

# GRAFIKA FOTOREALISTYCZNA

## Streszczenie

Artykuł jest próbą zaprezentowania możliwości współczesnej grafiki komputerowej, która pozwala na cyfrową syntezę obrazów zbliżonych jakością do zdjęcia fotograficznego. Zaprezentowano w nim podstawowe techniki, które pozwalają na połączenie dwóch światów: rzeczywistego, zarejestrowanego tradycyjną kamerą filmową oraz wirtualnego, tworzonego w trójwymiarowym środowisku programów graficznych. Całość ma charakter popularnonaukowy i jest bogato ilustrowana zdjęciami oraz grafikami studentów uczestniczących w zajęciach koła naukowego „Grafika i Animacja 3D” działającego w naszej uczelni.

## Abstract

The article is an attempt to present the possibilities of modern computer graphics, which allows digital creations of pictures with quality similar to a photograph. It presents basic techniques allowing the fusion of two worlds: reality – recorded with traditional video camera, and virtual – generated in the 3D environment of graphic programs. The article is given in popular science form and contains a number of photographs and graphics by students attending “Graphics and 3D Animation” club at WWSI.

W dzisiejszym świecie istnieje duże zapotrzebowanie na komputerowe wizualizacje, od których wymaga się, aby jakością przypominały zdjęcia fotograficzne. Grafiki takie mają ogromne zastosowanie w projektowaniu różnych wyrobów przemysłowych, od breloczka do kluczy, po drapacze chmur. Dziś każdy chce zobaczyć zdjęcie swojego wymarzonego mieszkania, czy domku już na etapie budowania fundamentów. Kinomani mogą delektować się przepięknymi obrazami tworzonymi przez speców od efektów specjalnych, którzy tradycyjne kino wzbogacają grafikami i animacjami stworzonymi komputerowo.

<sup>1</sup> Mgr inż. Daniel Jaroszewski jest wykładowcą w Warszawskiej Wyższej Szkole Informatyki

Generowanie grafik zbliżonych jakością do zdjęcia fotograficznego jest możliwe dzięki szybkiemu rozwojowi przemysłu komputerowego. Moc obliczeniowa dzisiejszych maszyn pozwala wykorzystać złożone algorytmy odwzorowania oświetlenia oparte o zjawiska energetyczne i śledzenie wiązek promieni świetlnych. Wszystkie pakiety graficzne wykorzystywane do realizacji takich zadań pracują w środowisku trójwymiarowym, dlatego często używa się terminu „Grafika 3D”.



Proces przygotowania fotorealistycznej wizualizacji rozpoczyna się modelowaniem. Na tym etapie grafik (modelarz) wykonuje trójwymiarowe modele wszystkich obiektów występujących w scenie. Wykorzystując najróżniejsze techniki tworzy on wszystkie elementy scenografii, a także buduje trójwymiarowe postacie. Potrzebna jest duża wiedza i doświadczenie, aby modele postaci wyglądały tak jak zaplanowano, a jednocześnie spełniały wszystkie techniczne wymagania w zakresie późniejszej animacji.

Jedną z technik modelowania jest technika określana terminem „NURBS”. Opiera się ona o krzywe, które są poddawane różnym przekształceniom za pomocą specjalnych algorytmów. Najpopularniejsze są cztery: wytłaczanie (extrude), wytaczanie (lathe), wytłaczanie wzdłuż ścieżki (sweep) oraz wytłaczanie po przekrojach (loft).



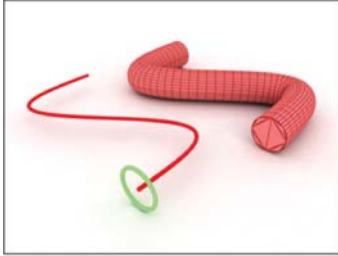
### **Wytłaczanie (extrude)**

Dowolna krzywa (zaznaczona kolorem czerwonym) jest wytłaczana (przesuwana) w kierunku ustalonego wektora. Powstała bryła ma dwie podstawy oraz powierzchnię boczną.



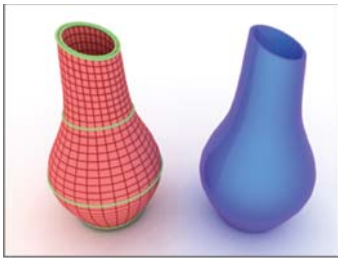
### Wytaczanie (lathe)

Dowolna krzywa (zaznaczona kolorem czerwonym) jest wytaczana (obracana) wokół ustalonej osi obrotu. Ten algorytm umożliwia wykonanie modeli wszystkich brył obrotowych.



