

Modelovací postupy pro trojrozměrnou vizualizaci

Tomáš Podoba

ABSTRAKT

Abstrakt česky

Cílem bakalářské práce je seznámení potencionálního čtenáře s dostupnými modelovacími postupy pro trojrozměrnou vizualizaci.

V první, teoretické části, je vyličen postupné zrození počítačové grafiky od poloviny minulého století až po nynější. Dále je počítačem generovaná grafika představena, jakožto silný a mnohdy nezbytný nástroj operující v mnoha odvětvích lidské činnosti. Závěr teoretické části je věnován popisu dostupných modelovacích technik.

Obsah praktické části je soustředěn na vizuální demonstraci teoreticky popsaných modelovacích technik a algoritmů. Zde je vytvořeno několik názorných příkladů použitých technik včetně dvou složitějších modelů s materiálovým nastavením.

Abstrakt ve světovém jazyce

The main objectives of my bachelor work is familirization possible readers with available rendering methods used in 3D visualisation.

In the first teoretical part is described step-by-step born of computer graphics since the half of the last century. Next the computer-generated graphics shown as a powerful and many times essential tool operating in a lot of sectors of human activities. The end of teoretical part is devoted to describing of available rendering techniques.

Content of the practical part is focused on a visual demonstration of the theoretically described rendering techniques and algorithms. There are created some vivid examples of used techniques including two more complicated models/patterns with material settings.

V rámci bakalářské práce bych chtěl poděkovat panu Ing. Pavlu Pokornému, Ph.D., za všechny rady, připomínky a materiály, které mi velmi pomohly při sestavování této práce, dále grafikům Martinu Forgáčovi ([Rebro]) za hodnocení a metodickou podporu a Tomáši Zahradníčkovi (zelgaris) za nakreslení 2D skic. Děkuji také mým přátelům, obzvláště studentům Ladislavu Běhalovi a Dušanu Kopeckému, kteří mi pomáhali s vnitřní pohodou a relaxací, potřebnou k dokončení práce.

A obzvláště rodičům, že jsem mohl díky jejich podpoře bakalářské práce dosáhnout.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 10. 06. 2005

.....

jméno diplomanta

OBSAH

OBSAH	5
ÚVOD.....	7
I. TEORETICKÁ ČÁST	9
1 CGI HISTORIE.....	10
1.1 RESUMÉ.....	10
1.2 1950 - 1969	10
1.3 1970-1979.....	13
1.3.1 Historie CGI konvice	14
1.4 1980-1989.....	15
1.5 1990-1999.....	18
1.6 2000-2005.....	20
2 PŘÍNOS A VYUŽITÍ 3D POČÍTAČOVÉ GRAFIKY	22
2.1 VYUŽITÍ 2D GRAFIKY POMOCÍ 3D.....	22
2.2 REKLAMA A 3D GRAFIKA	23
2.3 3D GRAFIKA A VIZUALIZACE.....	24
2.3.1 Všeobecný postup při vizualizaci.....	24
2.3.2 Metody renderingu	25
2.3.3 Zobrazovací rovnice	26
2.4 UŽITÍ 3D GRAFIKY V OBORECH.....	27
2.5 3D GRAFICKÉ PROGRAMY	28
2.6 SROVNÁNÍ VYBRANÝCH 3D PROGRAMŮ	30
2.6.1 3D studio max 7.5	30
2.6.2 Cinema 4D	33
2.6.3 Maya.....	37
2.6.4 Blender 3D	41
3 DOSTUPNÉ MODELOVACÍ TECHNIKY	44
3.1 KONSTRUKTIVNÍ PROSTOROVÁ GEOMETRIE	44
3.1.1 Sjednocení objektů	45
3.1.2 Sloučení objektů.....	46
3.1.3 Průnik těles.....	46
3.1.4 Rozdíl těles.....	46
3.2 NURBS.....	46

3.3	POLYGONÁRNÍ MODELOVÁNÍ OBJEKTŮ	47
3.3.1	Polygon.....	47
3.3.2	Editace polygonů	48
3.4	SUBDIVIZIONÁLNÍ MODELOVÁNÍ.....	48
3.5	IMPLICITNÍ MODELOVÁNÍ.....	49
II.	PRAKTICKÁ ČÁST	50
4	DEMONSTRACE MODELOVACÍCH TECHNIK	51
4.1	KONSTRUKTIVNÍ PROSTOROVÁ GEOMETRIE	51
4.1.1	Sjednocení objektů	51
4.1.2	Sloučení objektů.....	52
4.1.3	Průnik objektů (těles)	52
4.1.4	Rozdíl těles.....	53
4.2	NURBS.....	53
4.3	POLYGONÁRNÍ MODELOVÁNÍ.....	54
4.4	SUBDIVIZIONÁLNÍ MODELOVÁNÍ.....	56
4.5	UNIVERZÁLNÍ MODELOVACÍ METODA	57
5	SLOŽITEJŠÍ PRAKTICKÉ MODEL Y	58
5.1	ÚTOČNÝ BROUK	58
5.2	MECHANICKÝ VÁLEČNÝ STROJ	60
	ZÁVĚR	63
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	64
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	65
	SEZNAM OBRÁZKŮ	66
	SEZNAM PŘÍLOH.....	68

ÚVOD

Doba, kdy se grafika jako umělecké pojetí začala dostávat do hlubšího podvědomí lidí, sahá do dávných let pravěku. Už člověk neandrtálský vnímal grafické obrazy jako řeč, kterou lze popisovat minulost, přítomnost či budoucnost. A vůbec si neuvědomoval jaký význam bude mít pro následující generace. Díky grafice se dnes snáze vyprávějí příběhy, neboť pohledem na malby, jež sebou nesou děj, se člověku otevře i zapomenutá kniha.

Není tomu tolik let, co vznikl osobní počítač. S jeho příchodem se pro lidi naskytla neskutečná sféra možností jak naložit s informacemi nejen v podobě tištěné, nýbrž digitální. Zprvu to bylo těžké, zdouhavé a drahé, avšak postupem času díky neskutečnému vývoji mikroelektroniky, se stal počítač nezbytnou pomůckou a dnes už standardním vybavením domácnosti. S vývojem počítačů se samozřejmě vyvíjelo i umění, které je s ním úzce spjato, a vznikl termín počítačová grafika, jež nám definuje promítání lidské vizuální kreativity na obrazovky monitorů.

Na začátku nebyla obyčejnými lidmi či klasickými malíři počítačová grafika pro svou dokonalost příliš pochopena. A tak sklízela úspěch v rámci vědního a průmyslového odvětví. Postupem času, především díky rychlé modernizaci, vznikají vyspělé moderní nástroje, které dokáží nahradit klasické „plátnové“ chápání grafiky. Vznikají první sofistikované 3D programy. Noví mladí umělci kybernetického umění se pomocí nich odváží vstoupit na hranice své fantazie. Vznikají krásná umělecká díla, reálné simulace krajin, zvíře, honosných staveb či sci-fi náměty vzdálené budoucnosti.

Své uplatnění nalézá počítačová grafika téměř ve všech odvětvích a stává se součástí každodenního života lidského jedince. Pokud člověk nežije čistě z darů přírody a v ní a podívá se kolem sebe, nalezne alespoň jeden grafický motiv vytvoření pomocí moderních metod počítačem generované grafiky.

