

Elementy grafiki i animacji komputerowej

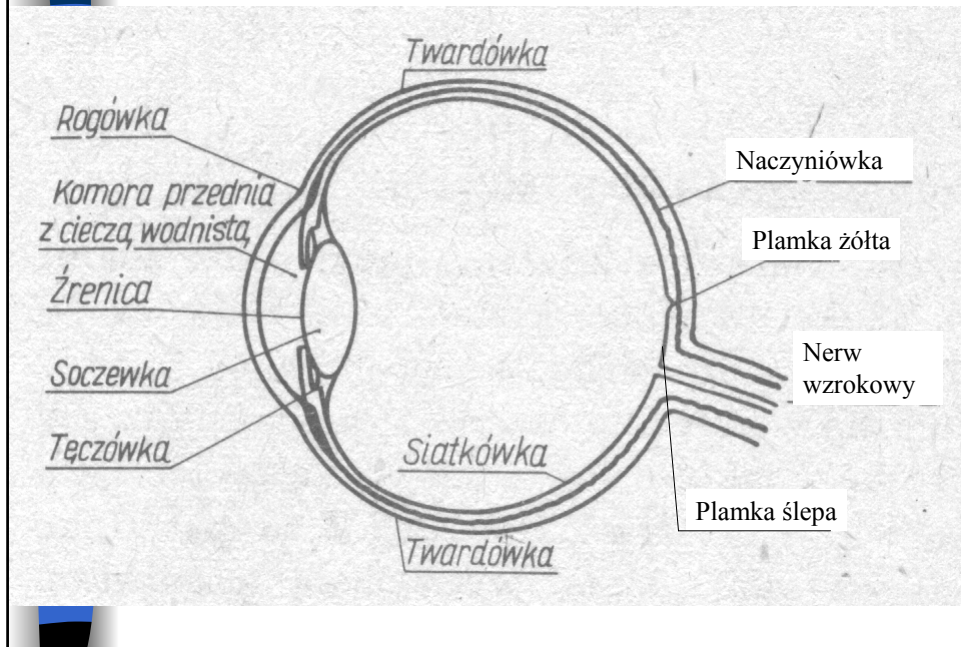


Opracował:
dr inż. Piotr Suchomski

Główne zastosowania grafiki komputerowej

- Interfejsy użytkownika;
- Graficzna prezentacja danych;
- Kartografia;
- Obrazy medyczne;
- Kreślenie i projektowanie wspomagane komputerowo (programy CAD/CAM);
- Systemy multimedialne;
- Animacje i wideo;

Anatomia narządu wzroku



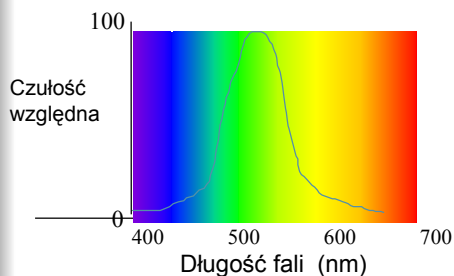
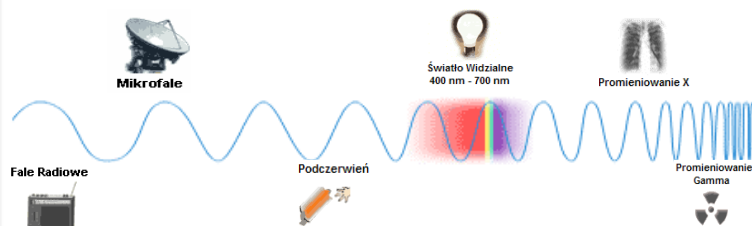
Fizjologia narządu wzroku

- Oko - optyczny układ skupiający, dający obrazy rzeczywiste, pomniejszone, odwrócone;
- załamanie światła (rogówka, soczewka);
- akomodacja oka - „regulacja oka” tak aby obraz znalazł się w pobliżu plamki żółtej;
- regulacja ostrości obrazu - zmiana krzywizny soczewki;
- przesłona - zmiana wielkości otworu żrenicy;
- obraz na siatkówce;
- nieustanny, skokowy ruch oka (oczopląs) - warunek konieczny widzenia;

