

informatyka+

Algorytmika i programowanie

Bazy danych

Multimedia, grafika i technologie internetowe

Sieci komputerowe

Tendencje w rozwoju informatyki i jej zastosowań

informatyka+

Wszechnica Poranna: Multimedia, grafika i technologie internetowe

Cyfrowa synteza
fotorealistycznych obrazów
w środowisku 3D

Daniel Jaroszewski

Człowiek – najlepsza inwestycja

Człowiek – najlepsza inwestycja



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



**WARSZAWSKA
WYŻSZA SZKOŁA
INFORMATYKI**

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



**WARSZAWSKA
WYŻSZA SZKOŁA
INFORMATYKI**

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

Cyfrowa synteza fotorealistycznych obrazów w środowisku 3D



Rodzaj zajęć: Wszechnica Poranna

Tytuł: Cyfrowa synteza fotorealistycznych obrazów w środowisku 3D

Autor: mgr inż. Daniel Jaroszewski

Redaktor merytoryczny: prof. dr hab. Maciej M Sysło

Zeszyt dydaktyczny opracowany w ramach projektu edukacyjnego **Informatyka+** – ponadregionalny program rozwijania kompetencji uczniów szkół ponadgimnazjalnych w zakresie technologii informacyjno-komunikacyjnych (ICT).

www.informatykaplus.edu.pl

kontakt@informatykaplus.edu.pl

Wydawca: Warszawska Wyższa Szkoła Informatyki

ul. Lewartowskiego 17, 00-169 Warszawa

www.wysi.edu.pl

rektorat@wysi.edu.pl

Projekt graficzny: FRYCZ I WICHA

Warszawa 2011

Copyright © Warszawska Wyższa Szkoła Informatyki 2009

Publikacja nie jest przeznaczona do sprzedaży.



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WARSZAWSKA
WYŻSZA SZKOŁA
INFORMATYKI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

Cyfrowa synteza fotorealistycznych obrazów w środowisku 3D



Daniel Jaroszewski

Warszawska Wyższa Szkoła Informatyki

djaroszewski@poczta.wysi.edu.pl

www.grafika3d.wysi.edu.pl

Streszczenie

W dzisiejszym świecie istnieje duże zapotrzebowanie na syntetyczne grafiki przypominające zdjęcia wykonane aparatem fotograficznym. Obszar zastosowania takich obrazów jest bardzo szeroki, począwszy od wizualizacji projektu breloczka do kluczy, skończywszy na drapaczach chmur, których zdjęcia są publikowane już wtedy, gdy koparki nie rozpoczęły jeszcze przygotowania gruntu pod budowę.

Takie grafiki są generowane przez komputery z wykorzystaniem zaawansowanych technologicznie algorytmów, które odwzorowują warunki rzeczywistego oświetlenia w oparciu o śledzenie wiązek promieni świetlnych oraz zjawiska energetyczne. Proces przygotowania takich wizualizacji zasadniczo różni się od tworzenia tradycyjnej grafiki wspomaganej komputerowo (tzw. grafiki 2D). Materiały zawierają opis technik, które są wykorzystywane do realizacji obrazów fotorealistycznych, począwszy od prostych, opartych o prymitywy, a skończywszy na nieco trudniejszych opartych o polimodeling.

Warsztaty umożliwią uczniom zapoznanie się z podstawami modelowania, przygotowania materiałów, konfigurowania oświetlenia i renderingu obrazów tworzonych w środowisku trójwymiarowym. Będą prowadzone w oparciu o pakiet graficzny Cinema 4D w formie ćwiczeń praktycznych. Każdy uczestnik będzie mógł poznać tajniki generowania cyfrowych wizualizacji, które przypominają jakością zdjęcia fotograficzne.

Spis treści

- 1. Wprowadzenie 5
 - 1.1. Technologie komputerowe związane z obrazem 6
 - 1.2. Różne techniki i zastosowania grafiki komputerowej..... 6
- 2. Etapy tworzenia fotorealistycznych obrazów 8
- 3. Środowisko graficzne 3D 10
- 4. Modelowanie obiektów w środowisku 3D 13
 - 4.1. Obiekty prymitywne 14
 - 4.2. Deformacje 15
 - 4.3. Transformacje logiczne..... 17
 - 4.4. NURBS 18
 - 4.5. Polimodeling 20
- 5. Przygotowanie materiałów..... 21
 - 5.1. Tworzenie realistycznych materiałów..... 22
 - 5.2. Tekstury 23
- 6. Konfigurowanie oświetlenia..... 25
 - 6.1. Światła punktowe..... 25
 - 6.2. Globalne oświetlenie (GI) 26
- 7. Rendering 27
 - 7.1. Konfiguracja..... 28
 - 7.2. Porównanie różnych algorytmów renderujących 28
- Podsumowanie 29
- Literatura 29



1 WPROWADZENIE

W ostatnim czasie obserwuje się duży wzrost zapotrzebowania na grafiki generowane z wykorzystaniem technik komputerowych. Mają one zastosowanie w bardzo wielu dziedzinach związanych z projektowaniem wyrobów przemysłowych. Generuje się wizualizacje, które jakością przypominają zdjęcia fotograficzne (rys. 1), aby potencjalny nabywca mógł zobaczyć gotowy produkt zanim zostanie wykonany. W ten sposób powstają ogromne ilości grafik, które prezentują różne elementy naszego życia codziennego, od breloczka do kluczy, po drapacze chmur.

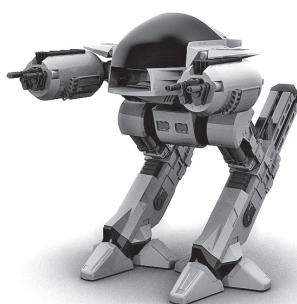


Rysunek 1.

Przykładowa wizualizacja wnętrza wygenerowana komputerowo

Rozwój nowoczesnych wizualizacji fotorealistycznych stał się możliwy dzięki temu, że komputery osiągnęły dziś taką moc obliczeniową, aby generować takie obrazy z wykorzystaniem zaawansowanych algorytmów oświetlenia bazujących na śledzeniu wiązek promieni świetlnych oraz zjawiskach energetycznych.

Współczesne efekty specjalne, którymi delectują się kinomani nie stałyby dziś na tak wysokim poziomie, gdyby nie zaawansowana grafika komputerowa, która umożliwia reżyserom tworzenie spektakularnych i widowiskowych efektów specjalnych (rys. 2). Dziś realizowane są filmy, które zapierają dech w piersiach sycąc oczy przepięknymi scenografiami, które powstały w wyobraźni grafików komputerowych.



Rysunek 2.

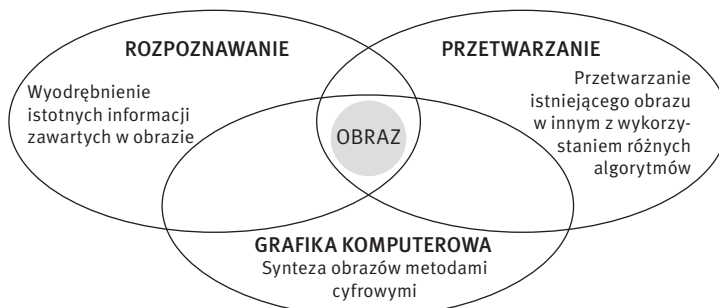
Przykład robota wykonanego na potrzeby efektów specjalnych w filmie

Wirtualny świat zaczyna wyglądać jak rzeczywisty. Reżyserzy filmowi coraz częściej sięgają do tych nowoczesnych technologii, ponieważ umożliwiają one realizację ujęć, o których kilka lat temu mogli tylko pomarzyć.

Proces realizacji fotorealistycznej wizualizacji opracowywanej w środowisku trójwymiarowym (często nazywanych „grafiką 3D”) znacząco odbiega od tworzenia tradycyjnych obrazów. Zmysł artystyczny jest jak najbardziej pożądany, ale dużo większą rolę odgrywają techniczne zdolności w konstruowaniu brył trójwymiarowych.

1.1 TECHNOLOGIE KOMPUTEROWE ZWIĄZANE Z OBRAZEM

Za datę narodzin grafiki komputerowej przyjmuje się rok 1950 kiedy to zbudowano grafoskop – pierwsze urządzenie, które służyło do wyświetlania w postaci wizualnej wyników obliczeń programów komputerowych (Massachusetts Institute of Technology). Od tej daty, po dzień dzisiejszy technologie komputerowe związane z obrazem rozwijane są w trzech kierunkach (rys. 3):



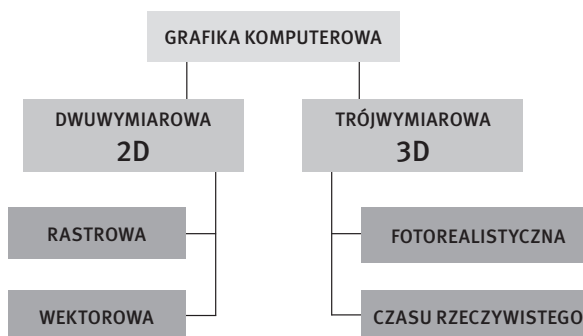
Rysunek 3.

Technologie komputerowe związane z obrazem

- **Rozpoznawanie.** Dziedzina, która umożliwia analizowanie zdjęć i wyodrębnianie z nich logicznych informacji. Możemy wyobrazić sobie oprogramowanie komputerowe, którego zadaniem jest ustalenie jakiego typu samolot jest widoczny na zdjęciu wykonanym aparatem fotograficznym. Tego typu zagadnienia są oprogramowywane z wykorzystaniem sztucznej inteligencji (tzw. sieci neuronowych).
- **Przetwarzanie.** Obszar działalności, który zajmuje się przetwarzaniem obrazów. Typowym przykładem praktycznym jest retuszowanie zdjęć wykonanych aparatem cyfrowym w celu poprawy ich jakości lub uzyskania specyficznych efektów niedostępnych na etapie uwieczniania zdjęcia.
- **Grafika komputerowa.** Najbardziej kreatywna dziedzina, spośród wymienionych wyżej, której sednem jest wytwarzanie cyfrowych obrazów. Oba wyżej wymienione zagadnienia posiłkują się obrazem zarejestrowanym aparatem cyfrowym, natomiast grafika komputerowa umożliwia tworzenie obrazów z niczego. Wykorzystuje się materiały pomocnicze, ale końcowa grafika jest efektem wyobraźni autora, a nie przeróbką zdjęcia fotograficznego.

Niniejszy materiał jest poświęcony grafice komputerowej, nie porusza zagadnień rozpoznawania, czy przetwarzania obrazów.