Obsah práce bude soustředěn především na 3D počítačovou grafiku, která má ovšem své uplatnění i v 2D grafice a nejen jí. Součástí je popis současných dostupných modelovacích

metod. Téma prostorové grafiky je natolik obsáhlé, že není možné ji shrnout do jedné bakalářské práce ani tlusté knihy, protože svou variabilitou a flexibilitou se každým okamžikem mění.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CGI HISTORIE

1.1 Resumé

CGI (Computer Generated Images) – počítačová grafika, nebo chcete-li počítačem generované obrazy, mají hluboké kořeny jež počátky zasahují až do padesátých let minulého století. Je třeba si uvědomit, že se pohybujeme v dobách, kdy se u nás teprve začalo experimentovat s televizním vysíláním (první vysílání z Měšťanské besedy se uskutečnilo 1.5.1953) a vše, co se techniky týče, bylo pouze „přísné“ analogové na bázi staříčkových elektronek a prvních pokusů s tranzistory, které se začaly průmyslově vyrábět až po roce 1948. Postupně vás seznámím s vývojem počítačové grafiky, tak jak ji určitě neznáte – od kolébky, přes první krůčky až do zralé dospělosti.

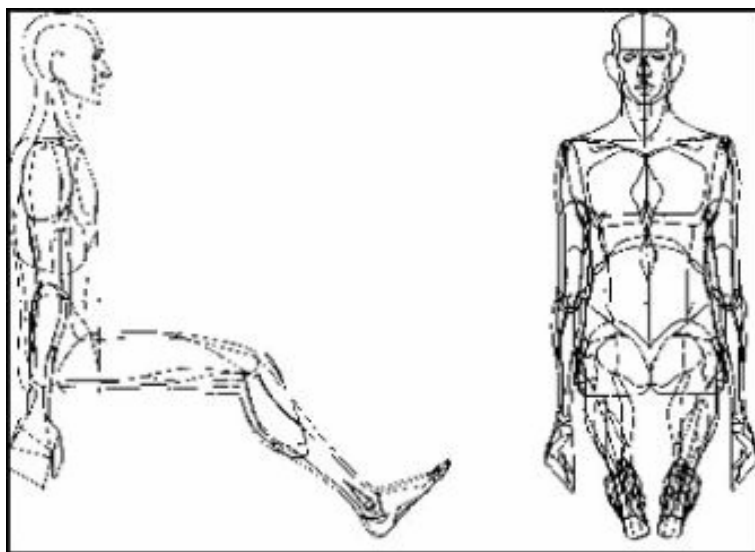
1.2 1950 - 1969

Vůbec první vizuální grafický obraz generovaný počítačem vytvořil v roce 1950 Ben Laposky. Po zhlédnutí by se vám mohlo zdát, že je obraz směsice rozmazaných bodů, ale není tomu tak. Laposky využil analogového osciloskopu, pomocí něhož vytvořil z částí světélkujících bodů obraz, který zaznamenal na vysokorychlostní film a fotografie, které nazval *oscilony*. Jak je všeobecně známo, osciloskopy jsou obvykle používány pro měření elektrických signálů a dalších fyzikálních stimulů, jako jsou zvuky nebo světelné vlny. Navíc jsou využívány v mnoha variacích, avšak Laposky byl první kdo využil osciloskopu k vytvoření vizuálního obrazu jakožto umělecké dílo.



Obr. 1. Oscilon č.4, 1950

O deset let později co Laposky vytvořil první *oscilon*, muž jménem William Fetter definoval termín „počítačová grafika“, aby mohl popsat své vlastní dílo: vůbec první počítačem vygenerované obrázky lidského tvora (Obr. 2). Fetter, pracující jakožto zaměstnanec letecké společnosti Boeing, vlastně hledal způsob, jak navrhnout pilotovu kabinu aby byla co nejefektivnější svým rozložením. Kresby a termín „počítačová grafika“, které předložil, jsou dodnes považovány za výchozí body éry počítačové grafiky.



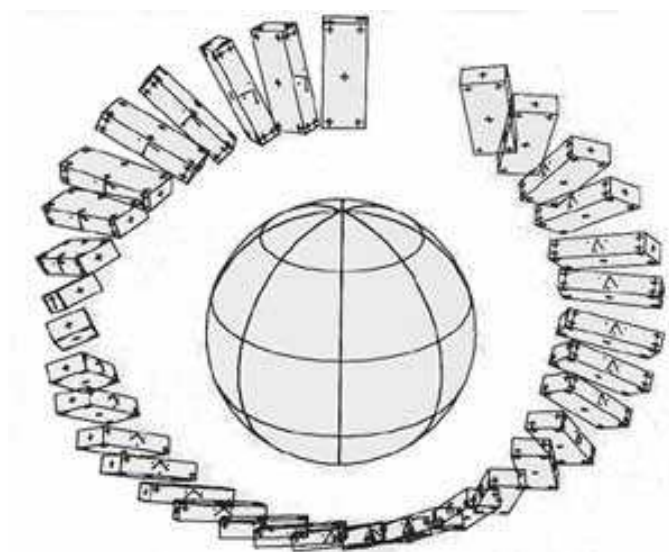
Obr. 2. Člověk v kokpitu letadla - William Fetter, 1960

Skutečný pokrok v počítačové grafice způsobil až student jménem Ivan Sutherland. V roce 1961 naprogramoval aplikaci určenou pro kresbu grafiky jež nazval *Sketchpad*. S použitím světelného pera, které bylo vyvinuto v roce 1955 ve firmě SAGE systéme v Lincolnových laboratořích, kreslil na obrazovku počítače jednoduché křivky a obrazce. Konstrukce světelné pera nebyla nikterak složitá (příloha PI.). Na hrotě pera byl umístěn fotoelektrický článek, který emitoval elektrické impulsy. S každým impulsem se na obrazovku elektronovým dělem vystřelil elektrický náboj. Ten měl za následek vysvícení daného bodu. Počítač si pak pamatoval v jakém pořadí a kde byly emitovány impulsy.

Posledními dvěmi zajímavostmi, které se udály v téže roce co Suthlerland demonstroval použití *Sketchpadu* tj.v roce 1963, je v bezesporu vůbec první dochovaný počítačem generovaný film od Edwarda Zajace (Obr. 3) a vydání prvního komerčního CAD (Computer Aires Design) systému DAC-1, který byl vyvinut již v roce 1959 firmou IBM

pro dřívějšího velkovýrobce automobilů General Motors. V aplikaci DAC-1 se již skutečně jednalo o 3D zobrazení podobné CAD systémům, které známe dnes.

Edward Zajac pracoval jako výzkumník v Bell Telephone Laboratory (BLT) a svůj film nazval „Simulation of a two-giro gravity attitude control system“. Film demonstroval způsob, jakým by mohly satelitní družice obíhat kolem planety Země. Animace byla vytvořena na počítači IBM7090.



Obr. 3. 1.dochovaný 3D film - Edward Zajac, 1963

V následujícím roce představila firma IBM svůj první „stolní“ počítač IBM, který pracoval v přísně textovém režimu a kromě obrazovky a klávesnice se skládal z mnoha desítek kilogramů těžké bedny, která na obrázku ani není celá vidět. Pro zajímavost uvádím zaváděcí cenu toho přístroje, jež stála 125,000\$ (tj. v přepočtu na dnešní kurz okolo 2,5 milionu korun českých).