Fizjologia narządu wzroku

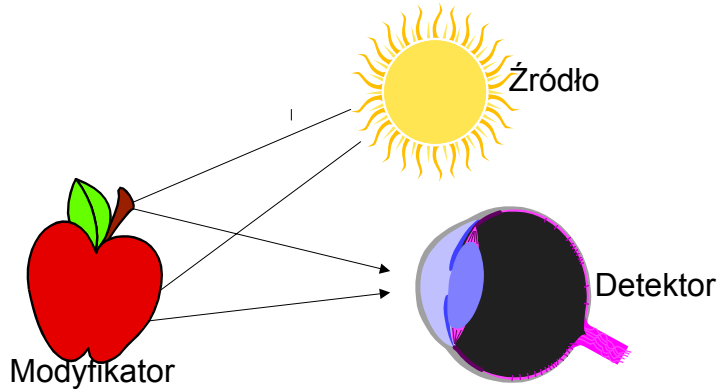
- Bezwładność wzroku ludzkiego – czas przetworzenia pojedynczego obrazu, powstałego na siatkówce wynosi ok.. 1/10 s;
- Zdolność całkowita wzroku ludzkiego – liczba dostrzeganych szczegółów zależna od odległości oka od obserwowanego obiektu;

Światło widzialne jest częścią szerokiego widma elektro-magnetycznego



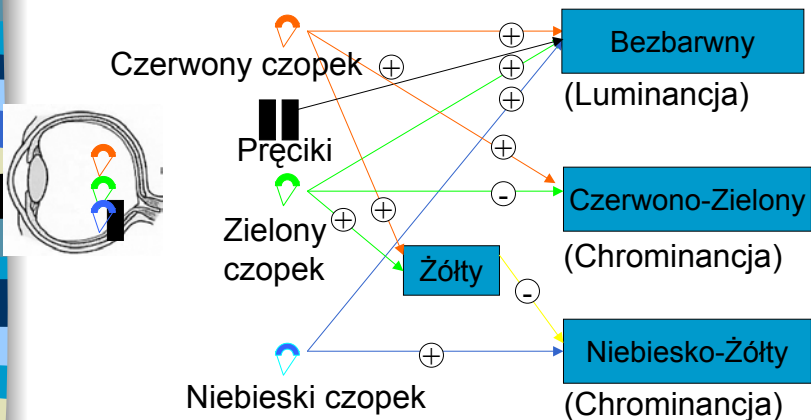
- Odpowiedź oka ludzkiego (odpowiedź luminancji)

Kolor jest wrażeniem uformowanym przez kombinację Źródła, Modyfikatora i Detektora



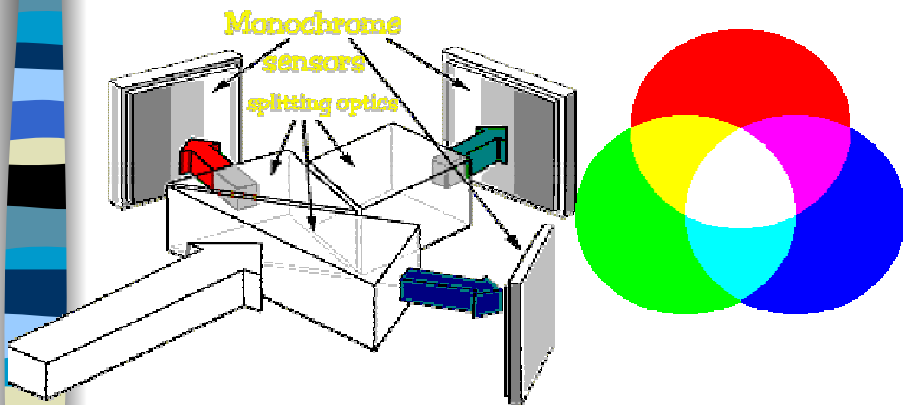
■ w widmie EM nie ma „kolorów”, lecz „fale”

Oko posiada pręciki (100 mln.) dla detekcji składowych luminancji i 3 rodzaje czopków (9 mln.) do detekcji koloru

