.

Krzywoliniowy element wektorowy jest zbudowany z dwóch punktów, tzw. węzłów i rozpiętej między nimi krzywej gładkiej. Kształt krzywej można modyfikować za pomocą tzw. kierownicy (stycznej do krzywej w węźle).

Krzywe zapisane są w postaci formuł matematycznych (funkcji tworzących te krzywe), dzięki czemu nawet złożone obrazy wektorowe **zajmują bardzo mało miejsca**. Zajętość pamięci zależy od skomplikowania obrazu.

Matematyczny opis kształtów pozwala na **dowolne skalowanie obrazu** bez zmiany rozdzielczości rysunku i to zarówno z zachowaniem, jak i bez zachowania proporcji (nie wystąpi efekt powiększania pikseli).



źródło: Wikipedia





skalowanie obrazu wektorowego:

źródło: Wikipedia



Raster (PNG)



Vector (SVG)



grafika 2D vs grafika 3D:

Kolejnym kryterium, wg którego klasyfikuje się zastosowania grafiki, jest charakter danych:

- **grafika dwuwymiarowa** (grafika 2D) – wszystkie obiekty są płaskie (każdy obraz rastrowy wpada do tej kategorii)
- **grafika trójwymiarowa** (grafika 3D) – obiekty są umieszczone w przestrzeni trójwymiarowej i celem programu komputerowego jest przede wszystkim przedstawienie trójwymiarowego świata na dwuwymiarowym obrazie



popularne programy graficzne:

Programy do grafiki rastrowej:

Adobe Photoshop, Corel Photo-Paint z pakietu CorelDRAW, GIMP, IrfanView, Adobe Fireworks, Paint.NET, Painter, PaintShopPro

Popularne programy do grafiki wektorowej:

AutoCAD, CorelDraw, Macromedia FreeHand, Adobe Flash, Adobe Illustrator, Inkscape, TechCAD

Popularne programy do grafiki 3D (pakiety):

3D Studio Max, Maya, Cinema 4D, LightWave 3D, Blender

Popularne biblioteki graficzne:

DirectX, GTK+, OpenGL



popularne formaty graficzne:

Popularne formaty grafiki rastrowej:

BMP, GIF, JPEG, PCX, PSD, PNG, TIFF, XCF, ICO, PPM

Popularne formaty grafiki wektorowej:

SVG, AI, CDR, DXF, EPS, PS

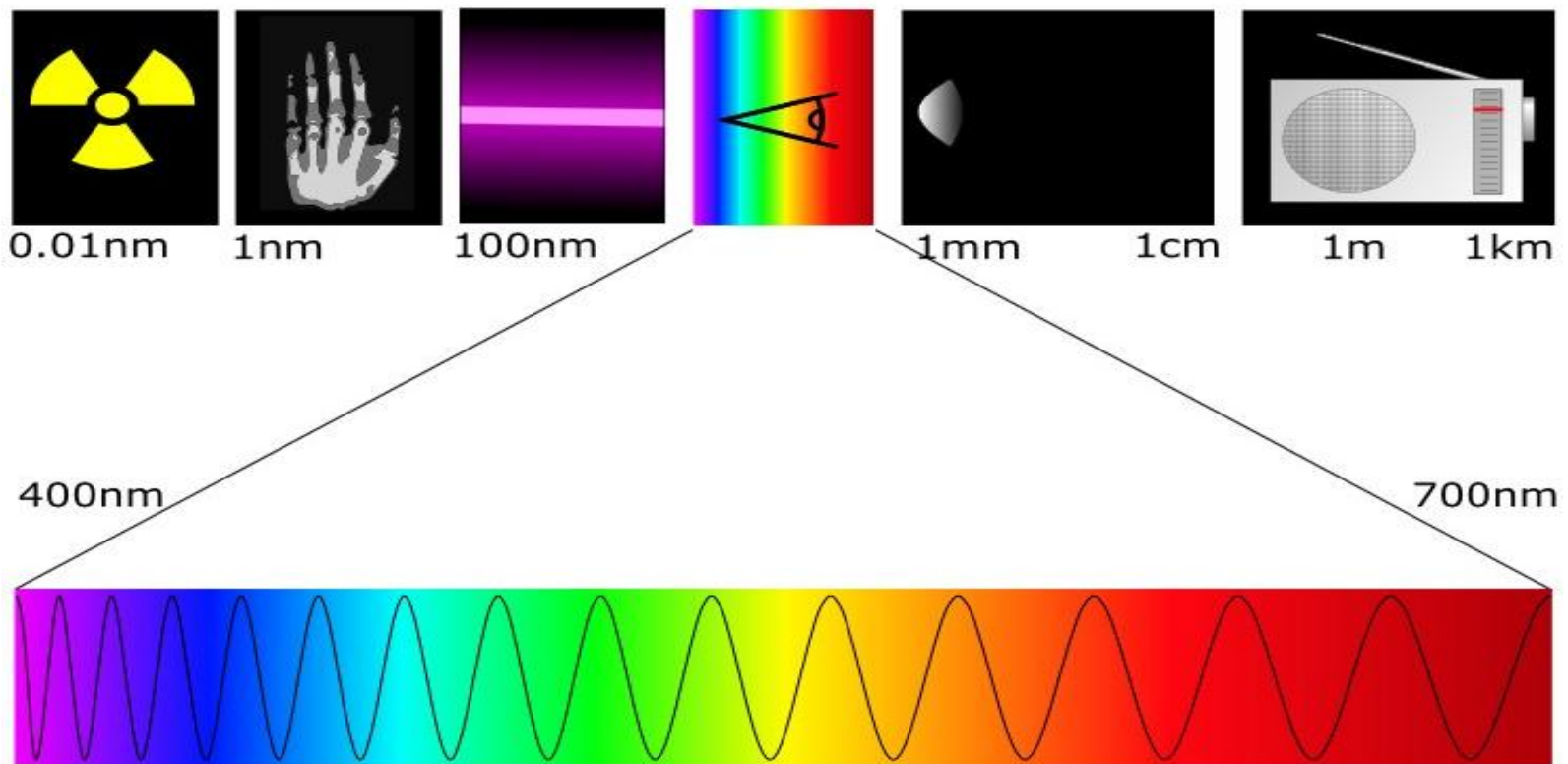
Popularne formaty grafiki 3D:

VRML, X3D

Światło widzialne:

źródło: Wikipedia

Światło widzialne leży w zakresie fal o długości od 380 nm do 780 nm. Czułość oka w zakresach 380 – 400 nm i 700 – 780 nm jest bardzo mała.





barwa:

Barwa to wrażenie psychiczne wywoływane w mózgu ludzi (i zwierząt) przez promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu światła, padające na receptory oka.