V téže roce (1964) byl také vyvinut první tablet RAND, komerčně známý pod názvem Grafacon. Nákupní cena tohoto tabletu byla v době uvedení 18,000\$.

O dva roky později v roce 1966, vzniká pod záštitou Sanders Associates první domácí video hra. Autorem počítačové hry, ve které hráč pohyboval svítícími body po obrazovce monitoru, byl Ralph Baer a jmenovala se Odyssey (Odyssea). Jednalo se o první spotřebitelský počítačovou grafikou generovaný produkt.

V následujících čtyř letech vznikaly nové asociace, projekty a sdružení zabývající se využitím počítačové grafiky. Přesto bych se ve stručnosti o pár zajímavých zmínil. Mezi nejvýznamnější považuji vyvinutí prvního barevného *real-time* (zpracování v reálném čase) interaktivního leteckého simulátoru pro NASA panem Rod Rougeletem. Dále start dvou firem vyrábějící mikroprocesory – Intel a Xerox, přičemž firma Xerox vyvíjí první graficky přijatelnější interface pro ovládání počítače (GUI - Graphical User Interface), který se podobal prvním systémům Windows vycházejícím o mnoho let později.

1.3 1970-1979

Počátkem nového desetiletí se počítačová grafika dostala na úroveň, kdy začala být používána ve světových televizích. Společnost Computer Image Corporation (CIC) v té době vyvinula komplexní hardwarové a softwarové systémy jako ANIMAC, SCANIMATE a CAESAR. Všechny tyto systémy vycházely z existence již nakreslených obrazů. Ty se pomocí skenerů sejmuly a s pomocí různých deformačních a pohybových funkcí manipulovaly na obrazovce televize. Tyto technologie zpracování počítačové grafiky využívaly především společnosti Bell Telephone a CBS Sports.

Asi největším technologickým převratem v lidské historii je (od objevení kola) vynález mikroprocesoru – malé křemíkové destičky, která dokáže zvládnout miliony operací za vteřinu a nahradit tak velké a pomalé tranzistory. Tímto trendem, vývojem mikroprocesorů, se společnost zabývá až do dnes, avšak v době sedmdesátých let se jednalo o převratovou záležitost. V roce 1971 firma Intel představuje svůj čtyřbitový mikroprocesor označovaný jako Intel 4004. O rok později osmibitový 8008 a konečně v roce 1974 Intel (Zilog) 8080 též 8-bitový procesor a definitivně tak určuje další běh dvacátého století – start a vývoj tak rychlý, že nemá v celé lidské historii obdoby. Již za jediný rok klesá díky mikroprocesoru výrobní cena počítačů tak, že nástupce počítače Alto – Altaje 8800 – založený na Intel 8080, taktovaného na celé 2 MHz a s operační pamětí 256 Bytů – stojí již pouze okolo 500\$.

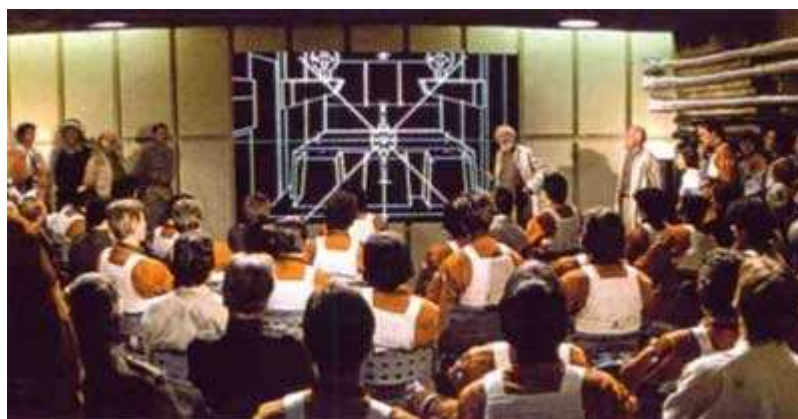
V témže roce (1975), kdy založil Bill Gates malou firmičku Microsoft, začínající vyvíjet operační systém MS-DOS, vytváří Martin Newell z Utahu první CGI obraz „Čajová

konvice“, která se stává i jakýmsi symbolem CGI grafiky (například v 3ds max je konvice vedle koule a krychle jedním ze základních objektů). A právě historii vzniku konvice bych rád rozvedl, protože je opravdu symbolem 3D grafiky ve všech sférách.

1.3.1 Historie CGI konvice

Originál počítačové konvice vymodeloval v roce 1974 Martin Newell a vyrenderoval (vykreslil) Jim Blinn. Utahská konvice (tak často bývá nazývána) byl první grafický počítačový objekt navržený a *renderovaný* jako soubor několika polygonů (mnohoúhelníků). K vytvoření konvice byl použit speciální program vycházející z bikubických *Bezierových* křivek [4]. Po mnoho nadcházejících let se stal model originální konvice jakýmsi výzkumným objektem, na němž se testovaly různé konstrukční algoritmy a *renderovací* metody. Není proto divu, že se Utahská čajová konvice stala onou ikonou 3D grafiky pro nadcházející etapy, jako např. symbol SigGraphu¹ v Bostonu roku 1989. Originální psychický model je možno zhlédnout v Bostonském muzeu počítačů.

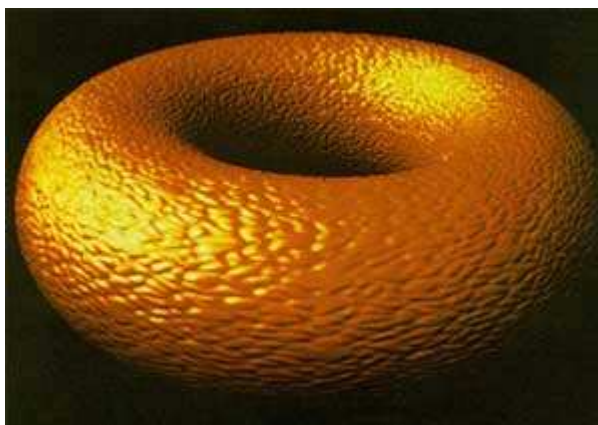
V roce 1977 představuje firma JVC nový systém videa VHS (Video Home System) a George Lucas ve svém filmu Hvězdné války (Obr. 4) používá počítačově generovanou animaci pro briefing před útokem na Hvězdu smrti – zatím se jedná pouze o jednoduché vektory bez textur. Autem animace byl Larry Cuba.



Obr. 4. Star Wars - Larry Cuba, 1977

¹ SigGraph je název každoročně pořádané konference zabývající se počítačovou grafikou organizovanou společností ACM Siggraph. První Siggraph se konal v roce 1974. V rámci konference se setkávají desítky tisíc počítačových profesionálů z celého světa, přičemž poslední byla Los Angeles. Siggraph se pořádá výhradně v USA

V sedmdesátém osmém roce při příležitosti konání páté Siggraph konference, představuje James F. Blinn první algoritmus, který definitivně zbavuje 3D modely jejich nepřirozené lesklosti a vyumělkovanosti. Jedná se o tzv. *Bump mapping* (Obr. 5). Díky této inovaci je možné na modely vytvořené ve 3D aplikovat kromě barevné textury i texturu, která určuje hrubost (bump) povrchu.