### Wytłaczanie wzdłuż ścieżki (sweep)

Dowolna krzywa (zaznaczona kolorem zielonym) jest wytłaczana (przesuwana) wzdłuż innej krzywej (zaznaczonej kolorem czerwonym).



### Wytłaczanie po przekrojach (loft)

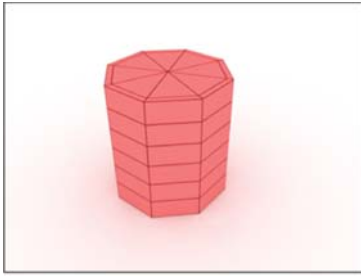
Algorytm ten pozwala wykonać bryłę na zasadzie łączenia dowolnej liczby przekrojów definiowanych za pomocą krzywych (zaznaczonych kolorem zielonym).

Drugą i najpopularniejszą techniką modelowania brył trójwymiarowych jest poli-modeling. Grafik rozpoczyna modelowanie od prostej bryły określanej terminem „prymityw”. Następnie poddaje tą bryłę szeregowi różnych przekształceń takich jak nacięcie, wytłaczanie, mostkowanie. Często posiłkuje się specjalnym algorytmem, który umożliwia wygładzanie krawędzi tworzonej bryły (Hyper NURBS). Modelowanie tą techniką wymaga sporego doświadczenia i jest czynnością dosyć pracochłonną. Poniżej przedstawiono poszczególne etapy modelowania kubka do kawy.



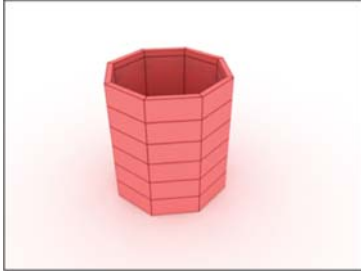
### Zaczynamy od prymitywu

Wstawiamy do sceny prymityw o kształcie walca. Nadajemy mu wymiary kubka do kawy i redukujemy liczbę poligonów (wielokątów) do ośmiu na obwodzie, sześciu na wysokości i jednego w podstawach.



### Nacięcie w górnej podstawie

W celu wykonania wytłoczenia we wnętrzu kubka, dokonujemy nacięcia w górnej podstawie w odległości odpowiadającej grubości ściany kubka do kawy.



### Wytłoczenie wnętrza kubka

W kolejnym etapie wykorzystamy algorytm „extrude” w celu wytłoczenia wewnętrznej części kubka – zrobimy to w trzech krokach – pod koniec zastosujemy algorytm „Hyper NURBS”, który wygładzi bryłę obiektu w oparciu o gęstość nacięć.



### Wyciągamy ucho

Wyberzemy dwa poligony na powierzchni bocznej bryły i zastosujemy algorytm „extrude” w celu wyciągnięcia elementów, które staną się docelowo uchem kubka do kawy. Zrobimy to w kilku krokach, a końcowe poligony obrócimy tak, aby się „widziały”.



### Mostkowanie ucha

Złączenie odpowiednich poligonów w uchu kubka jest możliwe dzięki algorytmowi mostkowania (Bridge). Wskażemy dwa poligony i zastosujemy ten algorytm, w celu ich połączenia.



### Kubek do kawy jest gotowy

Na zakończenie wykorzystamy algorytm „Hyper NURBS” w celu wygładzenia krawędzi modelu. W podobny sposób budujemy także bardziej skomplikowane i złożone obiekty. Zajmuje to, zwykle, więcej czasu, ale sam proces modelowania nie różni się od zaprezentowanego wyżej.

Gdy modele wszystkich obiektów sceny są już gotowe przystępuje się do kolejnego etapu, którego zadaniem jest przygotowanie materiałów. Uzyskanie dobrego efektu końcowego, w znacznym stopniu, zależy od tego właśnie etapu. Opracowanie materiałów sprowadza się do dwóch czynności:

- przygotowania tekstur – zdjęć pokrywających powierzchnie modeli,
- konfiguracji parametrów optycznych, które pozwalają nadać modelom realistyczny wygląd.