Wpływ na to wrażenie mają:

- skład widmowy promieniowania świetlnego
- ilość energii świetlnej
- obecność innych barw w polu widzenia obserwatora,
- cechy osobnicze obserwatora, jak zdrowie, samopoczucie, nastrój
- doświadczenie i wiedza w posługiwaniu się zmysłem wzroku.

Percepcja barw jest zatem procesem subiektywnym.

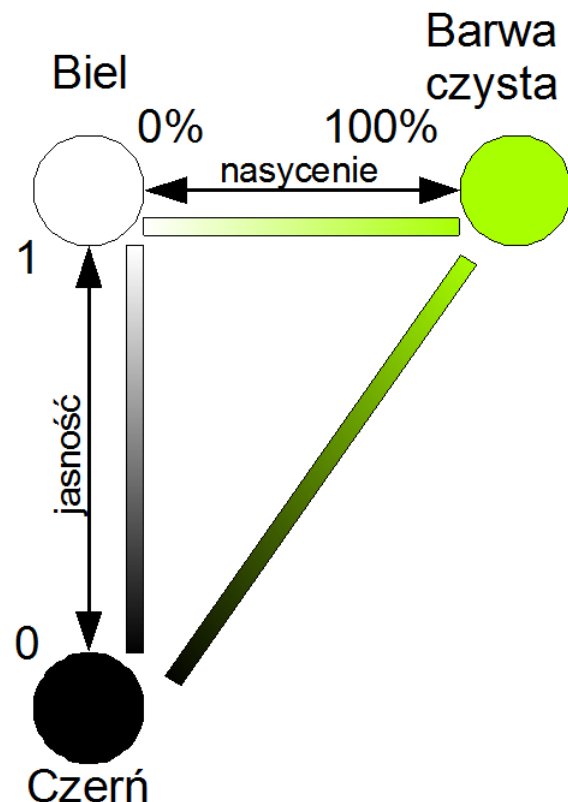
Kolorymetria jest dyscypliną zajmującą się barwami: definiowaniem i opisywaniem barw oraz ich właściwościami.

atrybuty barwy:

Odcień barwy - wrażenie związane z konkretną długością fali

Nasycenie – „mieszanie” (0 – 100%) z barwą białą

Jasność (luminancja) – wrażenie związane z wielkością strumienia świetlnego (skala 0 – 1)



Biel, czerń oraz wszystkie barwy występujące między nimi nazywane są barwami **achromatycznymi**. Są one w pełni nienasycone. Wszystkie pozostałe (o nasyceniu większym od zera) to barwy **chromatyczne**.

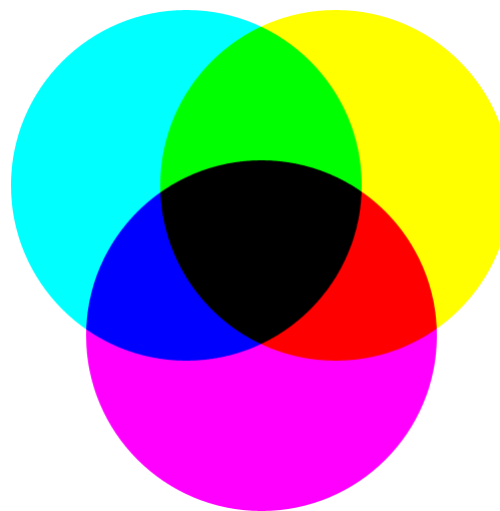


mieszanie barw:

mieszanie addytywne



mieszanie subtraktywne



Mieszanie addytywne jest mieszaniem światła (mieszaniem promieniowania). Mieszanie subtraktywne jest mieszaniem farb. Farba jest substancją pochłaniającą składowe promieniowania o określonej długości fali. Barwy dopełniające to dwie takie barwy, których mieszanie addytywne daje biel, a subtraktywne czerni.



widzenie obrazu:

Obraz powstaje na siatkówce oka. Siatkówka jest wielowarstwową tkanką nerwową zawierającą ponad 120 mln receptorów. Fotony trafiając do receptorów wywołują reakcje elektrochemiczne tworząc impulsy nerwowe przenoszone do mózgu. Na siatkówce jest ok. 120 mln pręcików i ok. 6 mln czopków.

Czopki pozwalają na rejestrację wrażeń barwnych i rozróżnianie odcieni barwnych. Do pobudzenia wymagają dużej ilości światła, odpowiadają za widzenie dzienne, nazywane fotopowym.

Pręciki pozwalają na rejestrację tylko odcieni szarości, do pobudzenia wystarczy im wielokrotnie mniej światła, odpowiadają za widzenie nocne (skotopowe).

Według teorii Younga-Helmholtza przyjmuje się, że czopki są pobudzane przez fale elektromagnetyczne o długości odpowiednio: czopki "niebieskie" – 437 nm, czopki "zielone" – 533 nm, czopki "czerwone" – 564 nm.



barwy achromatyczne:

Zakres odcieni od czerni do bieli dzielimy na ustaloną liczbę przedziałów odpowiadających odcieniom szarości i każdemu przypisujemy kod binarny:

- głębia 8-bitowa: czerní – 00000000, biel – 11111111, łącznie 256 odcieni



- głębia 4-bitowa: czerní – 0000, biel – 1111, łącznie 16 odcieni



- głębia 2-bitowa: czerní – 00, biel – 11, łącznie 4 odcienie

- głębia 1-bitowa: czerní – 0, biel – 1

obrazy barwne, paleta barw:

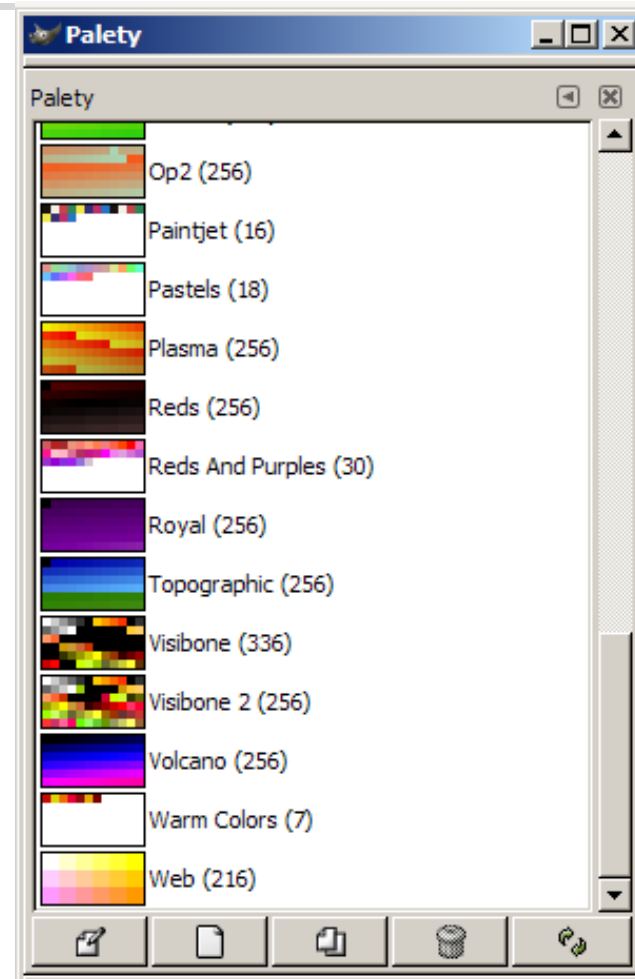
Obrazy barwne:

Osobno kwantujemy przedziały wartości dla poszczególnych cech opisujących barwę (wg przyjętego **modelu barw**).