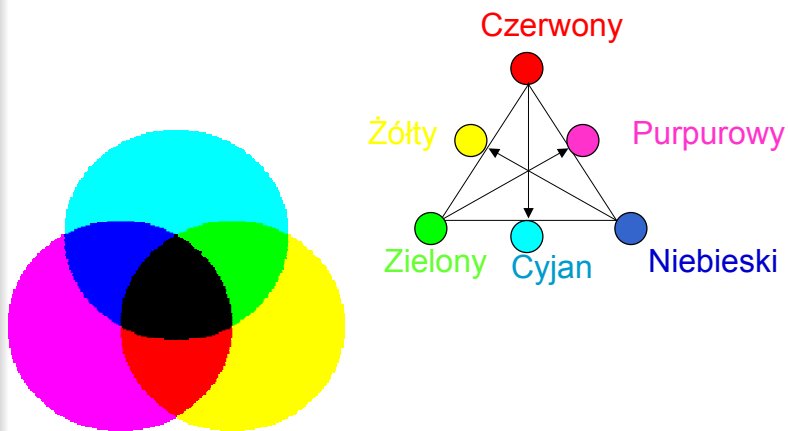


■ Oko ma wyższą czułość dla składowej Luminancji

Addytywne mieszanie barw w aparatach fotograficznych i kamerach zachodzi w wyniku kombinacji 3 kolorów podstawowych – Czerwonego, Zielonego i Niebieskiego



Synteza subtraktywna barw (CMY) jest metodą uzyskiwania kolorów w drukarkach

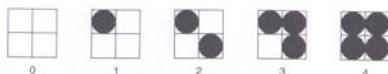


Modele barw

- RGB (monitory, addytywna metoda tworzenia barw);
- CMY (drukarki, plotery itp., subtraktywna metoda tworzenia barw;;
- YIQ (telewizja kolorowa);
- HSV (odcień barwy, nasycenie, wartość, "artystyczny" model barw, tenty, cienie, tony);
- Istnieje możliwość konwersji między różnymi modelami barw;

Prezentacja obrazu

- Monitor- punkty o składowych RGB
- Drukarka – nakładanie kolejnych warstw farby według metody subtraktywnej;
- Obrazy czarno-białe – wydruk techniką mikrowzorów, półtony;
- $n \times n \rightarrow n^2+1$ poziomów

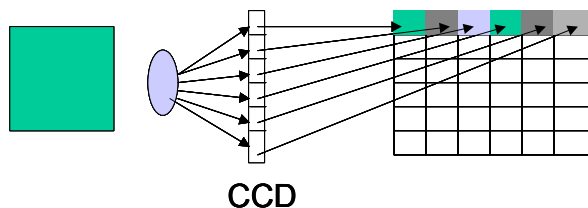


Podział grafiki

- wektorowa;
 - Matematyczny opis rysunku;
 - Łatwa skalowalność;
 - Małe wymagania pamięciowe, duże wymagania obliczeniowe;
 - Rasteryzacja – konwersja do postaci rastrowej;
- Rastrowa;
 - Tablica punktów;
 - Duże wymagania pamięciowe;
 - Wektoryzacja – konwersja do postaci wektorowej;

Zapis obrazu rastrowego

- ⌘ Przekształcenie obrazu wektorowego za pomocą algorytmów tworzących prymitywy 2D (algorytmy rysowania odcinka, okręgu itp.)
- ⌘ Akwizycja obrazu analogowego za pomocą światłoczułych przetworników CCD (skaner komputerowy, cyfrowa kamera wideo);





Główne parametry obrazu - rozdzielczość

- Rozmiar – ilość punktów na płaszczyźnie np. 640x480;
- Rozdzielczość – liczba punktów na cal długości (dpi);
- Rozdzielczość monitora 72-90 dpi;
- Rozdzielczość przeciętnej drukarki atramentowej od 150 do 1200 dpi;
- Rozdzielczość optyczna przeciętnego skanera od 300 do 1200 dpi;



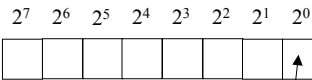
Główne parametry obrazu - rozdzielczość

- Problem dopasowania rozdzielczości różnych urządzeń:
 - Obraz zeskanowanego obrazu na monitorze jest znacznie większy od rozmiaru rzeczywistego;
 - kolorowy wydruk na ogół będzie miał mniejszy rozmiar na wydruku (sposób drukowania pikseli wpływa na różnicę w rozmiarze);

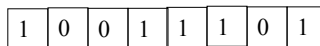
Podstawy zapisu danych komputerowych

- Najmniejsza jednostka informacji – 1 bit;
- 1 bajt = 8 bitów;
- 1 kB = 1024 bajty;