1.2 RÓŻNE TECHNIKI I ZASTOSOWANIA GRAFIKI KOMPUTEROWEJ



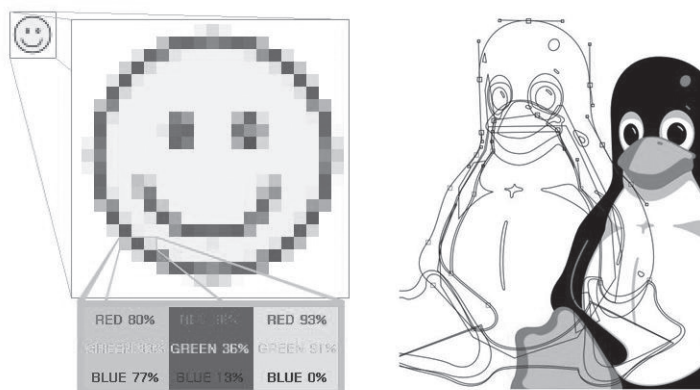
Rysunek 4.

Podział grafiki komputerowej ze względu na technologie jej wytwarzania

Ze względu na technologię wytwarzania obrazów komputerowych, możemy wydzielić dwa bloki (rys. 4):

1. **Grafika 2D.** W tym przypadku komputer zastępuje tradycyjne narzędzia graficzne jakimi są ołówek, linijka, cyrkiel, pędzel itd. Technika pracy nie odbiega, w sposób znaczący, od tych, jakimi posługiwano się wtedy, gdy komputery nie były narzędziami grafików. Pracujemy na wirtualnej kartce papieru, ale samo

podejście jest bardzo podobne. Ze względu na sposób reprezentacji danych w obrazie, grafikę 2D dzielimy na rastrową i wektorową (rys. 5). W pierwszym przypadku obraz jest reprezentowany poprzez matrycę pikseli o różnych kolorach (wykorzystuje się go do obrazów o dużej liczbie kolorów, jego zasadniczą wadą jest brak możliwości dowolnego skalowania grafiki). W drugim – obraz jest reprezentowany jako zbiór figur geometrycznych, np. prostokątów, linii, okręgów itd. (wykorzystywany w schematach i innych wizualizacjach zawierających niewielką liczbę kolorów). Obrazy wektorowe skalują się bardzo dobrze (bez utraty jakości), ale nie sprawdzają się w przypadku grafik wielokolorowych. Przejście z formatu wektorowego do rastrowego jest proste, ale operacja w odwrotnym kierunku jest bardzo złożona i nie zawsze daje oczekiwane rezultaty. Obszar zastosowania to głównie rysunki techniczne, poligrafia, marketing i reklama.



Rysunek 5.

Grafika 2D, rastrowa (z lewej) i wektorowa (z prawej)

2. **Grafika 3D.** W tym przypadku grafik pracuje w środowisku trójwymiarowym. Buduje obiekty wykorzystując różne techniki modelowania, a następnie pokrywa je materiałami (teksturami). Końcowa postać wizualizacji jest generowana przez komputer (rendering) z zastosowaniem różnych algorytmów odwzorowania oświetlenia. Dzięki temu możliwe jest pokazanie modelu ze wszystkich stron, realistyczne odwzorowanie cieni, odbić i załamania światła. Algorytmy są na tyle złożone obliczeniowo, że nawet bardzo wydajne komputery nie są w stanie generować takich grafik szybko. W związku z tym celowy jest podział na:
 - **Grafika czasu rzeczywistego.** Wykorzystywana powszechnie w grach komputerowych i symulatorach różnych maszyn i urządzeń. W tym przypadku kluczowym elementem jest czas generowania obrazu (rys. 6). Ze względu na płynność wizualizacji w czasie rzeczywistym, czas ten nie powinien przekraczać 1/20 sekundy. Niestety obecnie komputery nie mają tak olbrzymiej mocy obliczeniowej, aby generować grafiki fotorealistyczne w tak krótkim czasie. W związku z tym stosuje się techniki, które są mniej złożone obliczeniowo, ale dają zadowalające rezultaty (np. wypalanie cieni, maski oświetlenia, modele niskopoligonowe, i wiele innych „oszustw”, które liczą się szybko i wyglądają nieźle).



Rysunek 6.

Grafika 3D czasu rzeczywistego

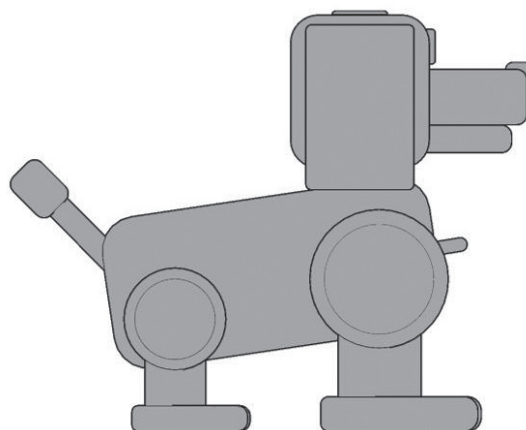
- **Grafika fotorealistyczna.** W tym przypadku czas generowania wizualizacji nie jest najważniejszym elementem (rys. 7). Chcąc tworzyć obrazy przypominające jakością zdjęcie fotograficzne możemy sobie pozwolić na to, aby czas generowania grafiki trwał kilkadziesiąt minut. W związku z tym można wykorzystać najbardziej złożone obliczeniowo algorytmy odwzorowania oświetlenia i wysokopoligonalne modele. Tu kryterium jest jakość, a nie czas generowania wizualizacji.



Rysunek 7.
Fotorealistyczna grafika 3D

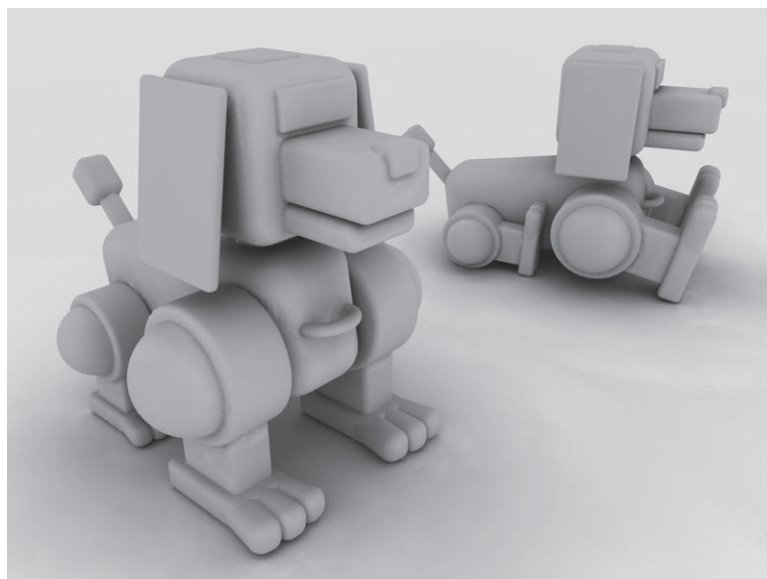
2 ETAPY TWORZENIA FOTOREALISTYCZNYCH OBRAZÓW

Na opracowanie fotorealistycznej grafiki komputerowej składa się kilka etapów, które grafik realizuje w odpowiedniej kolejności. W przypadku profesjonalnych projektów bardzo często poszczególnymi etapami zajmują się inne osoby. Etapy o których mowa, to:



Rysunek 8.
Szkic obiektu

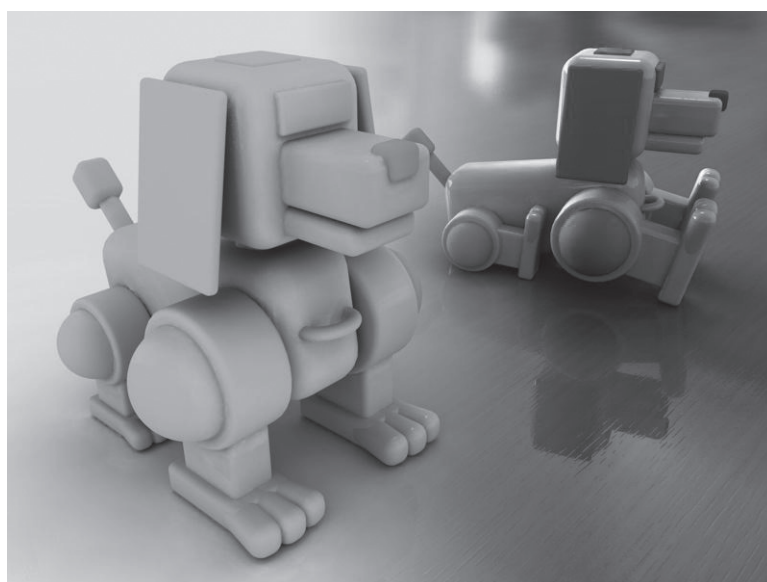
- **Modelowanie.** Grafik (modelarz) wykonuje trójwymiarowe modele wszystkich obiektów, które mają być widoczne w scenie trójwymiarowej (rys. 9). Posługuje się różnymi technikami modelowania (opisane zostały w dalszej części materiału). Etap ten nie przypomina rysowania, ale jest bardziej zbliżony do rzeźbienia. Potrzebne jest duże doświadczenie, aby modele wyglądały tak, jak zaplanowano – jednocześnie spełniały wszystkie, techniczne wymagania (szczególnie, gdy mają zostać później animowane).



Rysunek 9.

Model w scenie trójwymiarowej

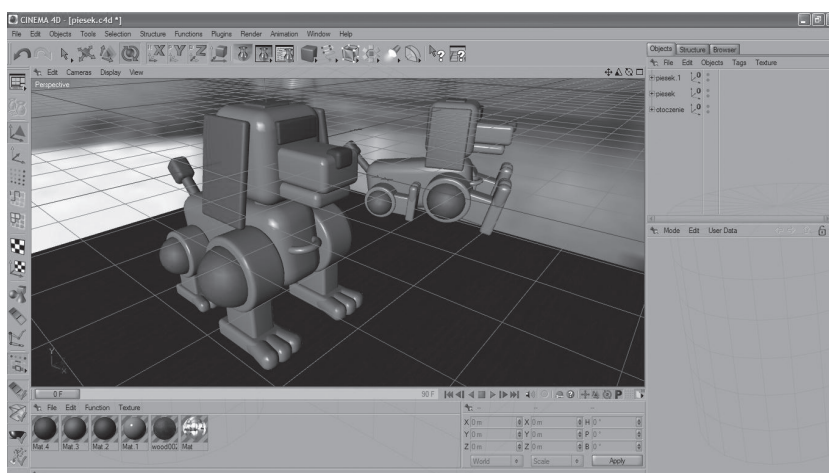
- **Materiały.** Ten etap sprowadza się do przygotowania materiałów, którymi zostaną pokryte modele trójwymiarowe. Bardzo ważnym elementem jest odwzorowanie cech fizycznych i optycznych materiału. Chcemy, aby metal wyglądał jak metal, a szkło jak szkło – w związku z tym należy na tym etapie dokładnie przyjrzeć się parametrom jakie udostępniają edytory materiałów. W praktyce przygotowanie materiałów zawsze odbywa się w konkretnym projekcie, ponieważ wyglądają one różnie w zależności od zastosowanego modelu oświetlenia (rys. 10).