Przygotowanie tekstur sprowadza się do odpowiedniej obróbki zdjęć, które posłużą w dalszym etapie do pokrycia modeli trójwymiarowych. Proste modele pokrywa się materiałami z wykorzystaniem odwzorowania sferycznego, cylindrycznego lub kubicznego. Bardziej złożone bryły wymagają „ręcznego” wskazania przekształcenia elementów obrazka w przestrzeń modelu trójwymiarowego, tzw. mapowania UV.



Dziś już pakiety graficzne mają rozbudowane edytory materiałów, w których można dowolnie je konfigurować w zakresie właściwości optycznych. Odpowiednie parametry umożliwiają realistyczne odwzorowanie tworzyw sztucznych, metali, szkielek, materiałów porowatych itd. Przy generowaniu obrazów uwzględniane są takie zjawiska jak odbicie i załamanie światła.



Kolejnym etapem opracowania foto-realistycznej grafiki komputerowej jest konfiguracja oświetlenia i rendering. Najpopularniejszym algorytmem wizualizacji jest śledzenie wiązek promieni świetlnych. Jednak najlepsze efekty końcowe daje wykorzystanie algorytmu energetycznego, którego zasada, w dużym skrócie, sprowadza

się do potraktowania wszystkich obiektów w scenie jako małych świateł o różnych właściwościach. Taki model oświetlenia w największym stopniu jest zbliżony do światła rzeczywistego. Algorytm ten jest na tyle złożony obliczeniowo, że niekiedy generowanie jednego obrazu trwa kilka godzin. Bardzo często oblicza się takie grafiki wykorzystując obliczenia równoległe w sieci komputerowej, na kilkudziesięciu maszynach jednocześnie (tzw. rendering sieciowy).

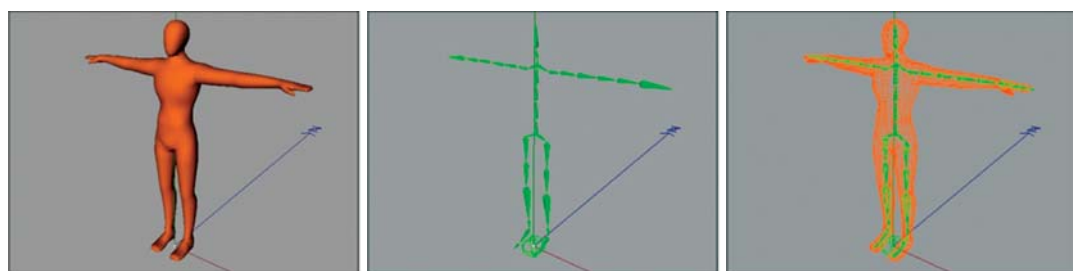
Najnowszym osiągnięciem w tej dziedzinie są tzw. mapy oświetlenia HDRI, które pozwalają budować modele oświetlenia oddające charakter otoczenia, w jakim umiejscowione są obiekty. Często ten sam model oświetlony różnymi mapami HDRI wygląda zupełnie inaczej – bardziej wkomponowuje się w otoczenie, co ma duże znaczenie przy tworzeniu tzw. kompozycji, w których modele 3D są umieszczane na zdjęciach fotograficznych.



Czasami chcemy uzyskać obrazek, który wygląda nie jak zdjęcie fotograficzne, ale jak narysowany ołówkiem, czy kredkami. Nowoczesne pakiety graficzne mają zaimplementowane algorytmy, które umożliwiają taki specyficzny rendering scen wykonanych w środowisku trójwymiarowym.