2^n



bit
najmłodszy



$$2^7 + 2^4 + 2^3 + 2^2 + 2^0 = 157$$

Główne parametry obrazu – kodowanie koloru

- Sposób kodowania barw:
 - 1 bit - obraz czarno-biały;
 - 8 bitów – odcienie szarości lub paleta 256 kolorów;
 - 16 bitów – ok.. 65 tys. kolorów (high color);
 - 24 bity – 16 mln. kolorów (true color);
 - 32 bity – 16 mln. kolorów;



Główne parametry obrazu – złożoność pamięciowa

- Obraz 800x600, 24 bit zajmuje:
 $800 \times 600 \times 3 \text{ bajty} = 1,37 \text{ MB}$;
- Kompresja:
 - Zmniejszenie rozdzielczości;
 - Zmniejszenie liczby kolorów;
 - Kodowanie bezstratne (np. algorytm LZW lub alg. sunącej długości RLE);
 - Kodowanie stratne (np. JPEG);



Ważniejsze formaty plików graficznych

- bmp (*Windows Bitmap*) - podstawowy format Windows, brak kompresji lub kompresja RLE;
- tiff (*Tagged Image File Format*) – niezależny od platformy, możliwość zapisu kanału alfa, zapis schematu CMYK, kompresja bezstratna LZW;
- gif (*Graphics Interchange Format*) – publikacje w Internecie, zapisywanie przezroczystości, kompresja bezstratna LZW, tylko kolor 8 – bitów;
- Jpg (*Joint Photographic Expert Group*) – publikacja w Internecie, wydajna kompresja stratna, kodowanie kolorów 24 bitów;



Pojęcie częstotliwości w obrazie

- ⌘ Częstotliwość w obrazie jest rozumiana jako szybkość zmian jasności;
- ⌘ Niska częstotliwość oznacza małe zmiany jasności (np. niebo, morze, zachód słońca itp.);
- ⌘ Wysoka częstotliwość oznacza duże zmiany jasności w obrazie, duża liczba szczegółów (np. obraz kolorowych kwiatów, zdjęcie grupy ludzi itp.);



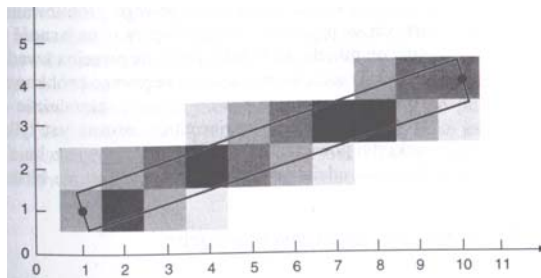
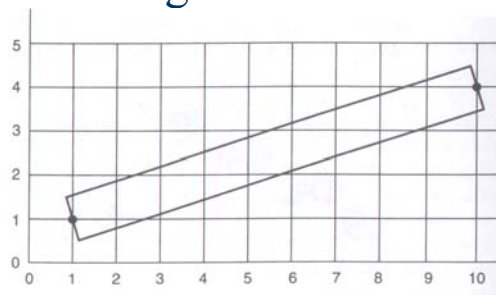
Przetwarzanie grafiki

- Przekształcenia geometryczne (obrót, przesunięcie, zmiana kształtu itp.);
- Filtracja cyfrowa obrazów:
 - Odszumianie, usuwanie zakłóceń;
 - Wykrywanie krawędzi i konturów;
 - Ekstrakcja parametrów obrazu;
 - Filtry specjalne;

Problem aliasingu

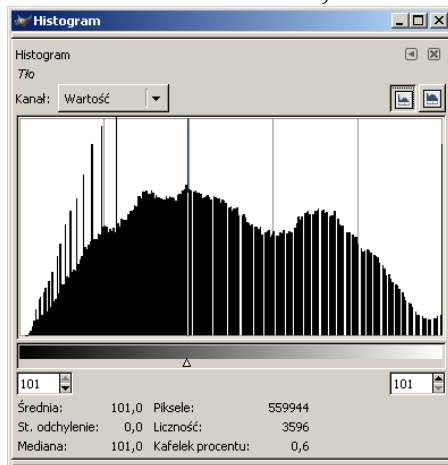
- Aliasing - zbyt mała częstotliwość próbkowania - problem nakładania się widm. Praktyczne objawy:
 - obraz „poszarpany”, krawędzie obiektów mają postać „schodków”;
 - problem „obracających się kół”(w przypadku obrazu ruchomego)
 - Rozwiązanie problemu przez wagowe lub bezwagowe próbkowanie powierzchni;