Rysunek 10.

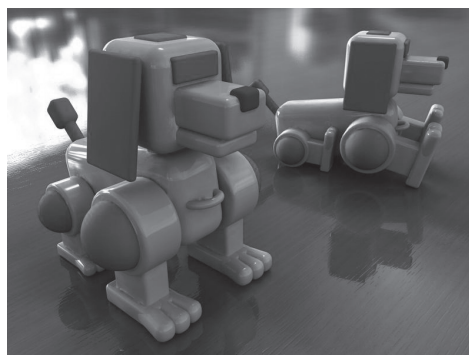
Model z nałożonymi materiałami

- **Oświetlenie.** Gdy modele obiektów i materiały są już wykonane, to przystępuje się do kolejnego etapu, jakim jest konfigurowanie oświetlenia sceny trójwymiarowej. Grafik decyduje jaki model oświetlenia zastosuje w konkretnej scenie (od tego zależy czas generowania obrazka) i przystępuje do wstawienia świateł do sceny (rys. 11). Najlepsze rezultaty uzyskuje się wykorzystując algorytm oświetlenia globalnego i mapy HDRI.



Rysunek 11.
Model przygotowany do renderingu

- **Rendering.** Na tym etapie pakiet graficzny generuje obrazek wykorzystując zaawansowane algorytmy wizualizacji (rys. 12). Efekt końcowy zależy od etapów wymienionych wyżej. Jeśli grafika nie spełnia oczekiwań, należy wrócić do konfiguracji materiałów i oświetlenia oraz rozpocząć rendering od początku. W przypadku renderingu animacji komputerowych bardzo często wykorzystuje się sieci komputerowe i obliczenia równoległe (tzw. rendering sieciowy).



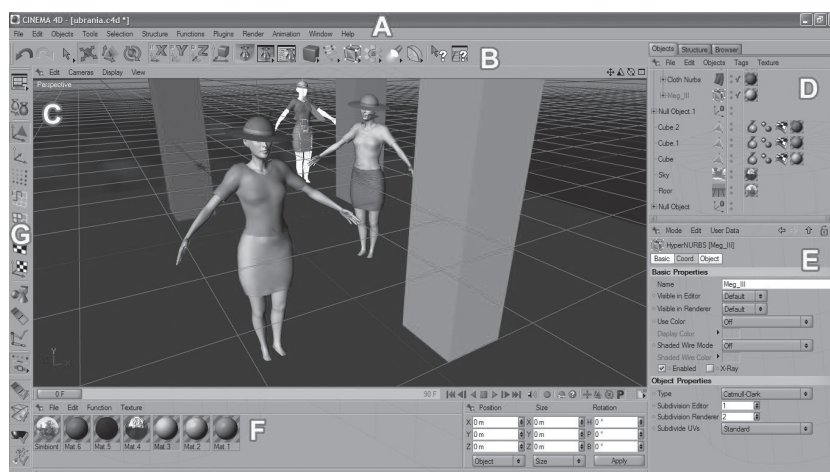
Rysunek 12.
Finalna postać wizualizacji komputerowej

3 ŚRODOWISKO GRAFICZNE 3D

Fotorealistyczne grafiki realizuje się z wykorzystaniem pakietu oprogramowania pracującego w środowisku trójwymiarowym. Dziś dostępna jest szeroka gama produktów z tej dziedziny, np. 3D Studio MAX, Cinema 4D, Maya, Blender. Te środowiska graficzne mają bardzo zbliżony interfejs użytkownika, różnią się w szczególności, ale zasada pracy jest zawsze taka sama. Typowy interfejs programu grafiki trójwymiarowej przedstawiono na rysunku 13.

Literami oznaczone zostały poszczególne elementy funkcjonalne:

- Menu aplikacji.** Umożliwia ono dostęp do wszystkich funkcji pakietu graficznego – te najczęściej wykorzystywane są umieszczone dodatkowo na paletach narzędziowych. Typowe grupy w menu, to:
 - **File.** Funkcje związane z otwieraniem i zamykaniem plików z projektami, importem i eksportem, dołączaniem innych projektów.



Rysunek 13.

Interfejs użytkownika typowego pakietu grafiki 3D

- **Edit.** Grupa funkcji służących do edycji obiektów (kopiowanie, wklejanie, wycinanie itp.) oraz do konfigurowania projektu, a także samego środowiska graficznego.
- **Objects.** Funkcje umożliwiające wstawienie do sceny trójwymiarowej różnego typu obiektów i deformatörów.
- **Tools.** Dostęp do podstawowych narzędzi umożliwiających manipulowanie obiektami (przesuwanie, obracanie, skalowanie itp.), a także do przełączników ustalających tryb pracy programu graficznego.
- **Selection.** Grupa specjalistycznych narzędzi umożliwiających zaznaczanie kilku obiektów z wykorzystaniem różnych sposobów dokonywania wyboru.
- **Structure.** Narzędzia wykorzystywane na etapie modelowania obiektów. Umożliwiają one realizowanie różnych czynności, które umożliwiają przekształcanie prostej bryły w model docelowy (np. cięcie, wyciąganie, mostkowanie itp.)
- **Functions.** Grupa dodatkowych narzędzi wykorzystywanych na etapie modelowania, między innymi duplikowanie, układanie wzdłuż krzywej, losowe rozmieszczenie i kilka innych rzadziej wykorzystywanych.
- **Plugins.** Funkcje umożliwiają dostęp do palet narzędziowych rozszerzeń pakietu graficznego. Zawartość tej grupy w menu zależy od tego ile mamy zainstalowanych dodatkowych modułów.
- **Render.** Grupa funkcji, służących do konfigurowania i realizacji renderingu.
- **Animation.** Funkcje przeznaczone do realizowania animacji komputerowych.
- **Window, Help.** Typowe funkcje do zarządzania oknami i paletami oraz dostęp do pomocy i dokumentacji technicznej pakietu graficznego.

- B. **Główna paleta narzędziowa.** Zawiera najczęściej wykorzystywane narzędzia pakietu graficznego (rys. 14). Poczynając od lewej strony: funkcje wstecz i wprzód, grupa narzędzi do zaznaczania obiektów, przesuwanie, skalowanie, obracanie, blokada przesunięcia względem osi (X, Y i Z), wybór układu odniesienia (globalny lub lokalny), podgląd, konfigurowanie i uruchomienie renderingu, prymitywy, krzywe, NURBS, narzędzia modelowania, światła i kamery, deformacje.

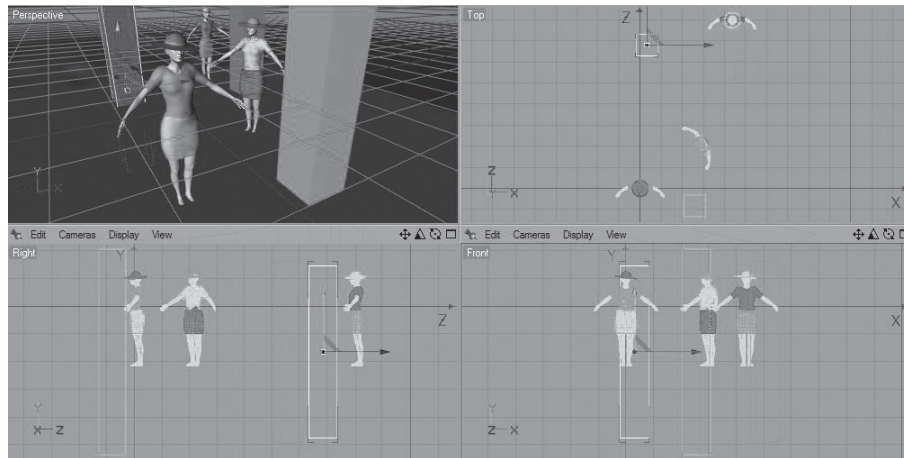


Rysunek 14.

Główna paleta narzędziowa

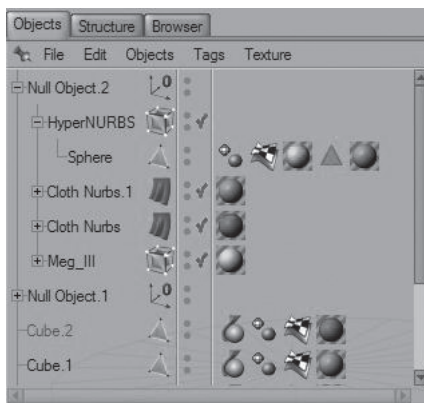
- C. **Okno modelera.** Najważniejszy element pakietu graficznego. W tym miejscu powstają wszystkie obiekty, które składają się na scenę trójwymiarową. Przestrzeń robocza przypomina układ współrzędnych znany

z lekcji matematyki (rys. 15) – ma nazwane osie współrzędnych (X, Y i Z) oraz środek w punkcie (0,0,0). Pracujemy w kilku różnych widokach: Perspective, Top, Front lub Right. Czasami wygodne jest, jeśli te wszystkie widoki mamy jednocześnie na ekranie.

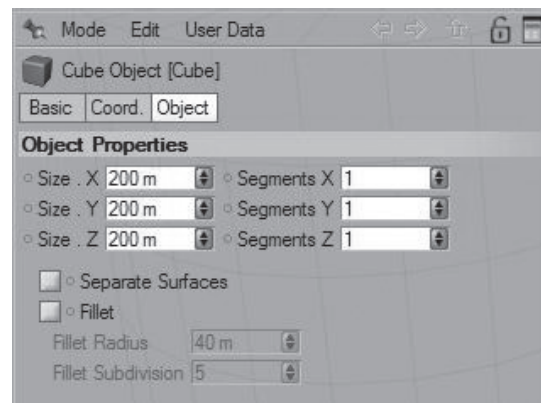


Rysunek 15.
Praca w oknie modelera

D. **Drzewo obiektów.** Ten panel zawiera wszystkie obiekty jakie składają się na scenę trójwymiarową (rys. 16). Obiekty te mogą być pogrupowane lub podłączone pod inne obiekty. Każdy element może zostać nazwany, a ikonki identyfikują typ obiektu oraz jego dodatkowe właściwości.



Rysunek 16.
Paleta drzewa obiektów



Rysunek 17.
Właściwości obiektu

E. **Paleta właściwości obiektu.** Zawartość tego okna zależy od tego, jaki element został zaznaczony w modelerze. Zawiera wszystkie właściwości, które określają kształt obiektu oraz jego cechy (rys. 17). Gdy zaznaczony będzie prostopadłościan, to znajdziemy tam jego wysokość, szerokość, głębokość, sposób zaokrąglania krawędzi itd. Gdy właściwości jest dużo, to są one pogrupowane w zakładkach (np. Basic, Coord., Object).