Paleta barw:

Każdemu pikselowi przypisujemy numer (indeks) barwy z tablicy zestawu **ustalonych** barw (tzw. **paleta barw**):

- głębia 8-bitowa to $2^8=256$ barw
- głębia 4-bitowa to $2^4=16$ barw
- głębia 2-bitowa to $2^2=4$ barwy
- głębia 1-bitowa to $2^1=2$ barwy





bezpieczna paleta barw Web216 (1):

źródło: Wikipedia

#FFFFFF	#FFFFCC	#FFFF99	#FFFF66	#FFFF33	#FFFF00
#FFCCFF	#FFCCCC	#FFCC99	#FFCC66	#FFCC33	#FFCC00
#FF99FF	#FF99CC	#FF9999	#FF9966	#FF9933	#FF9900
#FF66FF	#FF66CC	#FF6699	#FF6666	#FF6633	#FF6600
#FF33FF	#FF33CC	#FF3399	#FF3366	#FF3333	#FF3300
#FF00FF	#FF00CC	#FF0099	#FF0066	#FF0033	#FF0000

#CCFFFF	#CCFFCC	#CCFF99	#CCFF66	#CCFF33	#CCFF00
#CCCCFF	#CCCCCC	#CCCC99	#CCCC66	#CCCC33	#CCCC00
#CC99FF	#CC99CC	#CC9999	#CC9966	#CC9933	#CC9900
#CC66FF	#CC66CC	#CC6699	#CC6666	#CC6633	#CC6600
#CC33FF	#CC33CC	#CC3399	#CC3366	#CC3333	#CC3300
#CC00FF	#CC00CC	#CC0099	#CC0066	#CC0033	#CC0000



bezpieczna paleta barw Web216 (2):

źródło: Wikipedia

#99FFFF	#99FFCC	#99FF99	#99FF66	#99FF33	#99FF00
#99CCFF	#99CCCC	#99CC99	#99CC66	#99CC33	#99CC00
#9999FF	#9999CC	#999999	#999966	#999933	#999900
#9966FF	#9966CC	#996699	#996666	#996633	#996600
#9933FF	#9933CC	#993399	#993366	#993333	#993300
#9900FF	#9900CC	#990099	#990066	#990033	#990000

#66FFFF	#66FFCC	#66FF99	#66FF66	#66FF33	#66FF00
#66CCFF	#66CCCC	#66CC99	#66CC66	#66CC33	#66CC00
#6699FF	#6699CC	#669999	#669966	#669933	#669900
#6666FF	#6666CC	#666699	#666666	#666633	#666600
#6633FF	#6633CC	#663399	#663366	#663333	#663300
#6600FF	#6600CC	#660099	#660066	#660033	#660000



bezpieczna paleta barw Web216 (3):

źródło: Wikipedia

#33FFFF	#33FFCC	#33FF99	#33FF66	#33FF33	#33FF00
#33CCFF	#33CCCC	#33CC99	#33CC66	#33CC33	#33CC00
#3399FF	#3399CC	#339999	#339966	#339933	#339900
#3366FF	#3366CC	#336699	#336666	#336633	#336600
#3333FF	#3333CC	#333399	#333366	#333333	#333300
#3300FF	#3300CC	#330099	#330066	#330033	#330000

#00FFFF	#00FFCC	#00FF99	#00FF66	#00FF33	#00FF00
#00CCFF	#00CCCC	#00CC99	#00CC66	#00CC33	#00CC00
#0099FF	#0099CC	#009999	#009966	#009933	#009900
#0066FF	#0066CC	#006699	#006666	#006633	#006600
#0033FF	#0033CC	#003399	#003366	#003333	#003300
#0000FF	#0000CC	#000099	#000066	#000033	#000000



modele barw:

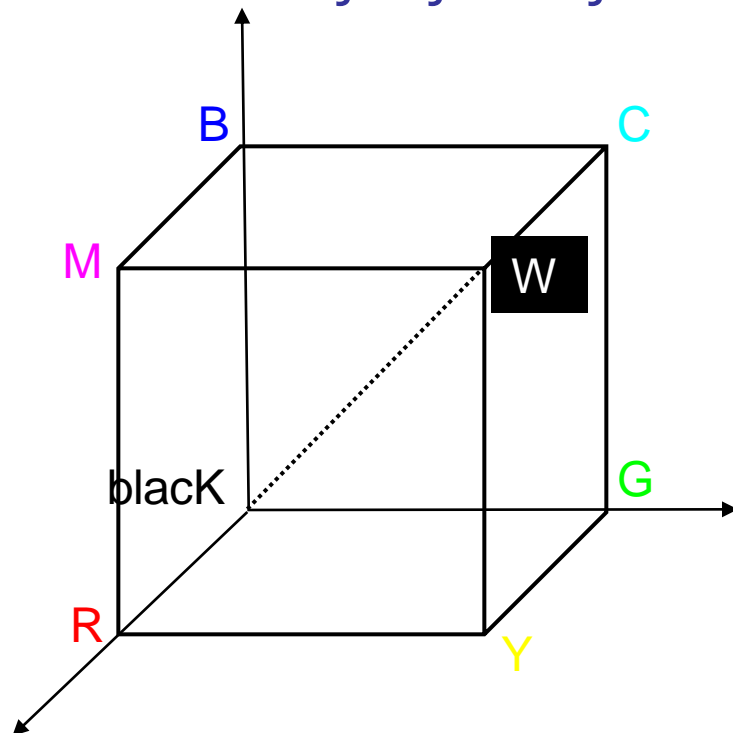
Brak możliwości jednoznacznego opisu przestrzeni barw w taki sposób, aby było to użyteczne we wszystkich praktycznych zastosowaniach sprawia, że **istnieje wiele różnych modeli barw:**

- modele kojarzone ze sprzętem:
 - * RGB
 - * CMY, CMYK
 - * YUV, YC_bC_r, YIQ
- modele kojarzone z użytkownikiem:
 - * HSV
 - * HSB, HSL
- modele niezależne:
 - * CIE XYZ
 - * CIE Lab