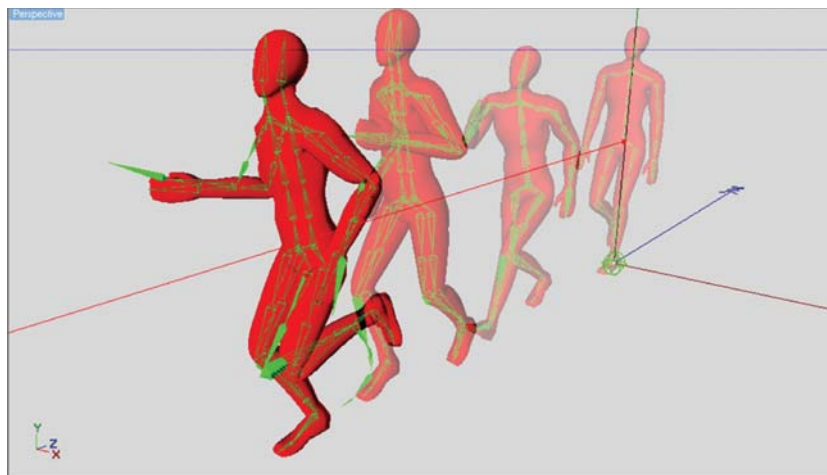
Etap modelowania obiektów trójwymiarowych jest nieco trudniejszy, gdy obejmuje przygotowanie modeli postaci, które będą w dalszej pracy, animowane. Standardowe postępowanie polegające na wykonaniu trójwymiarowego bohatera musi być rozszerzone o opracowanie tzw. „szkieletu”. W tradycyjnej animacji kukielkowej lalki zawierały w swoim wnętrzu druciany szkielet o specjalnych właściwościach, umożliwiających trwale ich odkształcanie. W wirtualnym środowisku jest bardzo podobnie. Budujemy model postaci (najczęściej techniką polimodelingu) oraz specjalną konstrukcję pomocniczą (szkielet), który w późniejszych etapach pracy umożliwi „pozowanie” bohatera, czyli ustawianie go w określonej pozycji. Samo przygotowanie szkieletu nie jest zbyt trudne, ale na etapie podłączenia go do modelu postaci grafik musi określić warunki graniczne dla poszczególnych kości tworzących szkielet oraz skonfigurować sposób oddziaływania kości na model obiektu (tzw. rigowanie).



Wprawienie wirtualnego bohatera w ruch wymaga zastosowania jednej z dwóch technik animacyjnych:

- tradycyjnej animacji szkieletowej,
- animacji z wykorzystaniem danych „motion capture”.

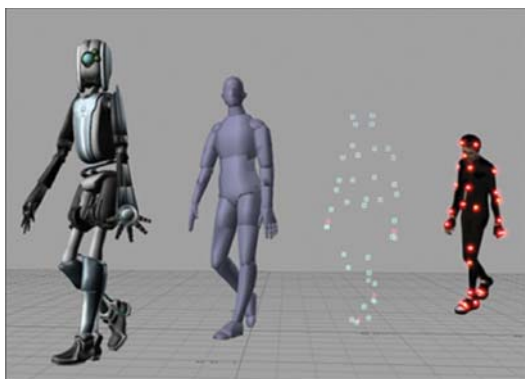
W pierwszym przypadku komputerowy animator postępuje bardzo podobnie jak animator tradycyjny. Pozuje bohatera ustawiając poszczególne kości szkieletu cyfrowej postaci w określonej pozycji i zapamiętuje te pozy w czasie. Nie musi tego robić w każdej klatce animacji, ponieważ środowisko graficzne posiada algorytmy, które „upłynniają” ruch poprzez interpolację położenia kości szkieletu w klatkach pośrednich. I tym tylko różni się animacja komputerowa od tradycyjnej, poklatkowej, animacji kukielkowej. Ten proces jest bardzo żmudny – uzyskanie realistycznych ruchów wirtualnych bohaterów jest bardzo trudne i wymaga ogromnego nakładu pracy. Jest to związane z tym, że od animacji komputerowych oczekuje się więcej niż od tradycyjnych animacji poklatkowych – mamy wspomaganie komputerowe – jest łatwiej, więc i efekty muszą być lepsze.



Proces animacji postaci, w znacznym stopniu, skraca i upraszcza zastosowanie technologii „motion capture”. Technika ta opiera się o specjalne kombinezony, w które ubrani są aktorzy. To ludzie „odgrywają” sekwencje ruchów bohatera – szereg czujników rozmieszczonych na ich powierzchni pozwala zapisywać położenie poszczególnych kości w pliku. Takie dane, po odpowiedniej obróbce, są ładowane do środowiska graficznego i podłączone pod wirtualny szkielet bohatera. W efekcie uzyskujemy stosunkowo szybko animacje komputerowe, a ruchy postaci są bardzo realistyczne („zdjęte” z żywych aktorów).