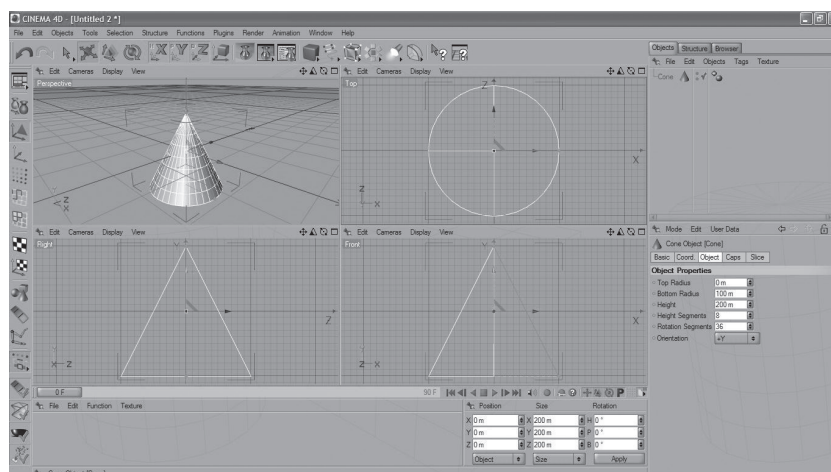
F. **Paleta materiałów.** To okienko udostępnia funkcje służące do tworzenia materiałów, którymi pokrywamy modele 3D (rys. 18). Można załadować gotową bibliotekę lub też utworzyć materiał od podstaw. W drugim przypadku możemy posłużyć się teksturami jawnymi (wykorzystującymi zdjęcia fotograficzne do pokazania faktury materiału) lub też parametrycznymi, które generują wzór na podstawie algorytmów matematycznych. Każdorazowo należy określić jakie cechy fizyczne posiada materiał (odbicia, chropowatość powierzchni, przezroczystość itd.).



Rysunek 18.
Paleta materiałów

- G. **Paleta trybu pracy.** Przełączniki tam umieszczone służą do określenia trybu pracy pakietu graficznego. Typowe tryby pracy, to manipulowanie: obiektami, układami współrzędnych, punktami, krawędziami, wielokątami, projekcją tekstur itd.

Ćwiczenie 1. Uruchom pakiet grafiki trójwymiarowej Cinema 4D, zapoznaj się z opisanymi paletami i oknami, wstaw do sceny obiekt prymitywny – stożek, naucz się obsługi widoków w oknie modelera, sprawdź, jak zmienia się bryła stożka podczas zmiany jego parametrów w oknie właściwości (rys. 19).

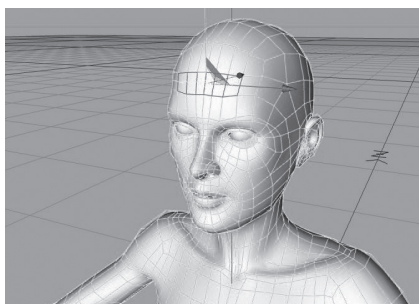


Rysunek 19.
Ćwiczenie 1 – środowisko graficzne 3D

4 MODELOWANIE OBIEKTÓW W ŚRODOWISKU 3D

Scenę w środowisku trójwymiarowym tworzą bryły geometryczne, które powstają na etapie modelowania (rys. 20). Realizacja tego procesu wymaga dobrej wyobraźni przestrzennej. Najczęściej jest tak, że oprogramowanie udostępnia uniwersalne narzędzia, ale to od doświadczenia grafika zależy, czy będzie potrafił je wykorzystać w praktyce. Stopień złożoności brył jest różny – czasami jest tak, że są one dość proste w realizacji, ale często trzeba poświęcić dużo czasu, aby uzyskać zadowalający efekt (np. model ludzkiej twarzy).

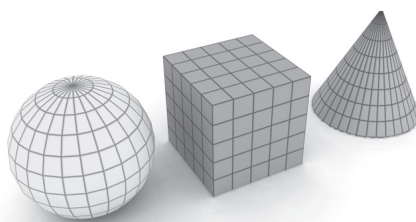
W dużym uproszczeniu można stwierdzić, że etap modelowania polega na cyfrowym rzeźbieniu – rozpoczynamy od prostej bryły geometrycznej (nazywanej prymitywem) – poddajemy ją różnym przekształceniom, aby uzyskać oczekiwany efekt końcowy. Jeżeli mamy do zrealizowania złożoną scenę, to warto pamiętać o technice dekompozycji, mającej zastosowanie w wielu dziedzinach technicznych (np. w projektowaniu systemów informatycznych) – jeśli coś jest bardzo złożone, spróbujmy rozłożyć to na mniejsze elementy, które są prostsze w realizacji. Takie rozumowanie prawdopodobnie doprowadzi nas do wniosku, że poszczególne fragmenty jesteśmy w stanie wykonać, a więc uda nam się zrealizować – również – cały projekt.



Rysunek 20.
Modelowanie

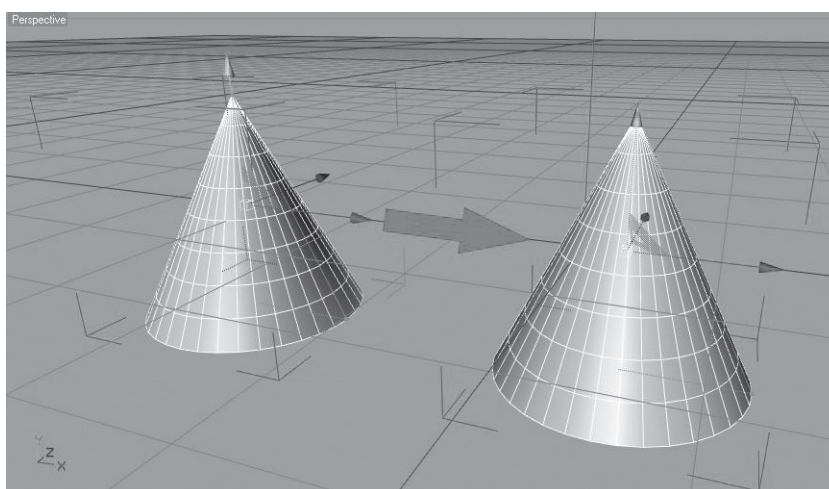
4.1 OBIEKTY PRYMITYWNE

Najłatwieszą w realizacji jest technika konstruowania modeli trójwymiarowych oparta o tzw. prymitywy (rys. 21) – typowe bryły geometryczne takie jak: prostopadłościan, elipsoida, stożek, walec itd. W tym przypadku postępujemy się tylko obiektami tego typu – ustalamy ich wymiary i dodatkowe cechy z wykorzystaniem parametrów dostępnych na palecie właściwości. Cały proces przypomina nieco budowanie większego obiektu z klocków – składamy go dysponując ograniczonym zbiorem brył geometrycznych.



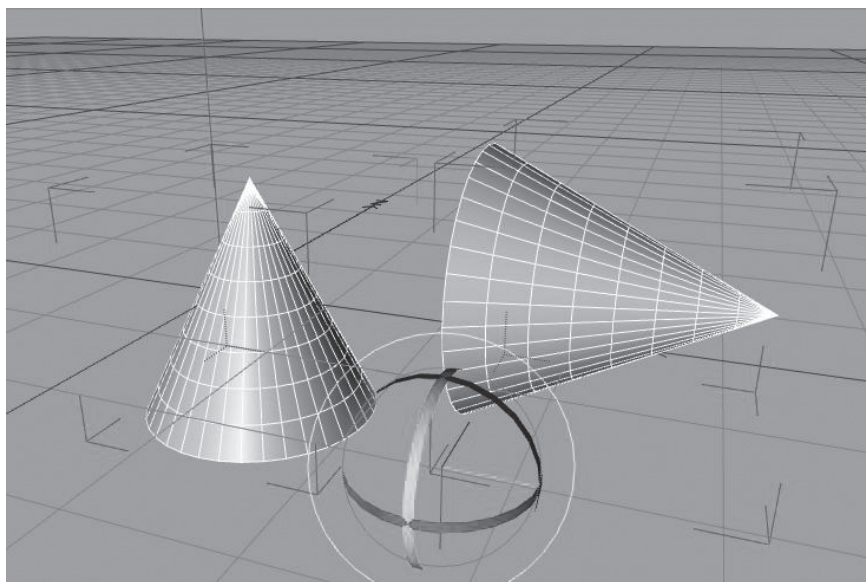
Rysunek 21.
Typowe obiekty prymitywne

Do realizacji tej techniki niezbędne są podstawowe przekształcenia geometryczne, takie jak przesuwanie i obracanie obiektów w scenie trójwymiarowej (prymitywy należy umiejscowić w odpowiednim położeniu, ale często też je obrócić).



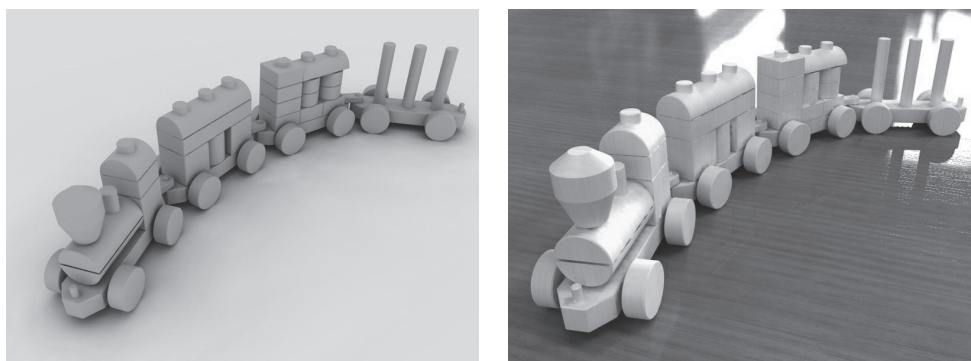
Rysunek 22.
Przesuwanie obiektów

Najczęściej przesunięcie obiektu jest realizowane w kierunku jednej z osi układu współrzędnych (rys. 22), a inne zmiany położenia są konstruowane w oparciu o złożenie kilku przesunięć. Podobna sytuacja ma miejsce przy obrotach brył trójwymiarowych (rys. 23) – są realizowane poprzez złożenie obrotów według osi układu współrzędnych. Środowisko graficzne wspomaga obroty o kąty 90, 180 i 270 stopni – są one bardzo często realizowane. Istnieje możliwość zmiany środka obrotu poprzez przesunięcie lokalnego układu współrzędnych bryły trójwymiarowej.



Rysunek 23.
Obracanie obiektów

Ćwiczenie 2. Zbuduj model przedstawiony na rysunku 24, wykorzystując wyłącznie obiekty prymitywne, ich właściwości i przekształcenia geometryczne, takie jak: przesunięcie i obrót.