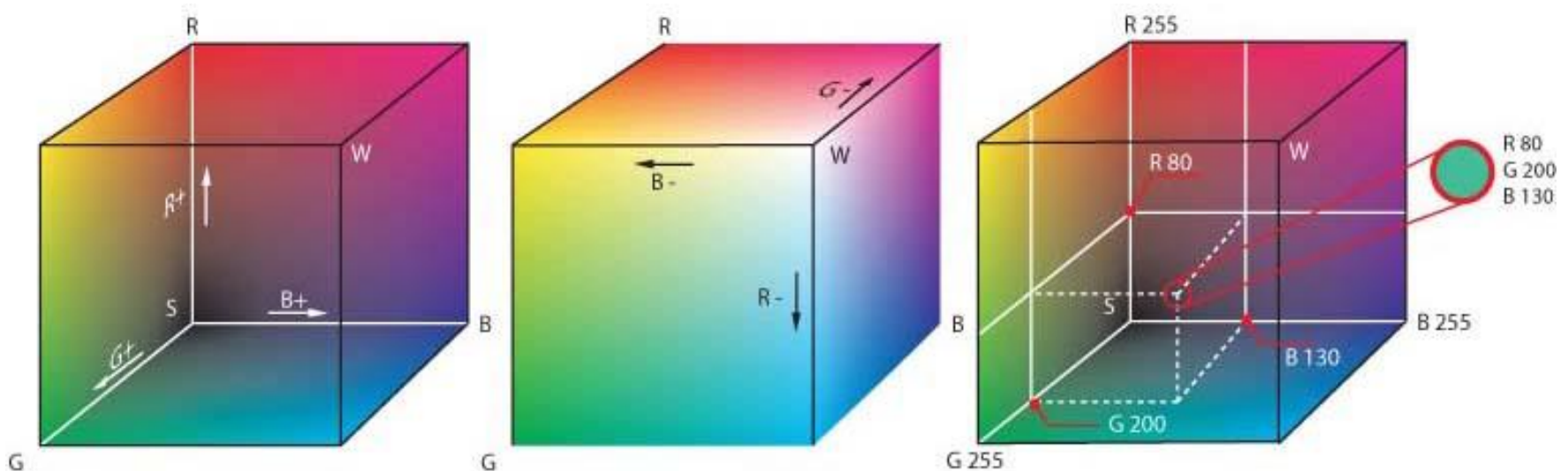
model RGB:

Model addytywny: podstawowy model barw – dowolną barwę można uzyskać w wyniku zmieszania trzech barw podstawowych (**R**ed, **G**reen, **B**lue), każda składowa koloru zajmuje 1 bajt.



model RGB:

źródło: Wikipedia



Model RGB jest modelem dyskretnym. Powszechnie stosuje się 24 bity (po 8 bitów dla każdej składowej) do zapisu intensywności barwy (tzw. **sRGB** - standardised Red, Green, Blue). Wówczas otrzymujemy $256^3 = 16777216$ barw (głębina 24-bitowa, nazywana **true color**).

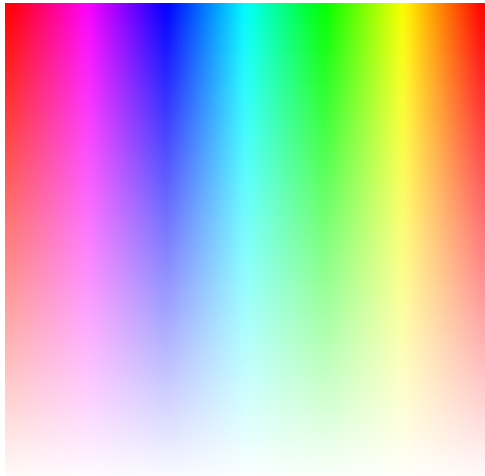


kanał alfa:

Kanał alfa jest kanałem, który definiuje przezroczyste obszary grafiki. Jest zapisywany dodatkowo razem z trzema wartościami barw składowych RGB. Wartość zerowa oznacza całkowitą przezroczystość, zaś maksymalna to pełne zabarwienie.

W systemach 32-bitowych kanał alfa ma postać liczby 8-bitowej. Utworzony w ten sposób model **RGBA** (RGB+Alfa) pozwala precyzyjnie określić stopień przezroczystości oraz udział poszczególnych barw składowych.

Przykładem popularnego formatu graficznego obsługującego przezroczystość alfa jest format PNG. Kanał alfa jest w różny sposób definiowany w różnych programach do tworzenia grafiki 2D czy 3D.

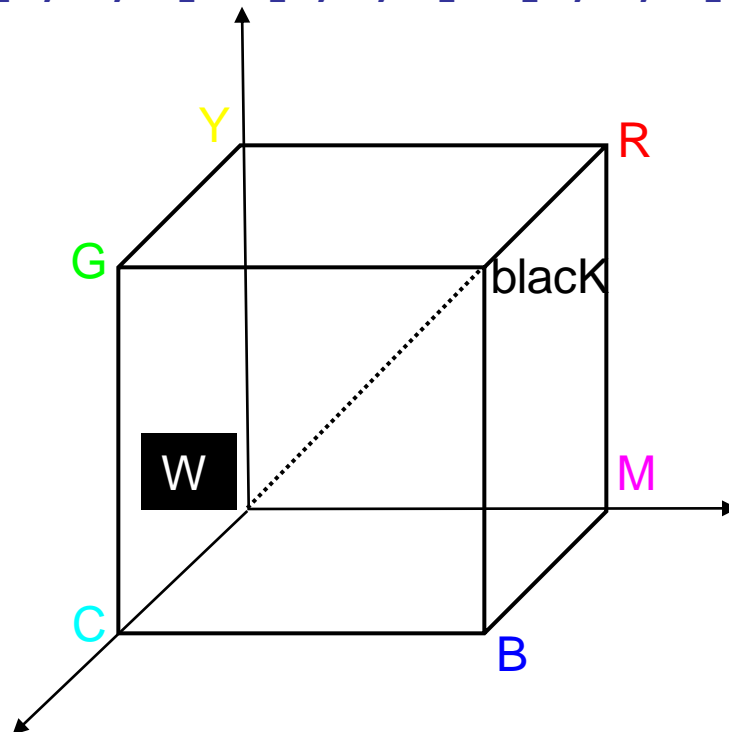




model CMY:

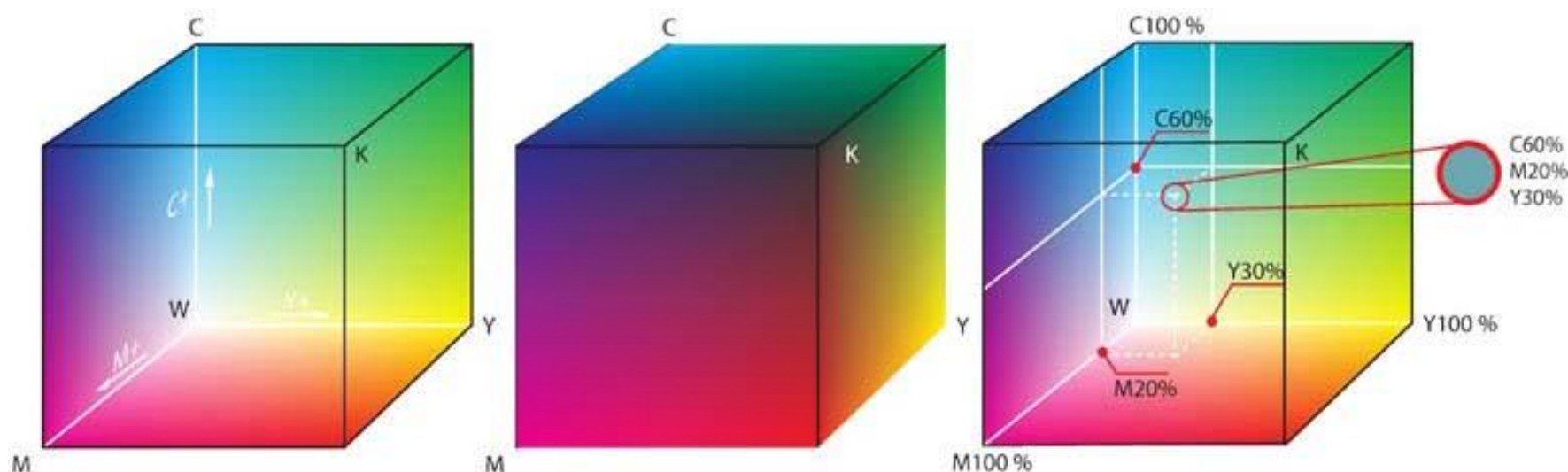
Model subtraktywny: podstawowe barwy to **C**yan, **M**agenta i **Y**ellow, każda składowa koloru zajmuje 1 bajt.

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



model CMY:

źródło: Wikipedia



Model ten został opracowany dla potrzeb poligrafii i wszystkich urządzeń wykorzystujących subtraktywne mieszanie barw. Jest modelem analogicznym do RGB pod względem właściwości.



model CMYK:

Model powszechnie używany do drukowania.

Model CMY dawał za słaby kontrast, kolor czarny ma brunatnoszary odcień.

Kolor czarny (black) został wyodrębniony:

$$C = C - GRC$$

$$M = M - GRC$$

$$Y = Y - GRC$$

$$K = GRC$$

$$GRC = k * GC, k \in <0, 1>, GC = \min(C, M, Y)$$

Współczynnik k dobierany jest doświadczalnie.



modele YUV i YIQ:

Model YUV ($Y C_b C_r$) (telewizja, PAL):

$$Y = 0.299*R + 0.587*G + 0.114*B$$

$$U = 0.493*(B - Y) \quad \text{lub} \quad C_b = 0.654*(R - Y)$$

$$V = 0.877*(R - Y) \quad \text{lub} \quad C_r = 0.713*(B - Y)$$

Model YIQ (telewizja, NTSC):

$$Y = 0.299*R + 0.587*G + 0.114*B$$

$$I = 0.74*(R - Y) - 0.27*(B - Y)$$

$$Q = 0.48*(R - Y) + 0.41*(B - Y)$$

model HSV:

Model **HSV** nawiązuje do sposobu, w jakim widzi oko, gdzie wszystkie barwy postrzegane są jako światło pochodzące z oświetlenia.

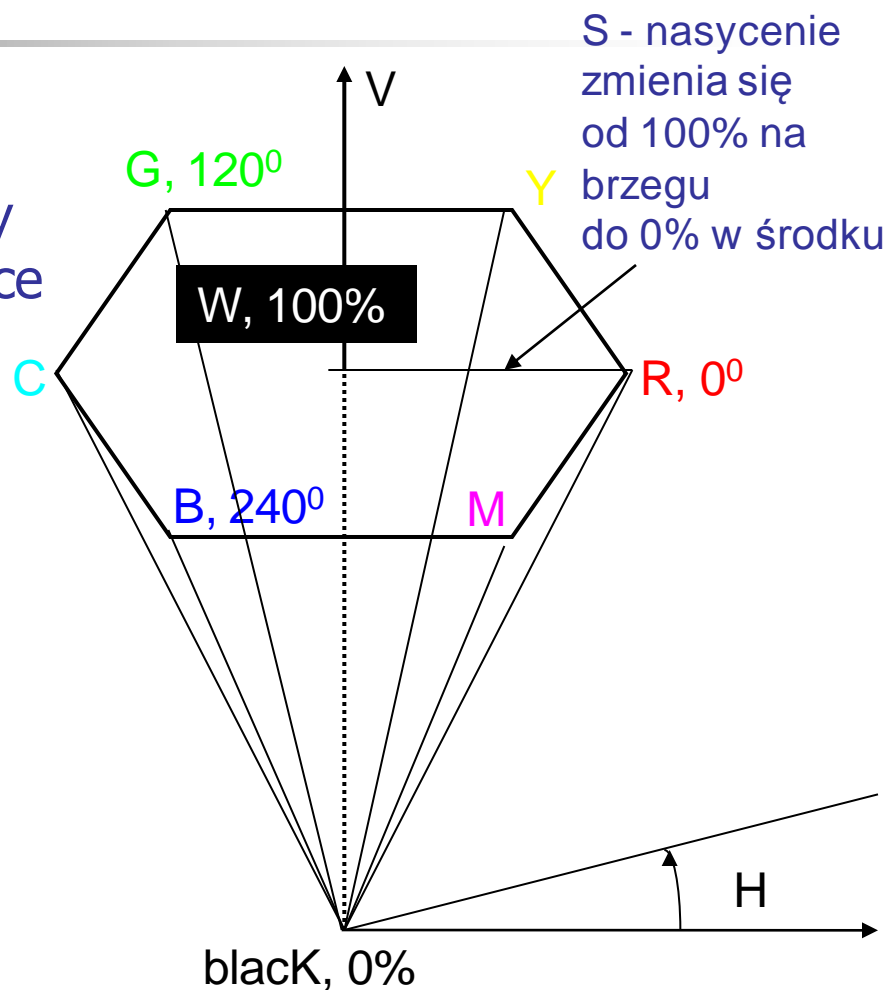
Kolor piksela określają trzy składowe:

Hue – odcień barwy (barwa)
(od 0° do 360°),

Saturation – nasycenie barwy
(od 0% do 100%)