Obr. 5. První Bump mapping, 1978

James F. Blinn nebyl v tomto desetiletí jediný, kdo představil nové užitečné techniky v počítačové grafice. Mezi další významné osobnosti mimo jiné patří:

- Gouraud (1971) – Diffuse lighting (kontinuální stínování zakřivených ploch)
- Phong (1974) – Specular lighting (metoda stínování)
- Catmull (1974) – Z-buffer (algoritmus pro zobrazování zakřivených ploch)
- Blinn (1976) – Reflectance and environment mapping
(mapování 2D mapy na 3D objekty)
- Crow (1977) – Anti-aliasing (efektivní metoda zaoblení hran)

1.4 1980-1989

Nové objevy vykristalizovaly na svět vždy s příchodem další konference Siggraph a v roce 1980 tomu bylo stejně. Loren Carpenter z letecké společnosti Boeing sídlící v Seatlu, zde představil úžasný film pojmenovaný „Vol Libre“. Jednalo se o počítačem generovaný vysokorychlostní let nad drsnými fraktálovými horami. Základem jeho práce bylo bedlivé nastudování Mandelbrotova výzkumu fraktálu, které převedl do počítačem generované reálné fraktálové krajiny.

V roce 1980 vyvíjí pan Turner Whitted v laboratořích Bell první algoritmus na *raytracing* (Obr. 6). Jedná se o zdokonalený způsob *renderování*, kdy je složitou matematickou formulí „sledován“ přesný průnik světelného paprsku objekty a jeho odrazy. Výsledkem jsou věrné simulace lomů světla, které prochází kapalinou, sklem nebo jakýmkoli jiným objektem.



Obr. 6. Raytracing, 1980

V téže roce se na světovou scénu počítačové grafiky dostali díky podpoře nového produkčního šéfa Disney - Toma Wilhiteho, dva doposud neznámí umělci - Steven Lisberger (tradiční animátor) a Donald Kushner (filmový právník). Jejich snem bylo vytvoření filmu odehrávajícího se uvnitř fantasy smyšleného světa videohry. Po té co s neúspěchem obešli několik filmových společností v Los Angeles, dostali překvapivě zelenou právě u Disney.

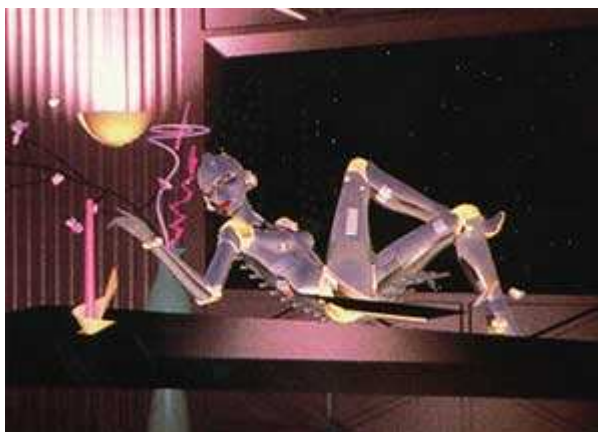
Výsledkem se stal první celovečerní film Tron, kde se již ve velké míře používá kombinace 3D grafiky s reálnými herci. Tento film, ač se honosí prvenstvím ve svém oboru, propadl a dnes je již téměř zapomenut. Náklady tohoto filmu se vyšplhaly až na částku 20 miliónů dolarů.

O dva roky později vzniká podobný sci-fi snímek, nesoucí název „The Last Starfighter“. I přes technicky dokonalejší provedení, propracovanější počítačové efekty a cenu 21 milionů dolarů obdržel film hodnocení „B“ a stále nebyl Hollywoodskými kritiky přijímán pozitivně.

Významným rokem v zakládání dnes globálně známých firem byl rok 1982. Jména výrobců profesionálních software jako jsou Silicon Graphics, AutoDesk (CAD systémy) nebo Adobe (PhotoShop, Illustrator) jsou jistě známy všem lidem zabývajícím se grafikou a nejen jí.

V roce 1983 byl panem Wiliamem Reevesem, pracujícím pro Lucasfilm, představen Particle Systems (částicový systém) – modelovací technika tříd neurčitých objektů. Ve stejném roce vychází film *The Last Starfighter*, Autodesk uvádí svůj první počítačový CAD systém a vzniká firma Alias (Maya).

Rok 1984 je obdobím prvních reklam ve 3D, jimž vévodí Robert Able a jeho počítačem generovaný třicetisekundový „Sexy robot“ (Obr. 7).



Obr. 7. Sexy robot, 1984

I firma Lucasfilm sazí na rozvíjející se fenomén 3D grafiky a produkuje svůj první krátký animovaný film „*The Adventures of Andre and Wally B.*“ (Dobrodružství Andre a Wallyho B.). Tento, ale i ostatní krátké animované filmy jsou dostupné na [2].

O dva roky později zakládá Daniel Langlois společnost Softimage, která dodnes produkuje stejnojmenný vynikající 3D program. Softimage byl například využit v českých filmech „*Princezna ze mlejna*“ nebo „*Tmavomodrý svět*“. Animační studio Pixar bylo jakožto první studio tvořící krátké počítačové animace navrženo na Oskara za snímek „*Luxo Jr.*“, který si firma později zvolila za své logo. Ve stejném roce vzniká firma Caligari Corporation, tvůrce animačního programu TrueSpace.

V roce 1988 si nechává společnost Pixar patentovat název Renderman, což je standart popisující co vše potřebuje počítač vědět, než začne *renderovat* finální 3D scénu – vlastnosti, rozměry a polohy objektů, světelné zdroje, kamery, atmosférické efekty atd.

Kompletní scéna se pak překonvertuje do speciálního Renderman souboru, který může být vyrenderován na různých systémech, od Macintosh, PC až po Silicon Graphics pracovní stanice. Právě zavedení tohoto standartu otevřelo brány kompatibility pro vývojáře 3D programů. V současné době jsou proto vývojáři povinni produkovat své modelovací systémy dle stanov Rendermanu. Ve stejném roce Pixar konečně vyhrává Oskara za film Tin Toy.

V posledním roce tohoto desetiletí vychází silný 2D grafický program z dílen Adobe – Adobe Photoshop a nový *renderovací* nástroj Mental Ray, který byl později začleněn do programů LightWave (1992), Softimage (1993) nebo Maya (2002).