Problem aliasingu



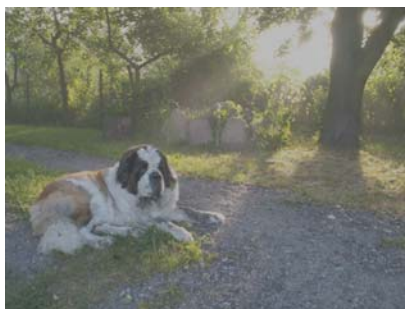
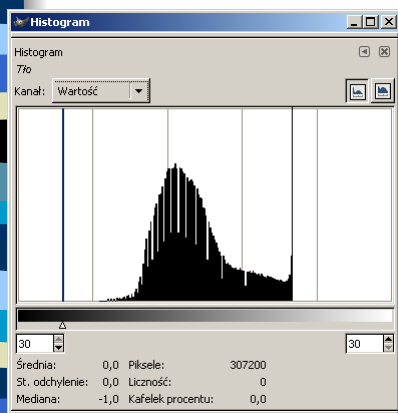
Problem prawidłowego odwzorowania barw

- Histogram – informacja „statystyczna” o zawartości barw w obrazie;



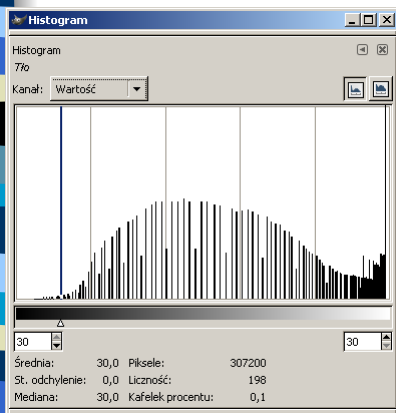
Problem prawidłowego odwzorowania barw – słaby kontrast

- Mały kontrast – mała dynamika różnicowania kolorów, należy „rozciągnąć” histogram;



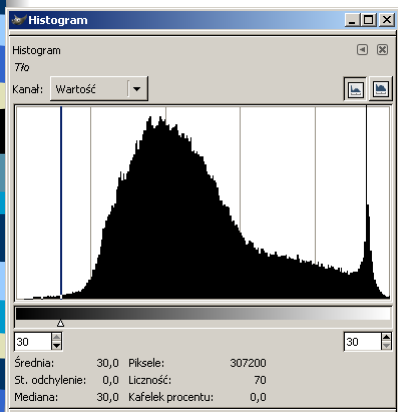
Problem prawidłowego odwzorowania barw – słaby kontrast

- Efekt poprawy jakości obrazka za pomocą typowej funkcji kontroli kontrastu i jasności;



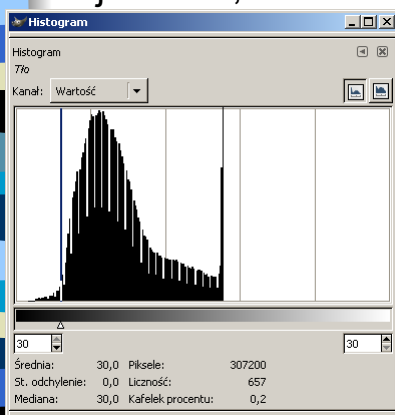
Problem prawidłowego odwzorowania barw – słaby kontrast

- Efekt poprawy jakości obrazka za pomocą funkcji wyrównywania poziomów;



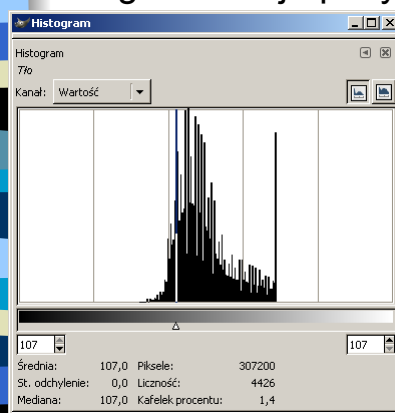
Problem prawidłowego odwzorowania barw – problem jasności

- Nieprawidłowa jasność – histogram przesunięty w kierunku małych bądź dużych jasności;



Problem prawidłowego odwzorowania barw – problem jasności

- Nieprawidłowa jasność – przesuwanie histogramy poprzez wzmocnienie jasności na ogół nie daje pozytywnych rezultatów;