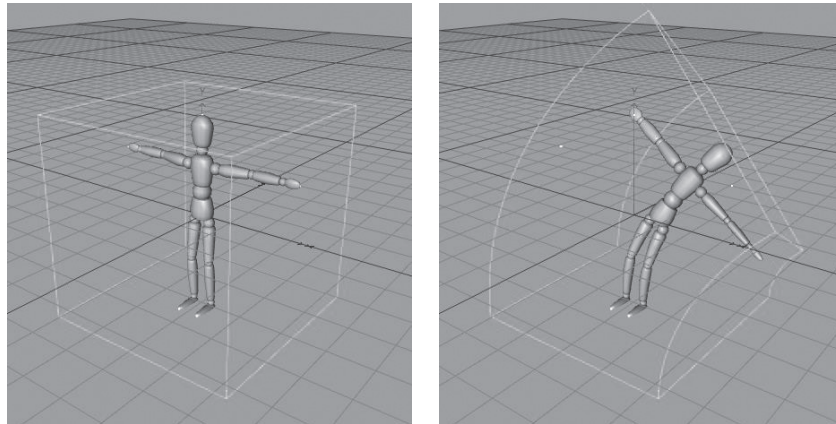


Rysunek 24.
Ćwiczenie 2 – obiekty prymitywne

4.2 DEFORMACJE

Zaprezentowane w poprzednim rozdziale obiekty prymitywne mogą zmieniać kształt pod wpływem działania algorytmów modyfikujących, zwanych deformacjami. Zastosowanie tej techniki jest stosunkowo proste i umożliwia uzyskanie zmiany prostej bryły w nieco bardziej złożoną. Modyfikacji może ulegać cały obiekt lub tylko jego część, a grafik ma możliwość określenia wartości parametrów, które określają sposób działania algorytmu deformującego, a tym samym końcową postać modelu.

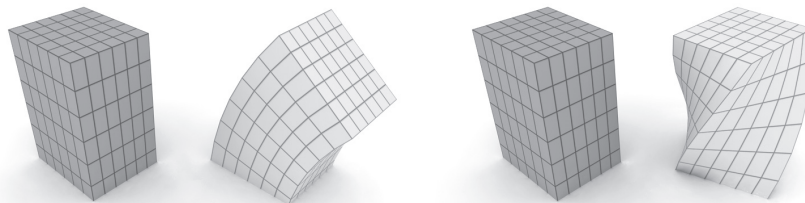
Działanie deformacji wykorzystuje tzw. siatkę deformacji, która zazwyczaj ma postać prostopadłościanu, w którym znajduje się cały model lub tylko jego część (rys. 25). Poprzez modyfikowanie siatki uzyskujemy zmianę kształtu bryły znajdującej się w jej obszarze .



Rysunek 25.
Modyfikacja bryły obiektu z zastosowaniem deformacji

Typowe algorytmy deformujące stosowane w modelowaniu obiektów, to:

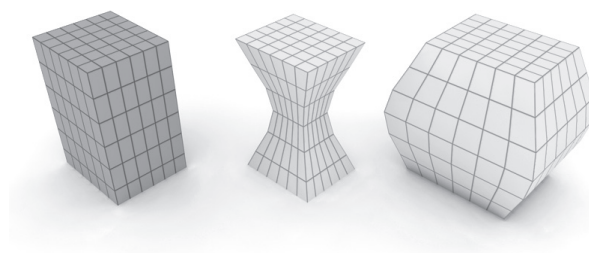
- **Bend.** Algorytm, który działa na obiekt w ten sposób, że dolna podstawa siatki deformującej pozostaje bez zmian, natomiast górna zostaje obrócona. Uzyskujemy w ten sposób efekt nagięcia modelu (rys. 26).



Rysunek 26.
Deformacja naginiająca model

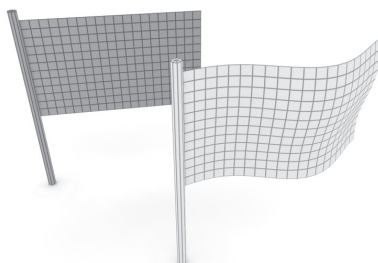
Rysunek 27.
Deformacja skręcająca model

- **Twist.** Działanie algorytmu opiera się na tym, że dolna podstawa siatki deformującej pozostaje bez zmian, a górna zostaje obrócona wokół pionowej osi obrotu o ustalony kąt. Uzyskujemy efekt skręcenia modelu trójwymiarowego (rys. 27).
- **Bulge.** W tym przypadku podstawy dolna i górna siatki deformacji pozostają bez zmian, a środkowa część jest ściskana lub rozciągana (rys. 28).



Rysunek 28.
Deformacja ściskająca lub rozciągająca model

- **Flag.** Zaprezentowane wyżej deformacje mają charakter uniwersalny – znajdują zastosowanie w różnych modelach. Poza nimi pakiety graficzne mają zaimplementowane algorytmy specjalizowane, jak np. algorytm, który jest wykorzystywany do realizacji flag powiewających na wietrze (rys. 29).



Rysunek 29.

Deformacja flagi powiewającej na wietrze

Typowy pakiet grafiki trójwymiarowej zawiera kilkadziesiąt modyfikatorów, które służą do deformowania bryły obiektów na zasadach opisanych w tym rozdziale. Szczególnym przypadkiem są deformacje animowane (rys. 30), które umożliwiają realizowanie ciekawych efektów specjalnych (np. efekty destrukcyjne).

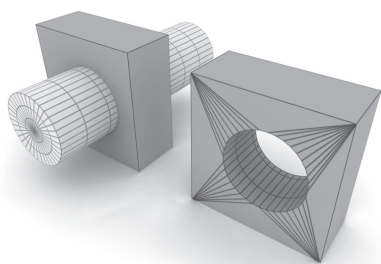


Rysunek 30.

Przykład deformacji animowanej

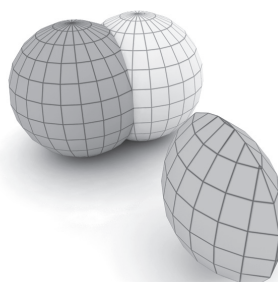
4.3 TRANSFORMACJE LOGICZNE

Na etapie modelowania mamy możliwość posłużenia się specjalnym modyfikatorem, który działa na zasadzie operacji logicznych Boole'a na dwóch bryłach trójwymiarowych. Ta technika umożliwia tworzenie otworów w obiektach prymitywnych (rys. 31) – to jest jej najczęstsze zastosowanie (wykorzystanie różnicy logicznej – tryb subtract).



Rysunek 31.

Technika Boole'a w trybie subtract

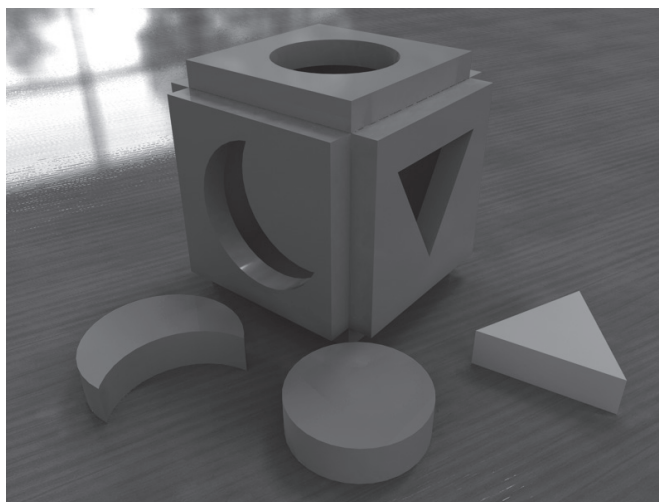


Rysunek 32.

Technika Boole'a w trybie intersect

Na zdjęciu zaprezentowanym na rysunku 31 posłużono się techniką Boole'a, w celu wykonania okrągłego otworu w prostopadłościanie. Znacznie rzadziej niż opisano wyżej, technika Boole'a znajduje zastosowanie w innych sytuacjach, do których należy wykonanie części wspólnej (rys. 32) dwóch brył trójwymiarowych (intersect).

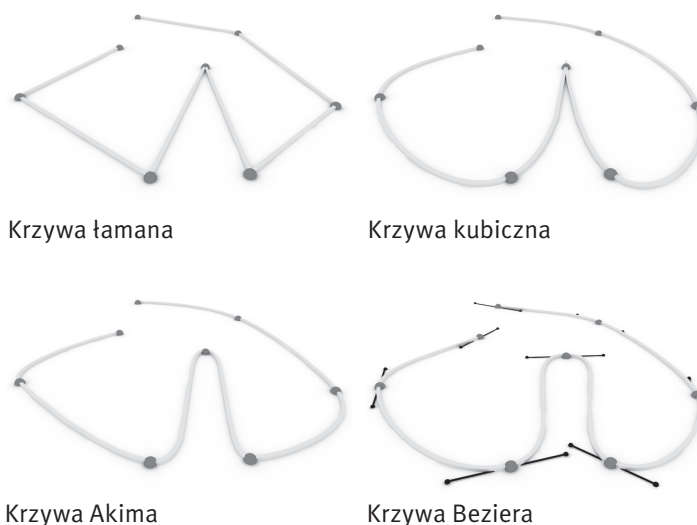
Ćwiczenie 3. Spróbuj zbudować, wykorzystując technikę operacji boolowskich na bryłach 3D, model przedstawiony na rysunku 33. Bryłę księżyca łatwo uzyskasz wycinając jednym walcem w drugim.



Rysunek 33.
Ćwiczenie 3 – technika transformacji logicznych

4.4 NURBS

Kolejna technika modelowania obiektów trójwymiarowych jest określana terminem NURBS (ang. Non-Uniform Rational B-Spline). Wykorzystuje krzywe, które są poddawane różnym przekształceniom za pomocą specjalnych algorytmów. Najczęściej krzywe wykorzystywane w grafice 3D są dwuwymiarowe, czyli leżą w jednej płaszczyźnie. Typowe rodzaje krzywych przedstawiono na rysunku 34.

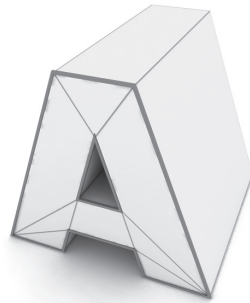


Rysunek 34.
Rodzaje krzywych

Krzywe są definiowane poprzez punkty kontrolne. Najczęściej jest wykorzystywana krzywa Beziera, ponieważ ma największe możliwości w zakresie modyfikacji jej kształtu (dodatkowo określane są tzw. kierownice służące do zmieniania jej wyglądu).

Krzywe zaprezentowane na rysunku 34 są elementem pomocniczym dla specjalnych algorytmów, które generują bryły trójwymiarowe. Najpopularniejsze są cztery algorytmy:

- Wytłaczanie (ang. extrude). Dowolna krzywa jest wytłaczana (przesuwana) w kierunku ustalonego wektora. Utworzona w ten sposób bryła ma dwie podstawy i powierzchnię boczną (rys. 35).



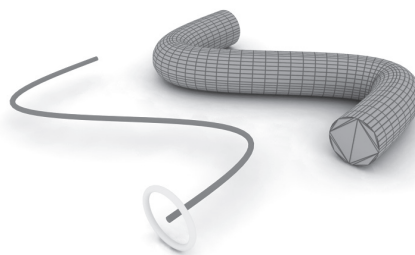
Rysunek 35.
Wytłaczanie

- Wytaczanie (ang. lathe). Dowolna krzywa jest wytaczana (obracana) wokół ustalonej osi obrotu. Ten algorytm umożliwia wykonanie każdej bryły obrotowej (rys. 36).