1.5 1990-1999

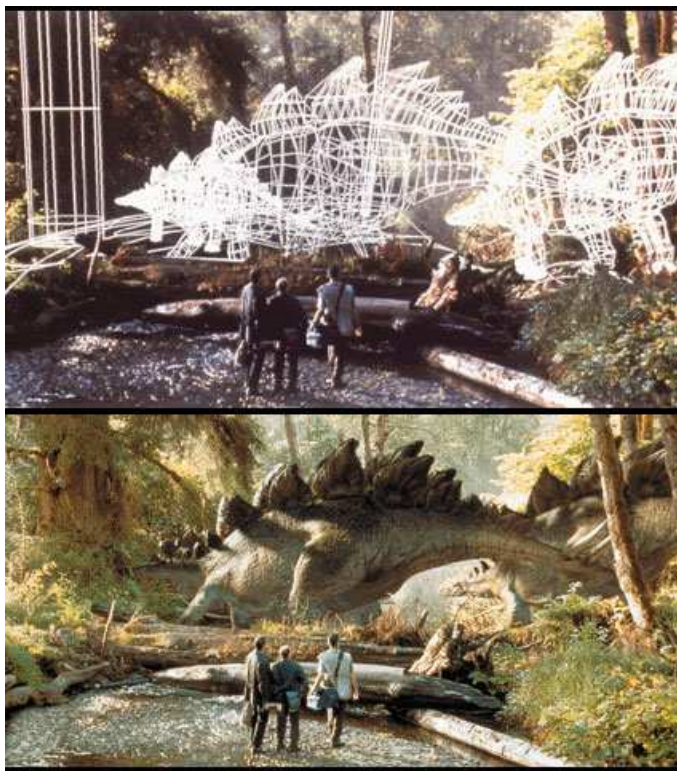
V devadesátých letech pokročila 3D grafika dopředu takovou rychlostí, jež nemá obdoby. Na začátku roku 1990 představuje firma Autodesk svůj produkt 3D Studio určený pro operační systém MS-DOS. Jednalo se o první sofistikovanější a ucelenější program na tvorbu 3D grafiky na osobních počítačích, který svou pozici jedničky na poli animačních programů hájil další čtyři roky.

V roce 1991 došlo k vzájemné dohodě mezi animačním studiem Pixar a producentem kreslených filmů Disney. Výsledkem dohody mělo být vytvoření animovaného celovečerního filmu nesoucí název „Toy story“ (Příběh hraček), do doby tří let. U filmu ještě zůstaneme, neboť v témže roce vychází pokračování filmu Terminátor – Terminátor 2: Den zúčtování, který svými propracovanými počítačovými efekty převálcoval doposud všechny existující.

Neznámějším fotorealistickým efektem je vystoupení robota T-1000, alias aminový herec Robert Patrick, z kostkované podlahy. Firma ILM (Industrial Light and Magic) tak ukazuje, jakým směrem se bude v budoucnu ubírat práce trikových specialistů.

O rok později je na trh uvolněn firmou Softimage animační nástroj Softimage|3D pro komerční účely. Ve své době byl nejlepším animačním a *renderovacím* systémem na 3D grafiku, který byl použit právě ve filmech Terminátor 2 a Jurský Park (jehož dinosauři se

proháněly po světových kinech o rok později). Oba filmy spojuje významná firma ILM a v případě Jurského Parku (Obr. 8) samozřejmě režisér Steven Spielberg.



Obr. 8. Jurský Park, 1993

Bezesporu nejvýznamnější událostí roku 1995 je uvolnění celovečerního animovaného filmu „Toy Story“, který se z původních třech let dle dohody protáhl na čtyři roky. Ovšem konečný výsledek nezklamal. 77-minutový film zabral více jak 1 TB (1000 GB) dat a na finální *rendering* bylo potřeba několik vysoce výkonných počítačů, přičemž celková doba *renderingu* bez post-produkce zabrala přes 800,000 hodin. Mimo snímek Toy Story dochází ke sloučení dvou významných společností v branži 3D grafiky – Alias a Wavefront.

O dva roky později vychází nový 3D modelovací program nesoucí název Bryce 3D určený pro PC platformy, avšak rok 1997 je rokem filmů plných úžasných efektů. Mezi nejznámější patří např.: Starship Troopers (uvádějící úžasnou vesmírnou scénérii a výborné modely brouků), 5th Element, Men in Black a především film Titanic. Titanic byl tou neúžasnější ukázkou využití CGI ve filmu. Nejpůsobivějšími efekty byly pro „nezkušené oko“ nerozeznatelné fotorealistické simulace vody, nebe nebo animovaných lidí. Digitální

efekty vytvořené v Titanicu prokázaly, že CGI postupuje svou kvalitou a dokonalostí, od uvedení Jurského Parku, vpřed milovými kroky. Důkazem budiž 10 Oskarů.

V roce 1998 se na trhu objevuje další *high-end* grafický systém Maya od firmy Alias|Wavefront. Jediný Čech pracující ve studiu Pixar, Jan Jaroslav Pinkava, získává Oscara za krátký animovaný film „Geri's Game“ (Obr. 9). Geri's Game vzniká z popudu posunout hranice při vytváření polo-elastických povrchů, jako jsou kůže a textil. Osobnost staříka, který hraje v parku šachy sám proti sobě, tvořila skupina bezmála dvaceti animátorů.



Obr. 9. Geri's Game - Jan J. Pinkava, 1998

V posledním roce desetiletí přichází do kin spousta nových filmů oplývající digitálními efekty (Godzilla, Armageddon, Mravenec Z, A Bugs Life atd.). Na hardwarovém trhu s grafickými kartami panuje boj mezi firmami 3dfx, nVidia a Ati. Grafický svět opouští zakladatel tzv. *Bezierových* křivek - Pierre Bezier.

1.6 2000-2005

V době nového milénia už vývojáři tolik převratných věcí, které měly v minulosti značný význam v pokroku CGI, nevymysleli. Ohromný rozvoj v oblasti osobních počítačů a v dnešní době především grafických karet, sloučí pravděpodobně za čas obě základní sféry 3D grafiky – grafiku *renderovanou* a *real-time*ovou. 3D grafika se v poslední době stává čím dál více populárnější a počet tvůrců každým dnem roste. Stačí se poohlédnout, kolik vychází časopisů a kolik nespočetných textů, tutoriálů a článků bylo o počítačové grafice publikováno.

Filmové efekty jsou natolik dokonalé, že jsou téměř realistické. Vznikají nové matematické formule, které dokáží vypočítat každý odraz a pohlcení paprsků ze světelného zdroje, simulace toku kapalin je možno provádět s téměř molekulovou přesností a atmosférické efekty jsou již na takové úrovni, kdy nerozpoznáte zda ve filmu opravdu prší nebo je to jen počítačový efekt.

Jednou se určitě uskuteční sen všech 3D grafiků – sen, jež umožní všechny *renderované* a připravované scény převést do *real-time*, v níž ani zkušené oko profesionála nepozná rozdíl mezi realitou a počítačovou simulací. A k tomuto snu zatím kráčí několik společností vyvíjející své *high-end* grafické a animační systémy, které si představíme a srovnáme v následující kapitole.

2 PŘÍNOS A VYUŽITÍ 3D POČÍTAČOVÉ GRAFIKY

Oblast 3D počítačové grafiky prochází v současné době prudkým technickým rozvojem. Hnacímotorem tohoto pokroku jsou bezesporu počítačové hry. Díky velikosti trhu s hrami se vyvíjejí stále výkonnější 3D akcelerátory. Výkony v oblasti stovek milionů trojúhelníků za sekundu a datové toky v řádu desítek *gigapixelů* za sekundu již patří k běžným parametrům.

2.1 Využití 2D grafiky pomocí 3D

3D grafika je vynikající nástroj pro vytvoření nejnáročnějších grafických návrhů. Umožňuje navrhnout jednotlivé předměty nebo celé scény, které vypadají jako skutečné. Což v mnoha případech výrazně šetří čas a náklady na návrh. Výhodou je univerzální použití jednou vymodelované scény nebo předmětu. Od www stránek přes tiskoviny, reklamní tabule, auta až po video.