Problem ostrości obrazu

- Wyostrażanie obrazu w celu uwypuklenia szczegółów (np. filtracja górnoprzepustowa), należy unikać nadmiernego wyostrażania (uwypuklenia zanieczyszczeń, plam, zniekształcenia barw);
- Rozmywanie stosuje się w celu usuwania zakłóceń, szumów itp. (np. filtracja dolnoprzepustowa);

Program do edycji obrazów rastrowych GIMP

- Darmowy program posiadający zaawansowane funkcje do przetwarzania grafiki rastrowej;
- Posiada przyjazny, graficzny interfejs użytkownika;
- Posiada bogatą bibliotekę funkcji i filtrów do przetwarzania obrazów cyfrowych;
- Współpracuje z wieloma popularnymi formatami plików graficznych;
- Pozwala tworzyć obrazy wielowarstwowe;
- Internetowa strona GIMP'a www.gimp.org



Grafika trójwymiarowa

- Model matematyczny (bryły w układzie współrzędnych xyz);
- Ustalenie parametrów powierzchni (tekstury);
- Ustalenie pozycji obserwatora;
- Ustalenie rodzaju oświetlenia (oświetlenie punktowe, rozproszone itp.);
- Wygenerowanie (obliczenie) fotorealistycznej sceny 3D – rendering;



Rendering

Rendering

– proces przekształcania opisu świata, uzyskanego po modelowaniu, w pełnokolorowy obraz. Wejściem do renderingu jest model świata, położenie oka, rozdzielczość docelowa (ta, z jaką obrazek zostanie wyświetlony).



Grafika trójwymiarowa - rendering

- Wyznaczanie powierzchni widocznych:
 - Śledzenie promieni – raytracing;
 - Algorytm przeglądania;
 - Algorytm Z-bufora;
- Algorytmy cieniowania:
 - Cieniowanie Phonga;
 - Cieniowanie Gourauda;
 - Cieniowanie z interpolacją;



Podstawowe metody renderingu

W praktyce stosuje się najczęściej dwie metody renderingu:

- metoda śledzenia promieni (ang. raytracing)
- (zależna od położenia obserwatora)
- metoda energetyczna (ang. radiosity) -
(niezależna od położenia obserwatora)

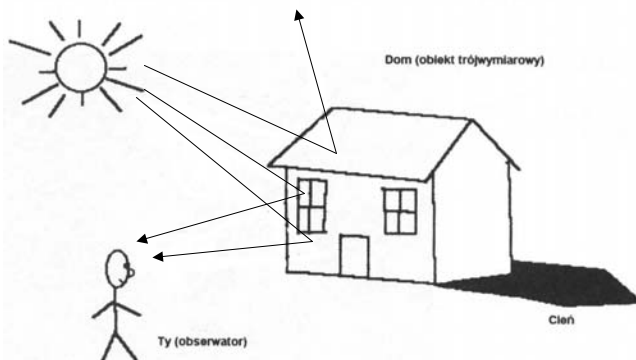
Metoda śledzenia promieni

- Opracowana przez Whitted'a w roku 1980.
- Analizowane są tylko te promienie, które docierają do oka przez piksele ekranu.
- Metoda śledzenia promieni działa w kierunku przeciwnym do rzeczywistego kierunku biegu promieni. Oznacza to, że program śledzi światło zaczynając od poszczególnych pikseli, badając drogę promienia odpowiadającego danemu punktowi powierzchni przez całą scenę aż do momentu, gdy promień osiągnie źródło światła.

Metoda śledzenia promieni

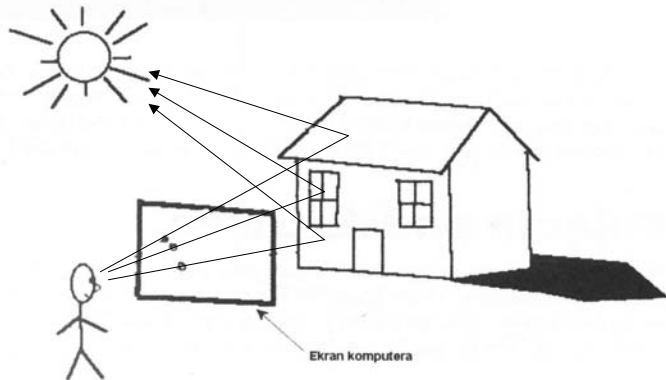
Podstawowa scena obejmująca źródło światła, obiekt trójwymiarowy i obserwatora.

Na rysunku przedstawiony jest bieg promieni w rzeczywistości.