źródło: [www.joshuadavidbrown.com](http://www.joshuadavidbrown.com)



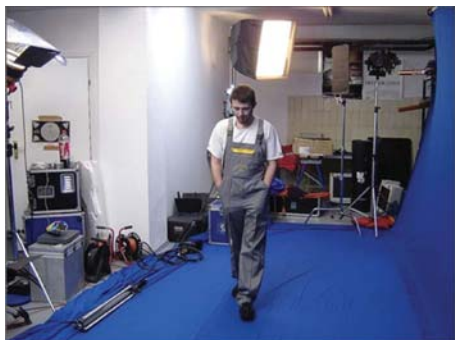
źródło: [stevenhomartialarts.com](http://stevenhomartialarts.com)

Dzisiejsze techniki umożliwiają realizację animacji komputerowych do złudzenia przypominających tradycyjne ujęcia filmowe. Reżyserzy bardzo często korzystają z możliwości łączenia obu światów: tego rzeczywistego, zarejestrowanego



tradycyjną kamerą filmową ze światem wirtualnym, który powstaje w studiach specjalistycznych firm zajmujących się efektami specjalnymi. Czasem jest tak, że w tle znajduje się rzeczywisty krajobraz, a bohaterowie są wirtualni, a często odwrotnie – w ujęciach zastosowano wirtualną scenografię, a aktorzy pozostali tradycyjni.

Łączenie świata rzeczywistego ze światem wirtualnym umożliwia technika określana terminem „blue box” lub „green box” (podstawowa technika wykorzystywana przy realizacji efektów specjalnych w filmach). Zdjęcia filmowe aktora rejestruje się na specjalnym tle – jest ono koloru niebieskiego lub zielonego. Bardzo ważne jest ustawienie oświetlenia – tak, aby na kolorowych ekranach umieszczonych za człowiekiem nie powstawały cienie i przebarwienia. Dziś już produkowane są nawet specjalne farby, które w odpowiedni sposób rozpraszają światło. Proces ten w praktyce może wyglądać tak jak na poniższych fotografiach.



Równoległe tworzona jest wirtualna scenografia. W kolejnym etapie łączy się ujęcia wykonane kamerą filmową z grafiką komputerową, w ten sposób, że niebieski kolor jest zastępowany przez obrazy wygenerowane komputerowo. Po takim zabiegu żywy aktor znajdzie się w wirtualnym świecie – zatarta zostanie granica pomiędzy tym co rzeczywiste, a tym co stworzone w wyobraźni grafików komputerowych. Ta technika pozwala reżyserom realizować ujęcia, o których jeszcze kilka lat temu mogli tylko pomarzyć.



Artykuł jest próbą zaprezentowania możliwości wizualizacji realizowanych w środowisku trójwymiarowym. Warto zdawać sobie sprawę, że dziś jesteśmy w stanie generować cyfrowe obrazy bardzo zbliżone jakością do zdjęcia fotograficznego. Przemysł filmowy coraz częściej sięga do tych nowoczesnych technologii – pozwalają one reżyserom realizować wizje, które jeszcze kilka lat temu były tylko marzeniami. Najlepszym przykładem jest film „AVATAR”, który pobił wszelkie rekordy oglądalności. Reżyser (James Cameron) wymyślił scenariusz już kilka lat temu, ale dopiero dziś komputery osiągnęły wystarczającą moc obliczeniową, aby zrealizować jego wizję. Warto nadmienić, że około 60% scen w tym filmie jest w całości zrealizowanych w cyfrowym środowisku trójwymiarowym. Na potrzeby produkcji filmu znana firma NVIDIA zbudowała specjalny super-komputer o potężnej mocy obliczeniowej (kilka tysięcy procesorów wyspecjalizowanych w obliczeniach graficznych), który umożliwił przeliczenie wszystkich grafik. W tym projekcie zastosowano innowacyjny algorytm rozpoznawania mimiki twarzy – dzięki temu cyber-aktorzy uewnętrzniają emocje jak żywi ludzie...

Rodzi się pytanie... Czy tradycyjne kino z udziałem żywych aktorów za jakiś czas stanie się już tylko jednym z rozdziałów w historii ludzkości... Uważam, że tak – wkrótce technologia osiągnie taki poziom, że filmy będą realizowane wyłącznie w cyfrowym środowisku programów graficznych. To, że tak się stanie jest prawie pewne – kwestią dyskusyjną jest tylko jak szybko to się wydarzy...

## Literatura

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

Większość wykorzystanych w artykule grafik powstała na zajęciach Koła Grafiki i Animacji Komputerowej 3D WWSI ([www.grafika3d.wysi.edu.pl](http://www.grafika3d.wysi.edu.pl))