Tvůrci 3D grafických programů již od svých prvních verzích počítali s tím, že bude třeba kooperovat s některými 2D softwary. Pokud spojíme dva pojmy 2D a 3D, většina z nás si představí klasický obrázek, na kterém jsou nakresleny různé prostorové objekty. Mějme však na paměti, že každý 3D model je vlastně strukturální síťovina rozmanitých vektorů a křivek *shapes* či NURBS.

Tyto křivky můžeme pomocí importu převést pro jiné 2D programy, tak abychom s nimi mohli dále manipulovat. V možnostech importování je totiž obsažen i velmi rozšířený 2D vektorový formát a to Adobe Illustrator "*.ai".

3D model lze dále použít pro:

- Tech. ilustrace - obrázek zobrazuje vnitřní konstrukci objektu.
- Animace - názorně ukazuje funkčnost objektu.
- Virtuální modely - objekt reaguje na pokyny uživatele v reálném čase. Může si měnit velikost nebo natočení podle svého uvážení nebo se procházet po virtuální budově (Obr. 10).



Obr. 10. Rodinný dům s prodejnou

2.2 Reklama a 3D grafika

Počítačová vizualizace v současné době představuje velice výkonný prezentační nástroj. Umožňuje představit produkt na monitoru počítače – může jím být stylizované schéma i fotorealistická scéna. Reklama a 3D grafika už jsou dnes velice úzce spjati. Při zaujatém pohledu na některé z reklamních bloků běžících na českých nebo zahraničních televizích zjistíme, že alespoň v jednom případě bylo v pouštěném *spotu* použito vyspělé technologie 3D grafiky. Navíc reklama musí něčím zaujmout. Buď svou nápaditostí nebo originalitou nebo právě provedením. Všeobecně lze 3D grafiku určenou pro reklamní účely využít v:

- Multimediálních 3D prezentacích
- Televizních spotech
- Při tvorbě billboardů
- Kompozice scén
- Virtuálních prezentací ²

² Profesionální virtuální prezentace představí výrobek v trojrozměrném prostředí. Potenciální obchodní partner či zákazník má možnost 3D model libovolně otáčet a detailně přiblížit.

2.3 3D grafika a vizualizace

3D modelování umožňuje zpracovat jakýkoliv předmět do prostoru a také tento předmět použít v celkové scéně nebo ho nechat osamocený. S 3D modelováním je úzce spjat termín vizualizace. Což obnáší jediné a to, že si namodelovaný objekt nebo scénu necháte spočítat algoritmem do skutečného vzhledu. Samozřejmě, že se počítá s nadefinovanými světly a vlastnostmi povrchu použitých na tělesech, vzhledem k jejich odrazu-schopnosti apod.

Počítačové vizualizace se postupují v několika krocích. Nejprve je třeba vytvořit 3D model vizualizovaného objektu. Ten se pak umístí do vhodného programu, vytvoří se tzv. scéna - analogie skutečnosti, a umístí se kamera. V současné době je k dispozici technika i programy, které umožní veškeré vizualizace provádět ve fotorealistické kvalitě - k nerozeznání od skutečné fotografie (Obr. 11). Právě fotorealistické vizuální výstupy jsou dnes vyžadovány především v architektuře a stavitelství. Příkladem budiž billboard nedaleko místa mého studia, na kterém je zobrazeno budoucí nákupní centrum, jež se nyní buduje.

2.3.1 Všeobecný postup při vizualizaci

V bodech lze popsat postup realizace vizualizace následovně:

- Myšlenka
- Nákres (papírový, technický)
- Objednávka u specializované firmy
- Předání podkladů
- Vytvoření 3D modelu
- První korektura (vybrání pohledu kamery, úprava základního vizuálního konceptu)
- Přidání stafáže (keře, nábytek, vozidla apod.)
- Výpočet k cílové kvalitě
- Druhá korektura
- Finální *rendering*
- Tisk, předání, platba



Obr. 11. Příklad vizualizace

2.3.2 Metody renderingu

Metod pro *rendering* realistických scén je několik, avšak všechny musí podléhat standartu Rendermanu (Kap.1.4 - 1980-1989, strana 17) vyvinuté firmou Pixar. Více informací o *renderovacích* algoritmech naleznete [5]. Nejpoužívanějšími technikami jsou:

- Painter's algoritmus
- Scanline algoritmus
- Z-buffer algoritmus
- Global illumination
- Radiosita
- Ray tracing
- Volume rendering

Protože jsou finální výpočty scén mnohdy značně složité, využívá se tzv. síťové *renderingu*, kdy na vykreslování jednotlivých snímků scény pracuje v jednom okamžiku více počítačů. Mezi nepoužívanější *renderovací* software patří:

- RenderMan
- Mental Ray
- Brazil
- Blender (používaný také pro modelování)
- Gelato

2.3.3 Zobrazovací rovnice

Z matematické rovnice *renderingu*, nebo-li vykreslování, vycházejí všechny existující *renderovací* výše uvedené aplikace a má tvar:

$$L_0(x, \vec{w}) = L_e(x, \vec{w}) + \int_{\Omega} f_r(x, \vec{w}', \vec{w}) L_i(x, \vec{w}') (\vec{w}' \cdot \vec{n}) d\vec{w}' \quad (1)$$

Kde vyzařované světlo L_0 je sumou emitovaného světla L_e a odraženého světla. Odražené světlo je suma přicházejících světelných paprsků L_i ze všech směrů, vynásobené indexem odrazivosti povrchu a úhlem odrazu. Výsledkem je univerzální matematická formule, jež nám z kteréhokoliv místa ve scéně vypočítá „světelnou dopravu“ paprsků.

2.4 Užití 3D grafiky v oborech

Počítačová grafika, v našem případě 3D grafika, nachází své uplatnění snad ve všech odvětvích lidské činnosti. Když se podíváme zpět do kapitoly historie a vývoj počítačové grafiky, zjistíme, že první pokusy s prostorovou simulací byly provedeny leteckou společností Boeing. Posléze americkou výzkumnou organizací NASA (National Aeronautics and Space Administration) a postupem času se dostává do všech oborů. Pro některé organizace se stala nezbytnou pomůckou pro jejich existenci. Pro představu uvádím opravdu miniaturní seznam odvětví, ve kterých se 3D grafiky využívá hojným způsobem:

- Architektura
- Armáda
- Automobilové koncerny
- Průmyslový design
- TV a film
- Herní průmysl (Obr. 12)
- Reklama
- Strojírenství
- Umění
- Zdravotnictví



Obr. 12. Herní průmysl - model válečníka

Využití 3D grafiky se nevztahuje pouze na výzkumnou nebo komerční sféru, ale díky své dostupnosti a rozsáhlosti si její taje může poodhalit praktický každý, kdo vlastní „trošku“ výkonnější počítač. Jedinou a pochopitelnou zábranou pro mnohé nejen začínající nadšence je jistě cena profesionálního 3D software. Ale například takový Blender je zcela zadarmo. Na druhou stranu možnosti, nástroje a komplexní zpracování současných programů je na takové úrovni, že jejich cena je adekvátní. Nebude potřebovat kromě volného času, odhodlání, fantazie a literatury nic.