Metoda śledzenia promieni

Modelowanie sceny z użyciem śledzenia promieni.
Na rysunku przedstawiony jest bieg promieni występujący w klasycznej metodzie śledzenia



Metoda śledzenia promieni

Podstawowe elementy występujące w metodzie śledzenia promieni:

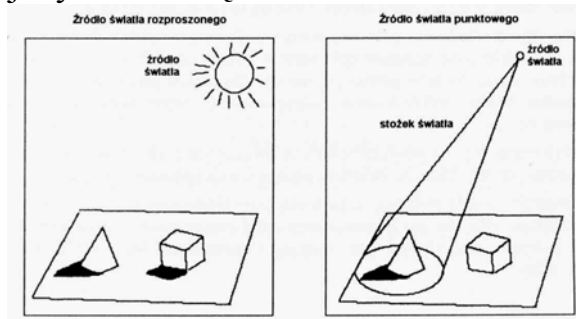
- trójwymiarowy układ współrzędnych,
- punkt widokowy,
- geometria trójwymiarowa,
- źródła światła,
- właściwości powierzchni.

Metoda śledzenia promieni

- Trójwymiarowy kartezjański układ współrzędnych złożony jest z osi opisanych jako X, Y i Z (najczęściej stosowany jest układ lewoskrętny).
- Punkt widokowy definiuje położenie obserwatora, kierunek obserwacji oraz punkt, który jest widziany.
- Geometria trójwymiarowa to zbiór zdefiniowanych obiektów trójwymiarowych, zwanych podstawami (ang. *primitives*). Zbiór taki obejmuje zazwyczaj kule, stożki, elipsoidy, torusy, walce i inne. Z takich brył podstawowych można stworzyć dowolne obiekty.

Metoda śledzenia promieni

- Źródła światła:
 - otaczające (słońce, żarówka) – światło rozchodzi się we wszystkich kierunkach,
 - skierowane – promienie światła występują jedynie w obrębie stożka.





Metoda śledzenia promieni

■ Właściwości powierzchni

Tworząc obiekty trójwymiarowe, oprócz możliwie jak najlepszego odtworzenia kształtów geometrycznych, należy zadbać także o zasymulowanie powierzchni, która ma odpowiadać powierzchni rzeczywistego przedmiotu.

Większość programów do śledzenia promieni daje możliwość doboru jednej ze zdefiniowanych właściwości powierzchni, zwanych *teksturami*.

Przykładami tekstur mogą być szachownica, marmur, drewno, złoto, miedź, lustro i szkło.



Metoda energetyczna

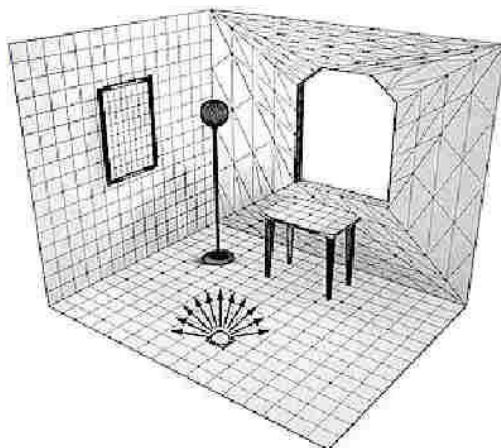
- Opracowana na Uniwersytecie Cornell w 1984 roku na podstawie teorii przekazywania promieniowania cieplnego stosowanej w termodynamice.
- Wykorzystuje model fizyczny globalnego oświetlenia i odbicia rozproszonego.
- Założeniem jest, że wszystkie powierzchnie są idealnie rozpraszające i traktowane są jako źródła światła o niezerowej powierzchni.

Metoda energetyczna

- Metoda energetyczna dyskretyzuje otoczenie i tworzy dane niezależnie od parametrów obserwatora. Dzięki temu możliwe jest szybkie przygotowanie różnych perspektyw sceny.
- Geometria otoczenia jest dyskretyzowana w skończone obszary, a źródła światła są widoczne.
- Po wyznaczeniu rozkładu oświetlenia konieczne jest przeprowadzenia takich procesów, jak np. usuwanie niewidocznych powierzchni, generowanie obrazu.

Metoda energetyczna

Idea działania algorytmu metody energetycznej.