Rysunek 36.
Wytaczanie

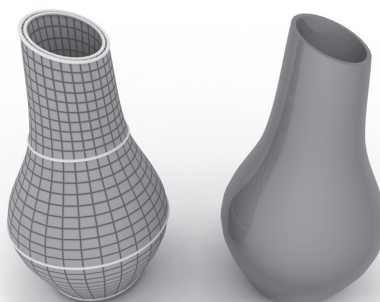
- Wytłaczanie wzdłuż ścieżki (ang. sweep). Dowolna krzywa jest wytłaczana (przesuwana) wzdłuż innej krzywej (rys. 37).



Rysunek 37.
Wytłaczanie wzdłuż ścieżki



- Wytłaczanie po przekrojach (ang. loft). Algorytm ten umożliwia wykonanie bryły trójwymiarowej na zasadzie łączenia dowolnej liczby przekrojów określonych za pomocą krzywych (rys. 38).



Rysunek 38.

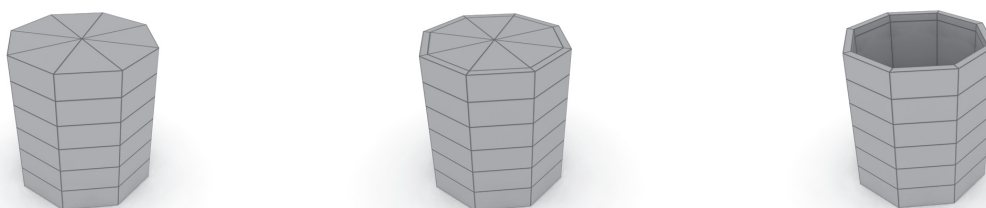
Wytłaczanie po przekrojach

4.5 POLIMODELING

Najpopularniejszą techniką modelowania obiektów trójwymiarowych jest polimodeling. Rozpoczynamy od prostej bryły geometrycznej określanej terminem prymityw. W następnych krokach taką bryłę poddaje się różnym przekształceniom takim, jak: nacinanie, wytłaczanie, czy mostkowanie. Bardzo często posługujemy się specjalnym algorytmem, którego zadaniem jest wygładzenie krawędzi tworzonej bryły (Hyper NURBS). Modelowanie tą techniką wymaga sporego doświadczenia i jest bardzo pracochłonne, ale można w ten sposób zbudować praktycznie każdy model.

Poniżej zaprezentowano tę technikę na praktycznym przykładzie. Chcąc zbudować model kubka do kawy należy wykonać następujące czynności:

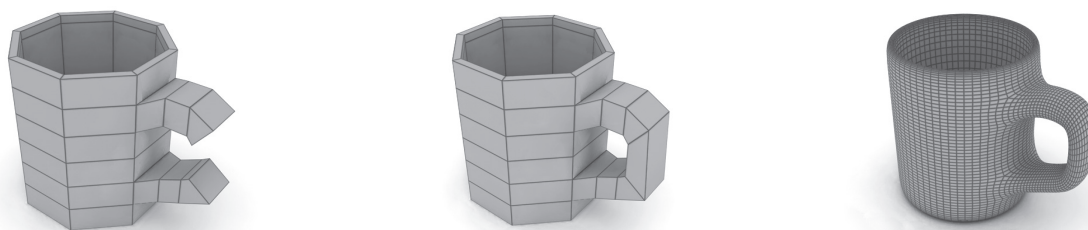
- **Zaczynamy od prymitywu.** Wstawiamy do sceny trójwymiarowej obiekt prymitywny jakim jest walec. Nadajemy mu wstępnie wymiary kubka do kawy i redukujemy liczbę poligonów (wielokątów) do ośmiu na obwodzie, sześciu na wysokości i jednego w podstawach (rys. 39).



Rysunek 39.

Obiekt prymitywy, nacięcie w górnej podstawie, wytłoczenie wnętrza

- **Nacięcie w górnej podstawie.** Aby móc wykonać wytłoczenie we wnętrzu kubka, wykonujemy nacięcie w górnej podstawie w odległości odpowiadającej grubości ścianki kubka (rys. 39).
- **Wytłoczenie wnętrza kubka.** W kolejnym etapie wykorzystamy algorytm extrude do wytłoczenia wewnętrznej części kubka – zrobimy to w trzech krokach – pod koniec zastosujemy algorytm Hyper NURBS, który wygładzi krawędzie obiektu w zależności od gęstości nacięć (rys. 39).
- **Wyciągamy ucho.** Wybieramy dwa prostokąty na powierzchni bocznej bryły i stosujemy algorytm extrude, aby wyciągnąć elementy, które staną się uchem kubka. Zrobimy to w kilku krokach, a końcowe prostokąty obrócimy w taki sposób, aby się „widziały” (rys. 40).



Rysunek 40.

Wyciąganie i mostkowanie ucho – kubek jest gotowy

- **Mostkowanie ucha.** Połączenie odpowiednich prostokątów w ucho kubka jest możliwe dzięki algorytmowi mostkowania bridge. Wskazujemy dwa poligony i stosujemy ten algorytm, aby je połączyć (rys. 40).
- **Kubek do kawy jest gotowy.** Na zakończenie stosujemy algorytm Hyper NURBS do wygładzenia krawędzi modelu (rys. 40).

W podobny sposób buduje się inne modele – zajmuje to zwykle więcej czasu, ale sam proces modelowania tą techniką nie różni się od zaprezentowanego powyżej.

Ćwiczenie 4. Zbuduj, wykorzystując technikę polimodelingu, model kubka do kawy, przedstawiony na rysunku 41.



Rysunek 41.

Ćwiczenie 4 – kubek do kawy

5 PRZYGOTOWANIE MATERIAŁÓW

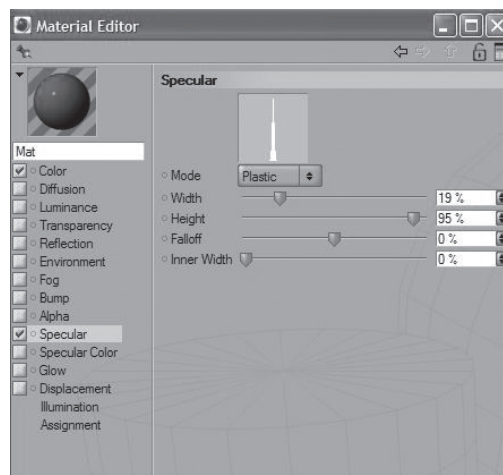
Gdy wszystkie modele są już wykonane przystępuje się do kolejnego etapu jakim jest przygotowanie materiałów. Jeśli naszym celem jest uzyskanie grafiki przypominającej zdjęcie fotograficzne, to należy wyjątkowo starannie dobrać wszystkie współczynniki, które odpowiadają za właściwości optyczne materiałów (rys. 42).



Rysunek 42.
Scena trójwymiarowa i różne materiały

5.1 TWORZENIE REALISTYCZNYCH MATERIAŁÓW

Współczesne pakiety graficzne udostępniają rozbudowane edytory materiałów, które służą do uzyskiwania realistycznego wyglądu szkła, metali, tworzyw sztucznych, materiałów porowatych itd. Typowy wygląd palety edytora materiałów przedstawiono na rysunku 43.



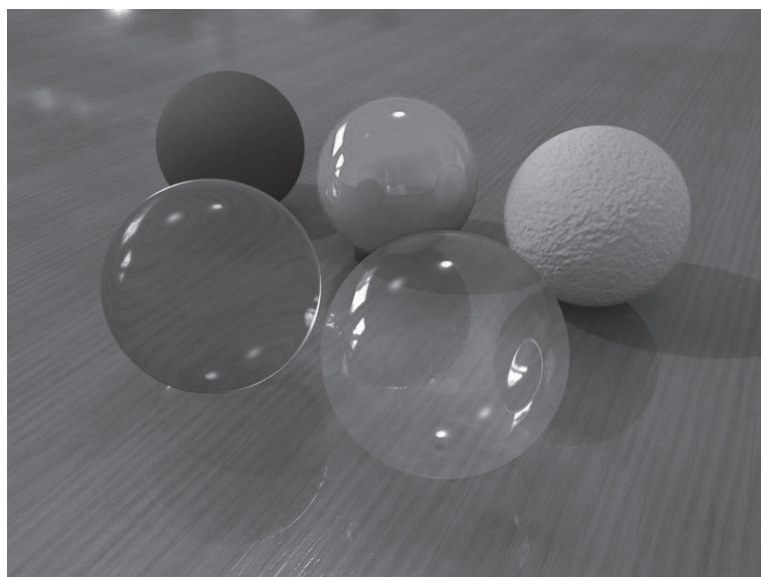
Rysunek 43.
Okno edytora materiałów

Sposób konstruowania materiału wykorzystuje kilka kanałów, które mogą być jednocześnie włączone (na rysunku włączone zostały kanały Color i Specular). Każdy kanał odpowiada za jedną własność optyczną materiału i ma zestaw swoich parametrów, których wartości determinują jego wygląd. Typowe kanały, jakie składają się na definicję materiału, to:

- **Color.** Kanał, który określa kolor materiału lub umożliwia załadowanie tekstury, czyli obrazka pokrywającego jego powierzchnię.
- **Diffusion.** Dodatkowy kanał, który jest mieszany z kanałem Color. Najczęściej jest wykorzystywany do realizowania efektów związanych z kurzem, rdzą i innymi elementami wskazującymi na zużycie obiektu.
- **Luminance.** Ten specyficzny kanał określa, czy i w jaki sposób materiał emituje światło. Ta cecha jest bardzo ważna, gdy zastosujemy algorytm energetyczny na etapie renderowania finalnego obrazka. Model pokryty takim materiałem stanowi wówczas źródło światła i oświetla inne obiekty.

- **Transparency.** Kanał istotny dla materiałów półprzeźroczystych, takich jak szkło, czy niektóre tworzywa sztuczne. Określa on stopień przezroczystości oraz parametry zjawiska załamania światła.
- **Reflection.** Kanał odpowiedzialny za parametry zjawiska odbicia światła. Jest aktywny dla takich materiałów jak szkła, metale, tworzywa sztuczne z połyskiem, lakierowane drewno, itd. To ten element materiału decyduje, czy widoczne w nim będą elementy otoczenia.
- **Environment.** To kanał, który wykorzystujemy do załadowania obrazka, który będzie symulował otoczenie naszego modelu (np. metal zacznie wyglądać jak metal, gdy zaczną się w nim odbijać inne obiekty i elementy otoczenia).
- **Fog.** Specyficzny kanał wolumetryczny, który umożliwia tworzenie materiałów specjalnych takich jak zamglenie, kurz w pomieszczeniu itd.
- **Bump.** Bardzo często wykorzystywany kanał, który umożliwia symulowanie materiałów o chropowatej powierzchni. Kanał ten nie modyfikuje powierzchni samego obiektu, ale tworzy na jego powierzchni sztuczne cienie, które wywołują wrażenie chropowatości powierzchni.
- **Alpha.** Niektóre materiały nie pokrywają powierzchni całego obiektu. Ten kanał umożliwia załadowanie maski, która określa miejsca, w których materiał jest widoczny oraz takie, gdzie nie jest widoczny.
- **Specular.** Jeśli aktywny jest kanał Reflection, w materiale odbijają się inne obiekty (w tym światła również). Kształt tych odbić jest determinowany przez tę właśnie cechę. Jeżeli ustawione są odbicia szerokie i słabe, to materiał rozprasza światło (np. guma), jeżeli odbicia będą wąskie i silne, to materiał ma wyraźny połysk (np. szkła i metale).