2.5 3D grafické programy

Výběr softwaru je dnes poměrně složitý. Dříve bylo na trhu několik programů, které se značně odlišovaly a každý byl určen pro konkrétní skupinu lidí. Dnes je situace zcela jiná, programy nabízejí srovnatelné funkce a člověk se v současné široké nabídce těžko orientuje, protože sám neví, co přesně má hledat.

Průmyslový designér rozhodně nebude od svého softwaru očekávat to samé jako člověk tvořící zvláštní efekty do filmu. Stejně tak architekt toužící po tvorbě vizualizací svých budov si nebude software vybírat podle stejných kritérií jako animátor postav. S tímto vědomím tedy lze přistoupit k samotnému výběru softwaru. Jsou zde specializované programy pro určité úkony. Samostatné modelovací nástroje, programy na animaci postav, efektové programy, *renderery* a samozřejmě komplexní balíky, které nabízejí téměř vše, co může jakýkoliv grafik potřebovat. Samozřejmě zde hraje určitou roli i cena.

Některé programy si lze bezplatně stáhnout z internetu (Blender, Wings 3D), ale některé jiné stojí nemalé částky. Spousta začátečníků se domnívá, že čím dražší je program, tím lepší grafik z nich bude. To je samozřejmě nesmysl a díky tomu lidé přehlížejí *freeware*ové programy, protože se domnívají, že s nimi nic nedokáží. A právě tyto programy nejlépe uvedou začátečníky do problematiky 3D grafiky díky tomu, že na ně „nevybalí“ stovky tlačítek a funkcí, u kterých začátečník vůbec netuší, k čemu slouží.

3D grafika je umění stejně jako klasické malířství nebo skládání hudby a je zde zapotřebí i talent. Pokud člověk nemá talent, tak nikdy nevytvoří umělecké dílo i přesto, že bude

dokonale ovládat všechny grafické programy. Naproti tomu pokud je někdo dobrý malíř, nebude pro něj velký problém přejít na 3D grafiku, protože je to jen otázkou zvládnutí programu.

Níže je uveden seznam různých 3D programů, které si může každý vyzkoušet, aby viděl co mu nabízejí a podle toho si pak vybral ten, který mu bude nejvíce vyhovovat. *Freeware*ové programy můžete bez omezení volně stáhnout a používat a od většiny komerčních balíků existují zkušební verze, které obsahují většinu nástrojů dostupných v plných verzích. Seznam není kompletní jelikož modelovacích programů existuje více.

Nejpoužívanější komerční programy

- 3D Studio Max
- Maya
- Softimage|XSI
- Lightwave
- Cinema 4D
- Animation Master
- TrueSpace
- Strata
- Vue D'Esprit
- Rhinoceros
- Zbrush

Freeware 3D programy

- Wings 3D
- Blender 3D
- Milkshape 3D
- Anim8or

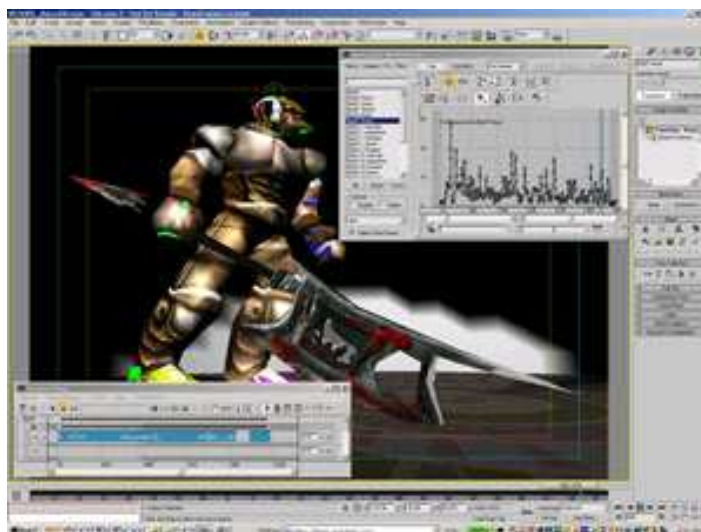
2.6 Srovnání vybraných 3D programů

2.6.1 3D studio max 7.5

Základní popis

Je profesionální, světově nejrozšířenější 3D modelovací a animační software. Ideální nástroj pro animátory, herní vývojáře a architekty. 3ds max je celosvětově nejprodávanější 3D modelovací, animační a *renderovací* software, poskytující jednotnou, objektově orientovanou, základnu pro umělce, kteří tvoří vizuální efekty, animaci postav a hry nové generace.

Ve verzi 7.5 (Obr. 13) je přímo integrováno Character studio (dříve prodáváno samostatně) pro realistickou animaci postav, *motion capture*, animaci davu. Discreet 3ds max je používáno 80% všech herních vývojářů, produkujících hry. 3ds max software je využíván v rostoucím počtu filmů – speciální efekty, složité objekty, deformace, fyzika apod.



Obr. 13. Prostředí 3dsmax verze 7.5

V nové verzi 7.5 - aktuální v době psaní tj. druhý kvartál 2005 je 3d studio max vybaveno novými funkcemi a moduly - Normal Mapping, Mental ray 3.3, Parameter Editor, Edit Poly Modifier, Skin Wrap Deformer, Snapping Workflow, Paint Selections.

Oproti starším verzím byla vylepšená škálovatelnost a výkonnost – především s velkými databázemi a větším množstvím objektů, TurboSmooth vysoce optimalizovaný algoritmus vyhlazování pro vyšší výkonnost především u modelů ve vysokém rozlišení, Mobile Gaming Development Tools – pro tvorbu mobilních 3D modelů pomocí nového JSR 184 exportéru a diagnostických nástrojů kamery

Uživatelské rozhraní

3D studio max má své uživatelské prostředí typické již od prvních verzí. Když se podíváme zpět, je rozložení jednotlivých nástrojů a tlačítek prakticky na stejném místě. Zachování organizace rozhraní jistě uvítají jak nováčci tak zkušení vývojáři přecházející na nové a nové verze. Po prvním spuštění se nám standardně na úvodním obrazovce promítnou čtyři okna s různými perspektivami – Top, Front, Left, Perspective. Horní lišta je osazena nejpoužívanějšími tlačítky jako jsou: Undo, Redo, Move, Scale, Rotate, uchopovací režimy, orientace objektů, material editor nebo třeba *quick render*. Dolní lišta představuje animační panel s klíčovými snímky a Time Configuration panel.

Nejdůležitější nabídka celého 3D studia max je na pravé straně. Zde jsou umístěny téměř všechny nástroje rozdělené do kategorií - Create, Modify, Hierarchy, Motion, Display a Utilities. Umístění oken, jejich velikosti a obsah a samozřejmě vzhled celkového GUI lze změnit v záložce *Customize*. Variabilita se nekladou meze. Rozhraní 3dsmax mi přijde ze všech testovaných programů za nejprehlednější a i začátečník se v něm začne brzy orientovat.