Porównanie metod renderingu

Śledzenie promieni

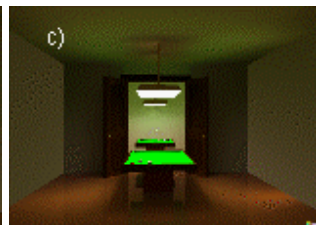
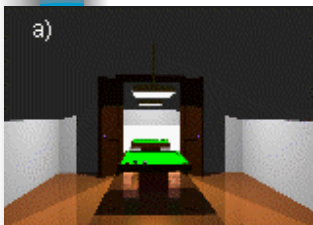
- algorytm zależny od położenia obserwatora
- algorytm zapewnia wyznaczenie powierzchni widocznych i cieniowanie
- szybszy algorytm z uwagi na mniej skomplikowane operacje
- obraz otrzymany za pomocą tego algorytmu jest mniej realistyczny
- geometria otoczenia jest dyskretyzowana w skończone obszary zwane pikslami

Metoda energetyczna

- algorytm niezależny od położenia obserwatora
- wymaga dodatkowej operacji wyznaczenia powierzchni widocznych i cieniowania
- wolniejszy algorytm z uwagi na bardziej skomplikowane operacje
- obraz uzyskany tą metodą jest bardziej realistyczny
- geometria otoczenia jest dyskretyzowana w skończone obszary zwane polami

Porównanie metod renderingu

Ten sam obraz uzyskany różnymi metodami



a) metoda śledzenia promieni
(raytracing)

b) metoda energetyczna (radiosity)

c) połączenie obu metod



Animacja

- Tworzenie iluzji ruchu poprzez odpowiednio szybkie wyświetlanie kolejnych klatek – obrazów przedstawiających kolejne fazy ruchu;
- Płynność animacji zależy od częstotliwości wyświetlania kolejnych obrazów oraz od szybkości zmian w sekwencji obrazów;
- Pierwotnie animacje tworzone ręcznie, rysując każdą klatkę animacji ręcznie lub robiąc zdjęcia kolejnym fazom ruchu obiektów rzeczywistych (filmy animowane, tworzone za pomocą makiet z ruchomymi kukielkami);



Animacja - zadania

- wizualizacja zjawisk fizycznych, algorytmów
- wzbogacanie przekazu multimedialnego
- opowiadanie historii

Animacja – podstawowe techniki

- Deformacje (np. skręcanie, rozciąganie, ściskanie);
- Przekształcenia geometryczne (np. obrót, skalowanie, przesunięcie itp.);
- Transformacja – ruch obiektu;
- Ruch kamery – panoramowanie, przybliżanie (zoom) sceny;
- Ruch źródeł światła;

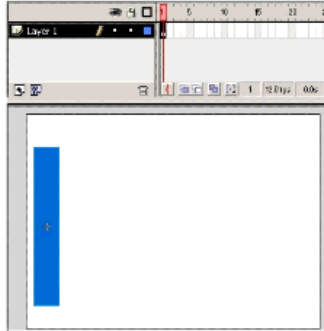
Animacja – podstawowe techniki

- Animacja poklatkowa – każda klatka animacji tworzona jest jako oddzielny obraz;



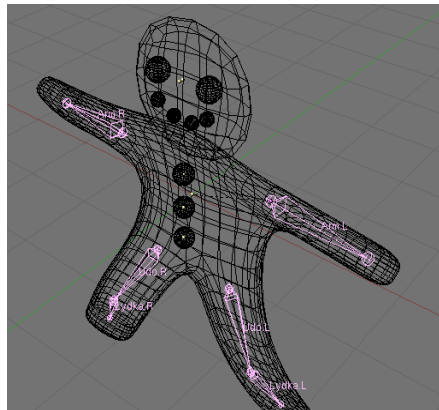
Animacja – podstawowe techniki

- Ramki kluczowe – ramki animacji, w których definiuje się istotne zmiany w animacji;
- Interpolacja – proces tworzenia ramek pośrednich między kolejnymi ramkami kluczowymi (program komputerowy generuje ramki pośrednie na podstawie informacji o animacji zawartych w kolejnych ramkach kluczowych);



Animacja – podstawowe techniki

- Animacja „kości”



Animacja – podstawowe techniki

• Animacja „Motion Capture” – za pomocą systemu czujników i kamer rejestruje się naturalny ruch osoby lub zwierzęcia, który następnie adaptowany jest do stworzenia ruchu „wirtualnej” postaci.



Dziękuję za uwagę