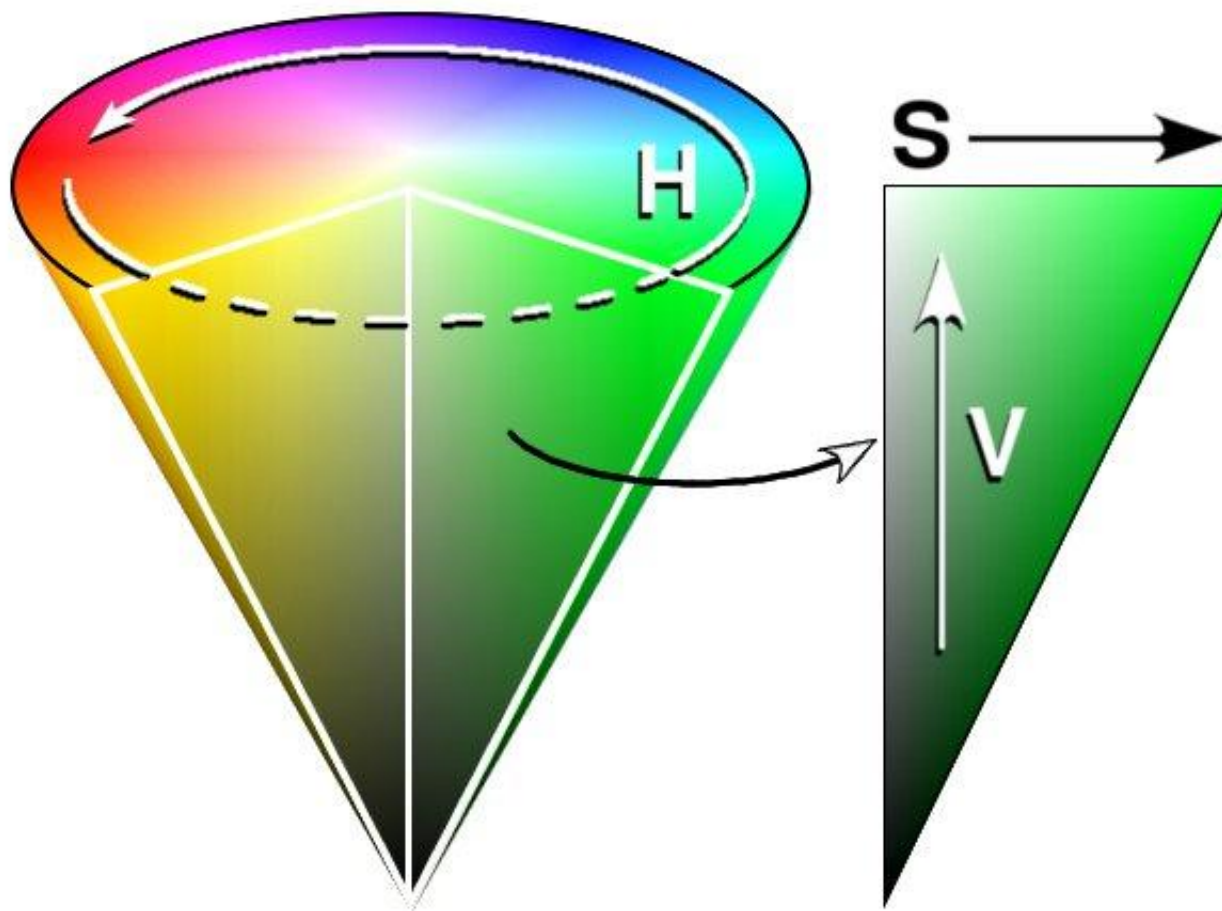
Value – wartość (od 0% do 100%)

Znane są procedury konwersji RGB na HSV i odwrotnie.



model HSV:

źródło: Wikipedia





modele HSB i HSL:

Modele pokrewne do HSV:

HSB:

Hue – barwa (od 0° do 360°)

Saturation – nasycenie barwy (od 0% do 100%)

Brightness – jaskrawość (poziom światła białego) (od 0% do 100%)

Bryła reprezentująca zbiór barw ma kształt podwójnego stożka (ostrośłupa sześciokątnego) o wspólnej podstawie.

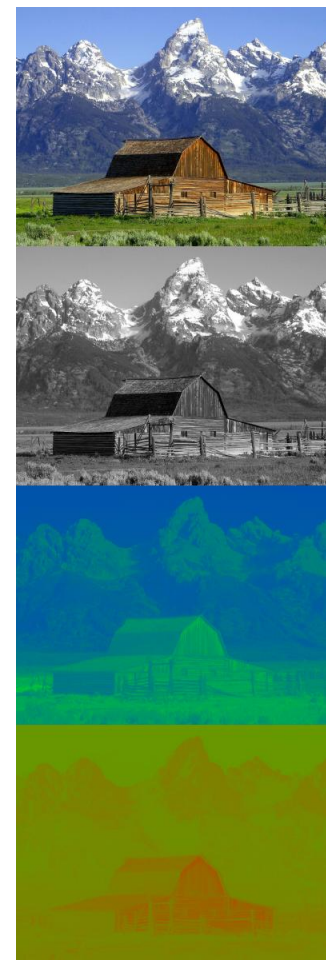
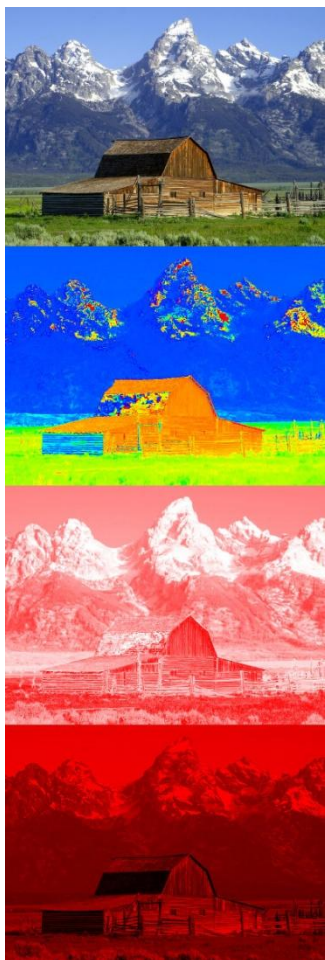
HSL:

H, S jak wyżej

Lightness – jasność (średni poziom światła białego)

RGB HSV CMY CMYK YUV:

źródło: Wikipedia





model CIE XYZ:

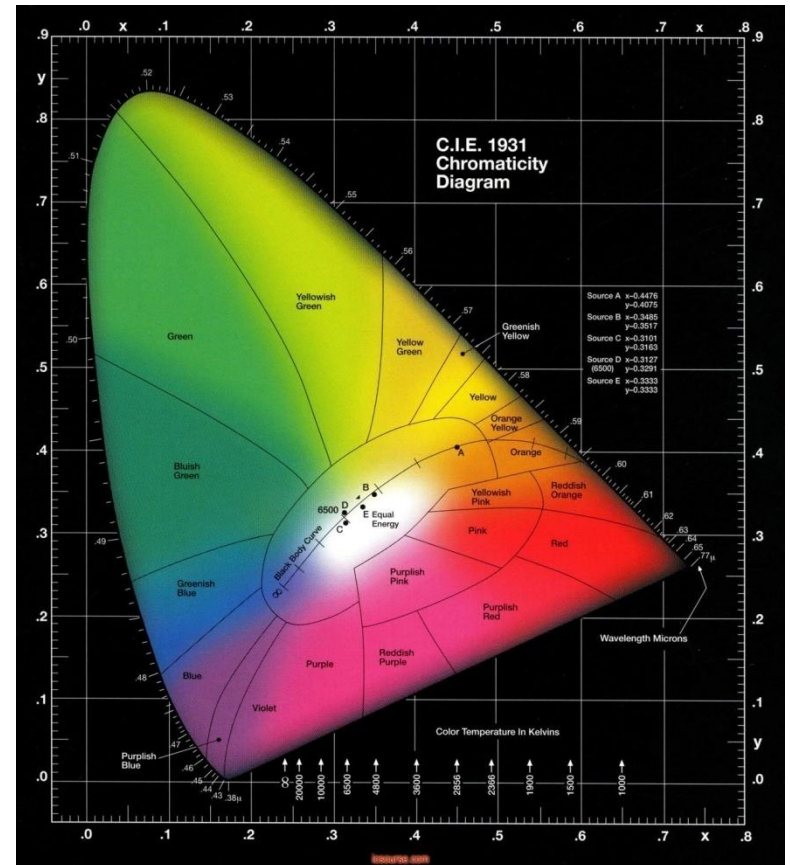
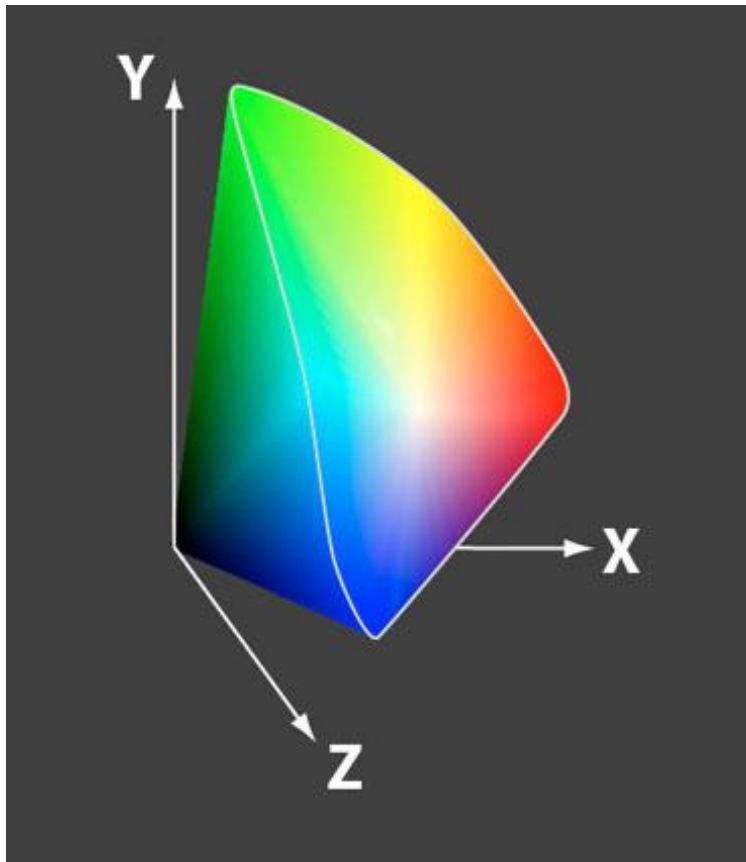
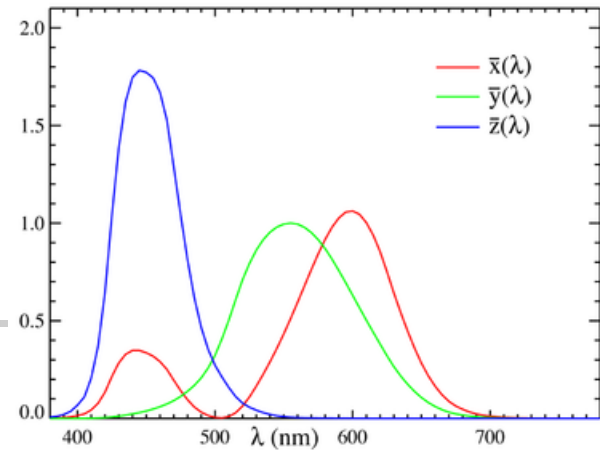
CIE XYZ to przestrzeń barw stworzona przez Międzynarodową Komisję Oświeceniową (**C**omission **I**nternationale de l'**E**clairage).

CIE XYZ jest specjalną paletą barw skonstruowaną przede wszystkim pod kątem postrzegania barw przez ludzkie oko. Barwę w sposób jednoznaczny opisuje się we współrzędnych tróchromatycznych X, Y, Z, odpowiadających procentowemu udziałowi trzech podstawowych barw R (czerwonej), G (zielonej) i B (niebieskiej).

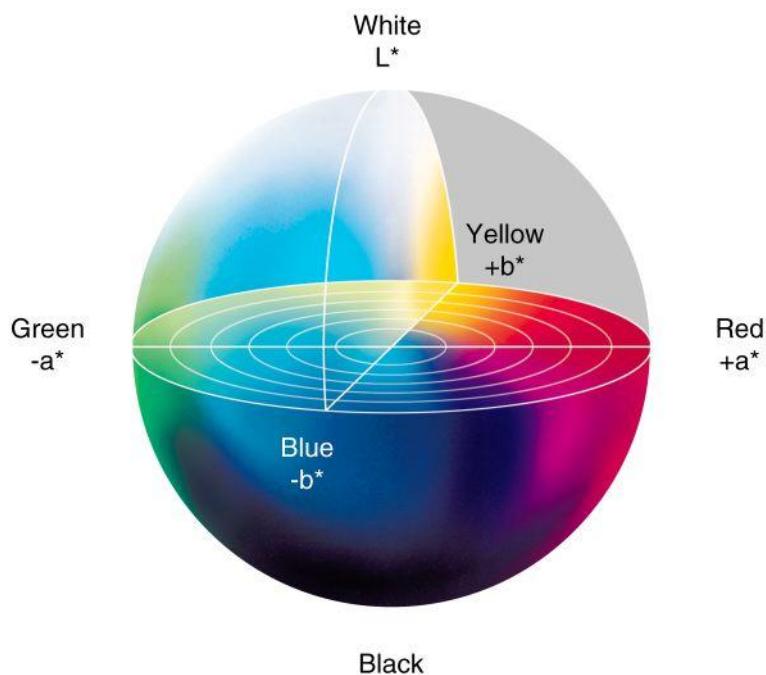
CIE XYZ jest opisem trójwymiarowym. Po znormalizowaniu składowych otrzymujemy równanie płaszczyzny w przestrzeni barw. Płaszczyznę tę przedstawia się najczęściej w postaci rzutu na płaszczyznę Oxy.