Pozostałe kanały są rzadziej wykorzystywane. W praktyce mamy trzy sposoby pozyskania materiałów do naszego projektu: konstruujemy materiał od podstaw sami, wykorzystujemy materiał z biblioteki, korzystamy z gotowego materiału, ale dostosowujemy go do własnych potrzeb.



Rysunek 44.

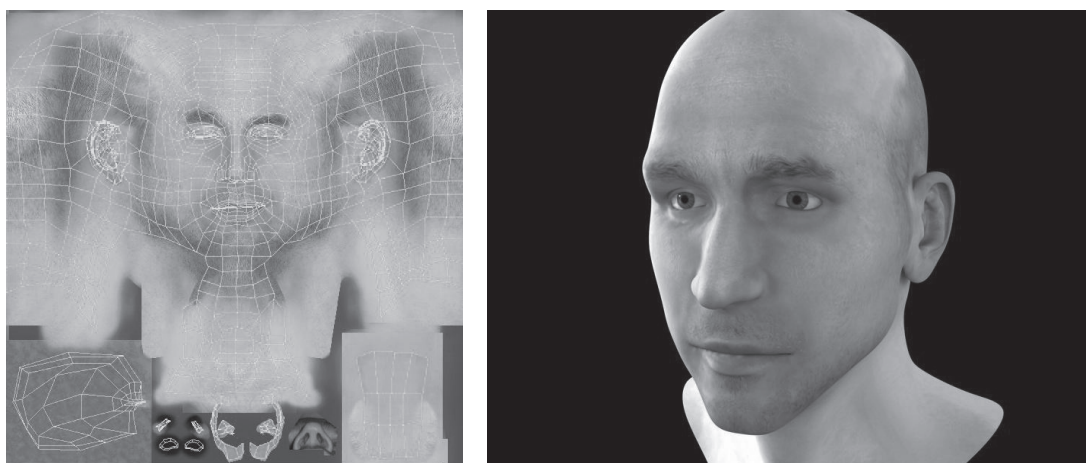
Typowe materiały

Włączając odpowiednie kanały i konfigurując ich parametry uzyskujemy materiały, które po nałożeniu na kule, w finalnym renderingu umożliwią zbudowanie modeli: czarnej gumowej kuli, kuli bilardowej, pomarańczy, kuli szklanej oraz bańki mydlanej (rys. 44).

5.2 TEKSTURY

Niektóre rodzaje materiałów mają fakturę, która jest dla nich charakterystyczna. Najlepszym przykładem jest drewno z widocznymi słojami, skóra ludzka pokrywająca twarz, czy materiał który zostanie nałożony na oczy. W tym przypadku, poza konfiguracją kanałów optycznych opisanych wyżej, należy jeszcze przygotować teksturę, czyli odpowiedni obrazek jaki pojawi się na powierzchni obiektu.

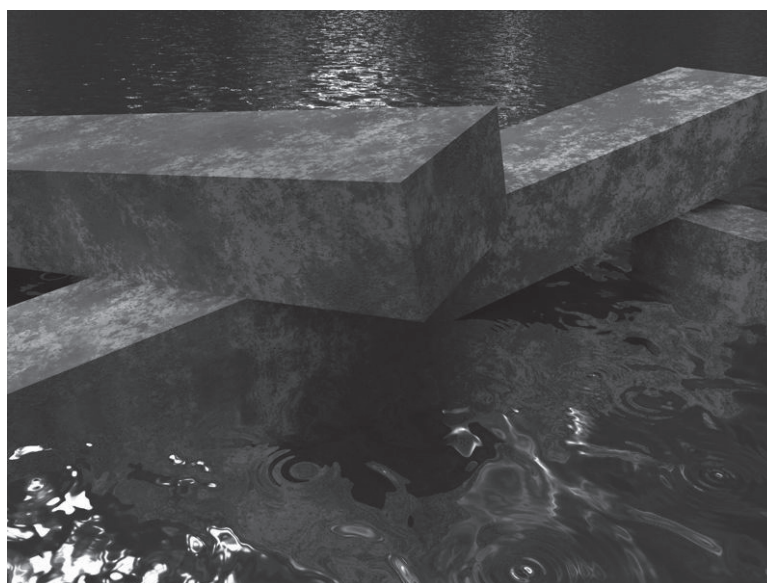
Istnieją dwie techniki przygotowania tekstury. Pierwsza wykorzystuje zdjęcie fotograficzne, które jest odpowiednio przygotowane w pakiecie graficznym służącym do tego celu (np. Photoshop lub Gimp). Takie zdjęcie ładuje się do kanału Color w materiale, a następnie określa sposób mapowania, czyli ułożenia obrazka na powierzchni modelu. Jeżeli nie zależy nam na precyzyjnym ułożeniu tekstury na obiekcie, wykorzystujemy proste sposoby mapowania, takie jak projekcja sferyczna, kubiczna, walcowa, czy frontalna. Bardziej pracochłonne jest nałożenie zdjęcia na model wymagający precyzyjnego ułożenia obrazka na obiekcie (np. model ludzkiej twarzy). W tym przypadku z pomocą przychodzi mapowanie UV, w którym grafik wskazuje sposób odwzorowania przestrzeni obrazka na przestrzeń bryły trójwymiarowej (rys. 45).



Rysunek 45.

Mapowanie UV dla tekstury twarzy

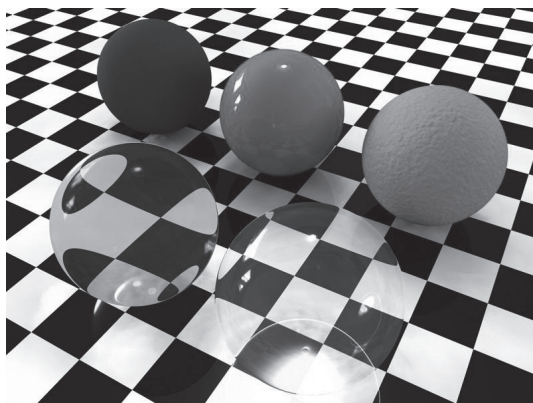
Drugim sposobem przygotowania tekstury jest wykorzystanie specjalnych rodzajów materiałów, które w sposób parametryczny imitują różnego rodzaju wzory. Ogromną ich zaletą jest to, że nie potrzebujemy zdjęcia fotograficznego. Wzory są generowane dzięki zastosowaniu algorytmów matematycznych z uwzględnieniem teorii chaosu i w bardzo prosty sposób możemy je przystosować do własnych potrzeb. Na rysunku 46 wykorzystano tekstury parametryczne do realistycznego odwzorowania wody oraz skorodowanego metalu.



Rysunek 46.

Zastosowanie tekstur parametrycznych

Ćwiczenie 5. Opracuj sześć materiałów tak, aby powstały: kula z czarnej gumy, czerwona kula bilardowa, pomarańczowa, zielona kula szklana i bańka mydlana, jak na rysunku 47. Wszystkie obiekty powinny zostać umieszczone na podłodze wykonanej z wykorzystaniem materiału parametrycznego.



Rysunek 47.
Ćwiczenie 5 – materiały

6 KONFIGUROWANIE OŚWIETLENIA

Na realizm tworzonych wizualizacji ma wpływ etap modelowania oraz przygotowania materiałów, ale najważniejszym elementem jest ustawienie oświetlenia sceny trójwymiarowej. Do od tego w jakim stopniu uda nam się zasymulować oświetlenie naturalne zależy efekt końcowy. To dyspozycji mamy dwa modele oświetlenia: światła punktowe oraz oświetlenie globalne (GI). Wybór modelu zależy od efektu jaki chcemy uzyskać oraz od czasu, który możemy przeznaczyć na renderowanie zdjęcia. Generalnie oświetlenie punktowe liczy się stosunkowo szybko, a oświetlenie globalne – znacznie dłużej.

6.1 ŚWIATŁA PUNKTOWE

Oświetlenie sceny trójwymiarowej za pomocą światel punktowych polega na wstawieniu pewnej liczby specjalnych obiektów, które emitują światło. Najczęściej wstawienie jednego źródła światła nie daje zadowalających rezultatów – potrzeba ich co najmniej trzy. Światła takie są rozmieszczane w określonych miejscach w scenie, a następnie konfiguruje się ich parametry (rys. 48). Do najważniejszych parametrów światel punktowych należą: kolor, intensywność, typ (punktowe, kierunkowe) oraz rodzaj cieni.

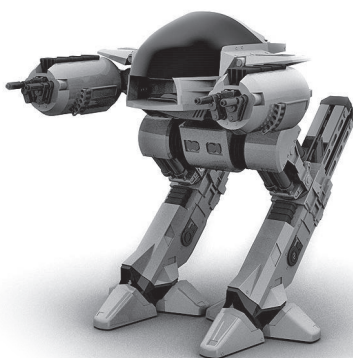


Rysunek 48.
Światła punktowe

Rendering sceny oświetlonej w zaprezentowany sposób jest obliczany z wykorzystaniem algorytmu śledzenia wiązek promieni świetlnych – jest szybki, ale nie pozwala uzyskiwać obrazów zbliżonych jakością do zdjęcia fotograficznego. Ze względu na szybkość jest często wykorzystywany w animacjach komputerowych, gdzie do przeliczenia jest bardzo duża liczba obrazów.

6.2 OŚWIETLENIE GLOBALNE (GI)

Drugim modelem oświetlenia, jaki jest stosowany w grafice fotorealistycznej, jest model oświetlenia globalnego (ang. GI – Global Illumination). Całą scenę trójwymiarową zamyka się w ogromnej sferze, która zostaje pokryta specjalnym materiałem emitującym światło (można powiedzieć, że scena jest oświetlona wieloma milionami małych świateł rozmieszczonych na sferze). Wszystkie obiekty znajdujące się w scenie traktujemy jako małe źródła światła o różnej charakterystyce (mogą one w różny sposób absorbować lub emitować światło). Dzięki tej technice uzyskujemy obrazy, które są zbliżone do zdjęć fotograficznych, ponieważ taki model oświetlenia jest najbardziej zbliżony do światła rzeczywistego. Charakterystyczne są miękkie cienie powstające w miejscach, gdzie światło dociera w niewielkim stopniu. Niestety dobre rezultaty uzyskane tą techniką są bardzo złożone obliczeniowo i czas oczekiwania na efekt finalnego renderingu sięga czasami kilku godzin (rys. 49).