Tak powstaje **wykres chromatyczności** układu CIE XYZ, jako tzw. trójkąt barw, obszar zamknięty dwiema liniami – krzywą i prostą.

model CIE XYZ:



model CIE Lab:

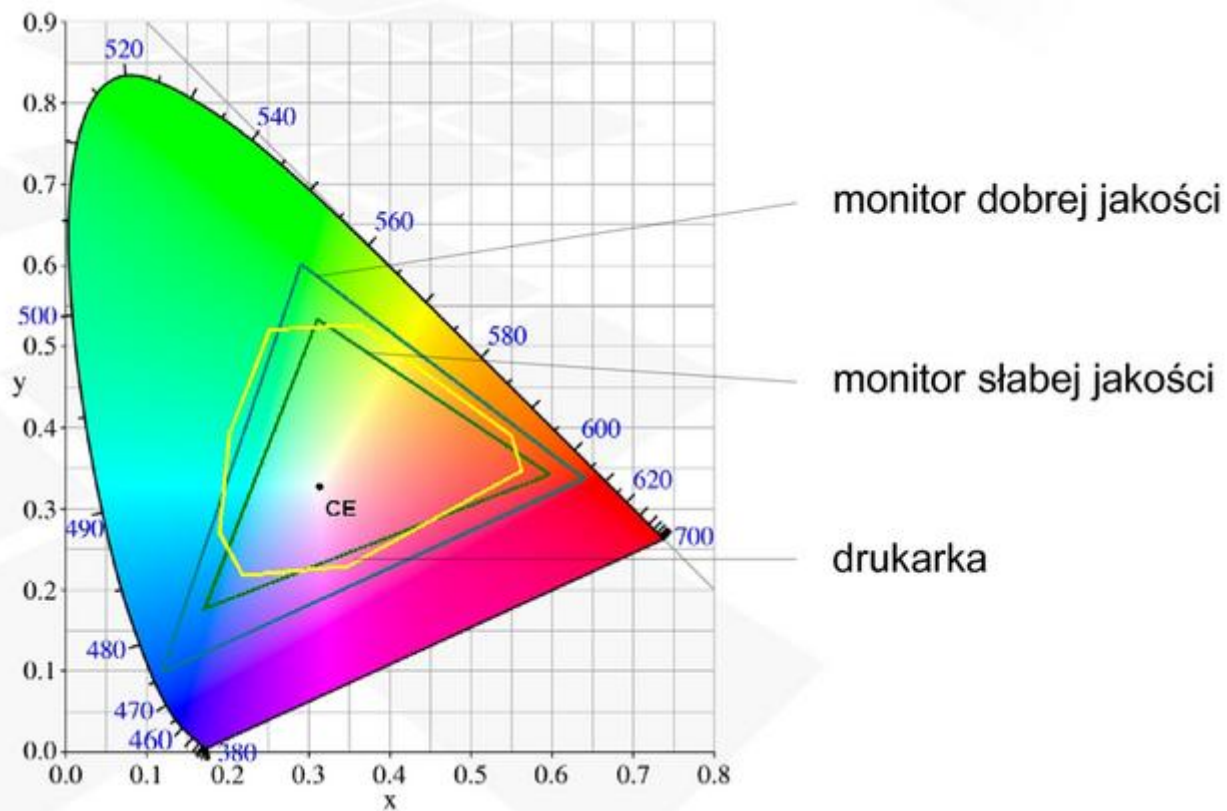


Model barw **CIE Lab** (CIE La^*b^*) tworzy trójwymiarowy układ współrzędnych będący modyfikacją modelu CIE XYZ:

- oś **L** opisuje jasność barwy
- oś **a** przedstawia udział barwy zielonej lub czerwonej w analizowanej barwie (odcienie koloru zielonego mają wartość ujemną, a odcienie koloru czerwonego – wartość dodatnią)
- oś **b** przedstawia udział barwy niebieskiej lub żółtej w analizowanej barwie (odcienie koloru niebieskiego mają wartość ujemną, a odcienie koloru żółtego – wartość dodatnią)



gamut:



Gamut to zakres barw urządzenia.

korekcja gamma:



Korekcja gamma to przetworzenie obrazu usuwające zniekształcenia wprowadzone przez urządzenia (np. monitor, skaner) poprzez redukcję nadmiernego kontrastu obrazu wejściowego.

Korekcja gamma jest operacją punktową wykonywaną na obrazie monochromatycznym.

Wzór matematyczny:

$$L'(x,y) = L(x,y)^\gamma$$

gdzie γ - liczba rzeczywista.



Literatura pomocnicza:

http://wazniak.mimuw.edu.pl/index.php?title=Grafika_komputerowa_i_wizu
alizacja (kurs autorstwa Dariusza Sawickiego):

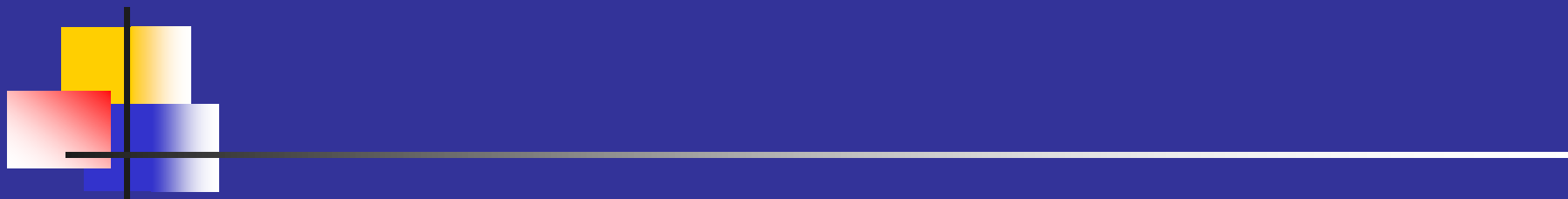
- Moduł 0: Wstęp
- Moduł 1: Wprowadzenie do grafiki komputerowej
- Moduł 2: Światło i barwa w grafice komputerowej

Foley J., Van Dam A., Feiner S., Hughes J., Philips R.: Wprowadzenie do grafiki komputerowej. WNT 1995

Zabrodzki J. (red.): Grafika komputerowa, metody i narzędzia. WNT 1994

Jankowski M.: Elementy grafiki komputerowej. WNT 2006

Bunting F., Fraser B., Murphy C.: Profesjonalne zarządzanie barwą. Helion 2006



c. d. n.