Rysunek 49.
Oświetlenie globalne

Najnowszym osiągnięciem w dziedzinie oświetlania scen trójwymiarowych są tzw. mapy HDRI. Umożliwiają one odwzorowanie rzeczywistego oświetlenia obiektów, które znajdują się w określonym otoczeniu. Dzięki tej technice model lepiej wkomponowuje się w środowisko co ma duże znaczenie przy tworzeniu tzw. kompozycji, czyli obrazów wirtualnych umieszczanych na zdjęciach fotograficznych. Na rysunku 50 przedstawiono ten sam model oświetlony za pomocą różnych map HDRI.



Rysunek 50.
Oświetlenie globalne z mapami HDRI

Ćwiczenie 6. Postaraj się tak skonfigurować oświetlenie w dostarczonych scenach trójwymiarowych (wykorzystując oświetlenie globalne), aby renderingi przypominały te na rysunku 51.

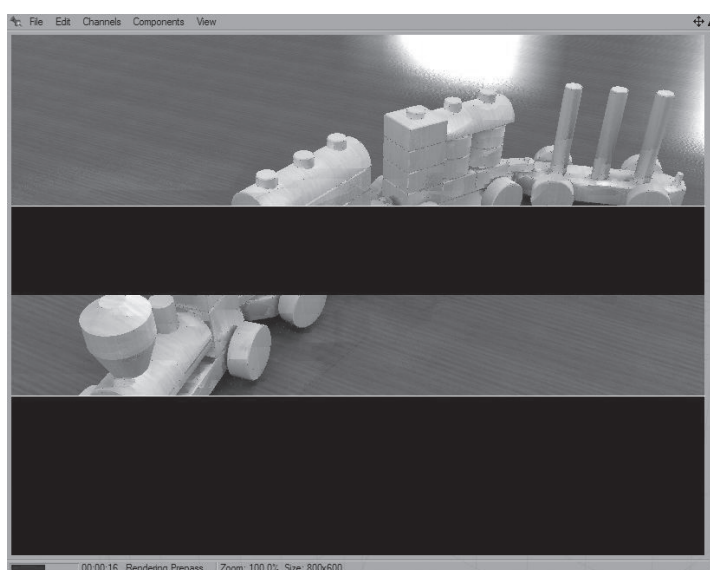


Rysunek 51.

Ćwiczenie 6 – oświetlenie globalne

7 RENDERING

Redndering to proces, w którym komputer generuje finalny obrazek za pomocą zaimplementowanych w pakiecie graficznym algorytmów wizualizacji. Na tym etapie są uwzględniane wszystkie parametry materiałów oraz model oświetlenia wybrany i skonfigurowany przez grafika. W zależności od stopnia złożoności sceny, zastosowanych materiałów i wybranego algorytmu wizualizacji, rendering trwa od kilku sekund do kilku godzin (rys. 52). Na tym etapie oprogramowanie pieczętowanie przelicza wszystkie cienie, odbicia i pozostałe elementy charakteryzujące scenę trójwymiarową. W przypadku animacji komputerowych bardzo często wykorzystuje się rendering sieciowy, w którym są wykonywane obliczenia równoległe w sieci komputerowej.

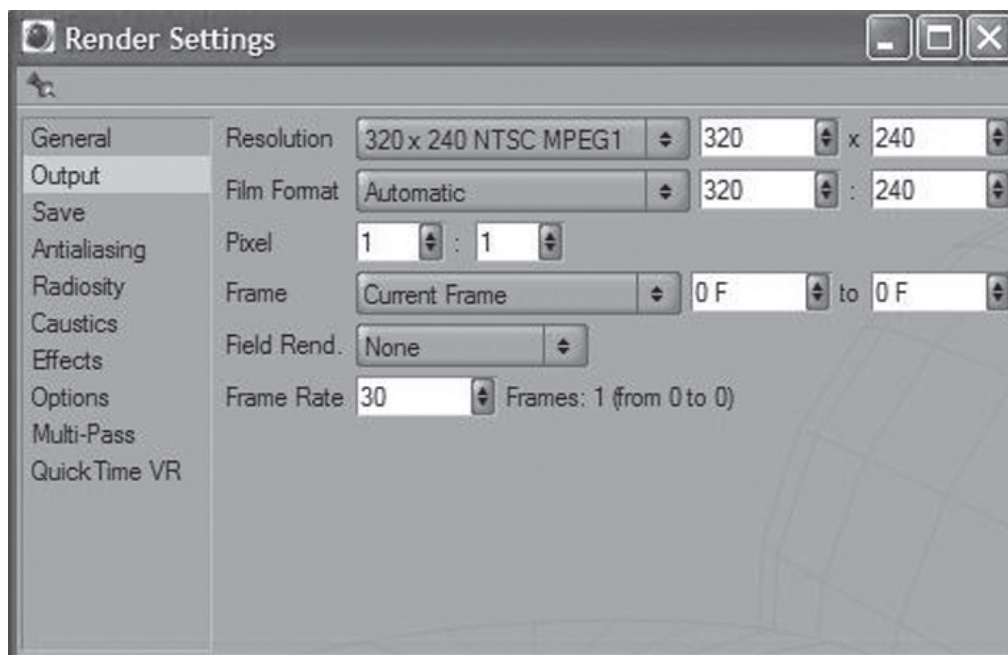


Rysunek 52.

Okno podglądu procesu renderingu

7.1 KONFIGURACJA

Etap renderingu poprzedza konfiguracja algorytmów wizualizacji poprzez ustawienie wartości parametrów i współczynników. Od tych ustawień zależy efekt końcowy, a w szczególności czas generowania obrazka i jego jakość. Najważniejszymi parametrami, które należy określić (rys. 53), są:



Rysunek 53.

Okno konfiguracji renderingu

- **General.** Główne parametry procesu renderingu, w tym sposób wygładzania krawędzi (antialiasing), globalne filtry obrazu, sposób odwzorowania przezroczystości (transparency), odbić (reflection) i cieni (shadow).
- **Output.** Parametry związane rozmiarem generowanego zdjęcia, w tym rozdzielczość (resolution), proporcje pikseli (pixel), zakres generowanych klatek dla animacji (frame) oraz liczba klatek na sekundę (frame rate).
- **Save.** Dane dotyczące postaci pliku wynikowego, w tym ścieżka i nazwa pliku (path), format pliku wynikowego (format) oraz głębia kolorów (depth).
- **Antialiasing.** Szczegółowe parametry związane z filtrem wygładzającym krawędzie na obrazku.
- **Radiosity.** Parametry konfiguracyjne algorytmu energetycznego, w tym typ algorytmu (standardowy, stochastyczny itd.), siła oddziaływania zjawisk energetycznych (strength), dokładność obliczeń (accuracy, prepass size), głębokość analizowanych przejść (diffuse depth), liczba próbek losowych (stochastic samples) oraz minimalna i maksymalna gęstość próbek (min i max resolution).
- **Caustics.** Parametry konfiguracyjne algorytmu obliczania tzw. kaustyki, czyli powstawania specyficznych refleksów w materiałach przezroczystych takich jak szkło.
- **Effects.** Dodatkowe filtry, które są nakładane na gotowy obrazek (post effects), takie jak np. głębia ostrości (depth of field), rozmycie obiektów w ruchu (motion blur), zmiękczenie (soft) itd.
- **Multipass.** Parametry konfiguracyjne związane z renderingiem kontekstowym na kilku warstwach. W praktyce bywa to bardzo przydatne, ponieważ dzięki tej technice obrazek może być złożony z kilku warstw (dodatkowe warstwy dla cieni, kanałów materiałów, masek obiektów itd.), a to daje możliwość łatwiejszej korekty w pakiecie do retuszu zdjęć.

7.2 PORÓWNANIE RÓŻNYCH ALGORYTMÓW RENDERUJĄCYCH

W zależności od zastosowanego algorytmu oraz parametrów konfiguracyjnych uzyskujemy obrazki o różnej jakości – są bardziej lub mniej zbliżone do zdjęcia fotograficznego. Poniżej zaprezentowany model telefonu komórkowego i obrazy wygenerowane za pomocą różnych algorytmów renderujących (rys. 54).



Model telefonu komórkowego

Algorytm śledzenia promieni
światlnych, czas generowania:
48 sekStandardowy algorytm energety-
czny, czas generowania: 27 minStochastyczny algorytm energety-
czny, czas generowania: 18 min

Rysunek 54.
Porównanie algorytmów renderujących



PODSUMOWANIE

Informacje zawarte w materiale służą zapoznaniu się z technologią generowania obrazów fotorealistycznych, które są tworzone z wykorzystaniem pakietów graficznych pracujących w środowisku trójwymiarowym. Ze względu na obszerność prezentowanych tu zagadnień, tekst zawiera tylko wybrane aspekty. Ta dziedzina rozwija się bardzo dynamicznie – jest napędzana szybkim wzrostem wydajności komputerów. Moc obliczeniowa, jakiej dostarczają współczesne maszyny, jest wystarczająca dla stosowania najbardziej zaawansowanych modeli oświetlenia i algorytmów wizualizacji, a na efekty końcowe nie trzeba czekać już długimi godzinami.

LITERATURA

1. Bim J., *Cyfrowe oświetlenie i rendering*, wyd. II, Helion, Gliwice 2007
2. Call A., *Cinema 4D R10 handbook*, Charles River Media, 2007
3. Cyganek B., *Komputerowe przetwarzanie obrazów trójwymiarowych*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2002
4. Fleming B., *Animacja cyfrowych twarzy*, Helion, Gliwice 2002
5. Goldberg E., *Character animation cash course*, Silman-James Press, 2008
6. Kachel S., *Grafika inżynierska*, Wydawnictwo WAT, Warszawa 2009
7. Powers A., *Cinema 4D: the artists project sourcebook*, Focal Press, 2007
8. Robinson I., *Cinema 4D R11.5: Essential Training*, Lynda.com, 2010
9. Wells P., *Animacja*, WN PWN, Warszawa 2009
10. Zimek R., *ABC grafiki komputerowej*, Helion, Gliwice 2004

W projekcie **Informatyka +**, poza wykładami i warsztatami, przewidziano następujące działania:

- 24-godzinne kursy dla uczniów w ramach modułów tematycznych
- 24-godzinne kursy metodyczne dla nauczycieli, przygotowujące do pracy z uczniem zdolnym
- nagrania 60 wykładów informatycznych, prowadzonych przez wybitnych specjalistów i nauczycieli akademickich
 - konkursy dla uczniów, trzy w ciągu roku
 - udział uczniów w pracach kół naukowych
 - udział uczniów w konferencjach naukowych
 - obozy wypoczynkowo-naukowe.

Szczegółowe informacje znajdują się na stronie projektu

www.informatykaplus.edu.pl