Modelování

Dlouholetým vývojem vznikl z 3D studia univerzální modelovací program, který svými možnostmi a technikami musí uspokojit i ty nejnáročnější grafiky. V sadě základních objektů nalezneme více jak 20 parametricky editovaných *meshů*. Nejpoužívanějším nástrojem pro modelování je tzv. *polygonární* nebo-li box modelování, kdy většinou vycházíme z úplného primitiva, které dále upravujeme. Pro modifikaci objektů máme k dispozici obrovské množství nástrojů, které umí pracovat s *vertexy*, hranami, polygony, *surfaces*, elementy nebo s křivkami, přímkami atd.

Nic vám nebrání k tomu jakou modelovací techniku si vyberete. Z možností jsou k dispozici techniky jako NURBS, polygonal modeling, particle flow, surface nebo subdivisional surfaces. Každá technika své využití při tvorbě konkrétního problému. Organické modelování je teď snazší než kdy předtím díky výrazným vylepšením jeho modelovacích nástrojů. Soft selections snadno umožňují výtvarníkům místně ovlivnit výběr pro postupné dozrívání modelovacích akcí nebo dynamických efektů. Dosah a hloubku výběru soft selection lze kdykoli interaktivně revidovat, aby byl zajištěn ten správný výsledek modelování nebo animace. Součástí je bezkonkurenční nástroj na animaci postav – Character Studio.

Materiály

Program je vybaven silným materiálovým editorem – Material Editor, který se volá stiskem klávesy M. Editor slouží k vytváření a editování materiálů, map a textur. I když se může zdát, že Material editor je jenom další ztět tlačítek a nastavení, nesmíte se zaleknout, protože komplikovanost = kvalita. A pokud byste si opravdu nevěděli rady, pomůže vám více jak tucet předdefinovaných materiálů, které stoprocentně uspokojí každého začátečníka. Jelikož je editor na profesionální úrovni, dovoluje zkušeným uživatelům vytvářet vlastní složité, např. procedurální, mapy a ukládat si je do knihoven nebo vytvořit novou. Samozřejmě existují i specializované materiálové programy, v kterých snáze a rychleji nakreslíte mapy například Dark Tree, ale i ty si může za pár dolarů dokoupit a rozšířit variabilitu své tvorby.

Animace

Aplikace obsahuje zcela nové nástroje na animaci postav – na deformaci pokožky, sekundární dynamický pohyb a *morfining* – které přinesou užitek všem profesionálům. Postavy lze deformovat křivkami nebo kostmi, můžou být přesně kontrolovány objemově-metrickými obálkami nové funkce Skin. Dynamické efekty na způsob komiksů nebo plátna poskytuje Flex – funkce na sekundární deformaci s kreslitelnou váhou a podporou pro dynamické systémové síly. Flex umožňuje snadno vytvářet postavy s pohyby na způsob pružiny i plátňové efekty jako vítr profukující záclonami. Další silný animační nástroj se jmenuje Morpher - procedurální nástroj na efektivní správu rozsáhlých animací, které obsahují řady cílů s vyváženým vlivem, je potom ideální na vytváření přesvědčivých animací tváře. Ovšem vůbec největší perličku jsem si nechal nakonec a tou je samotné

Character Studio 4.2 – speciální animační nástroj, postav a reálných pohybů vůbec, určený pro 3dsmax.

Rendering

Kromě klasického rychlého *scanline renderingu* je od verze 6 součástí 3dsmax velice silný a oblíbený mental ray® render. Každý umělec si navíc může do finálního výstupu přidat libovolně nastavitelné filtry – *lens flare*, *fog*, *caustic*, *depth of field* atd. Současná verze 7.5 je již vybavena vlastním Global Illumination a Ray-traced renderem, avšak program Vám dovolí přikoupit si i jiné podporované jako PRman, Brazil, Final Render nebo VRay. Záleží jenom na Vás, který z vykreslovacích algoritmů si oblíbíte.

Požadavky

- Procesor Intel® PIII či novější nebo AMD® běžící nejméně na 500Mhz (doporučeny systémy Dual Intel® Xeon™ nebo dual AMD Athlon™ či Opteron™ 32 bit)
- 512 MB RAM a minimálně 500 MB místa na odkládání (doporučeno 1GB RAM a 2GB odkládacího místa)
- grafická karta podporující rozlišení 1024x768 16-bit s 64MB RAM. (podpora OpenGL a Direct3D hardwarové akcelerační; 3D grafické akcelerátory s rozlišením 1280 x 1024 32-bit a s 256MB RAM jsou upřednostňovány)
- Windows XP Professional (SP1), Windows 2000 (SP4), a XP Home (SP1)
- DirectX 9.0c nutný, OpenGL

2.6.2 Cinema 4D

Základní popis

V podobě Cinemy 4D přichází do oblasti 3D grafiky nová generace programů. Výborné modelovací nástroje, pokročilé animační schopnosti a špičkový *rendering* Vám umožní převést své představy do reality. Ať se rozhodnete tvořit technické či architektonické vizualizace, 3D grafiku pro tisk, multimediální animace nebo speciální filmové efekty, můžete to se Cinemou 4D dokázat.

CINEMA 4D Release 9 přichází s velkou řadou inovovaných nástrojů a funkcí, ale zároveň si zachovává svou legendární stabilitu a intuitivní ovládání. Přes 100 nových vlastností a vylepšení zvýší produktivitu i kvalitu Vaší práce.

Nová verze Cinema 4D Release 9.1 nabízí více než kdykoliv předtím – obrovská inovace oproti starším verzím. S modulární architekturou, zajímavou cenovou politikou a uživatelským rozhraním v devíti jazycích představuje univerzální řešení pro jakékoliv projekty, kde se klade důraz na profesionální výsledky.

V nové verzi je oproti verzi předešlé více jak 100 zásadních vylepšení, kterými vyšla společnost Maxon požadavkům uživatelů CINEMA 4D. Mezi jinými bylo vylepšené uživatelské rozhraní, již tak považované za jedno z nejlepších, do kterého byl integrovaný tzv. HUD (Head Up Display) systém, zobrazení informací v pohledu. Díky tomuto systému má uživatel stálou kontrolu nad jakýmkoliv parametrem objektu či scény, který může přímo v editačním okně editovat a dokonce i animovat. V této oblasti byla dále zásadně vylepšena správa nástrojů a rychlý přístup k nim.

Značně se rozrostly možnosti modulu MOCCA, zaměřeného zejména pro animace postav. MOCCA obsahuje nově vyvinutý nástroj pro simulaci látek pod názvem Klotilda, pomocí kterého lze velmi snadno animovat například oblečení na postavách. Pro tento účel byl vyvinut speciální systém pro výpočet kolizí látky s jinými objekty, což zajišťuje velmi vysokou rychlost výpočtu a přesnost celé simulace. MOCCA dále nabízí nové režimy práce s tvrdou-IK, přepracované míchání pohybu, výkonný nástroj pro nelineární animování pro vzájemné mixování více pohybů a také vylepšenou podporu formátu FBX pro import předpřipravených pohybů z jiných aplikací.

Mezi další důležité novinky patří v neposlední řadě také sub-polygonální deformace, přidaný do modulu Advanced Render. Modul Advanced Render obsahuje řadu pokročilých nástrojů pro vizualizace, zejména pak HDRI, globální iluminaci (*radiozitu*) nebo Sub-surface scattering. Sub-polygonální deformace (SPD) dokáže na základě bitmapových textur modifikovat geometrii objektů. Na rozdíl od klasických deformačních map je SPD

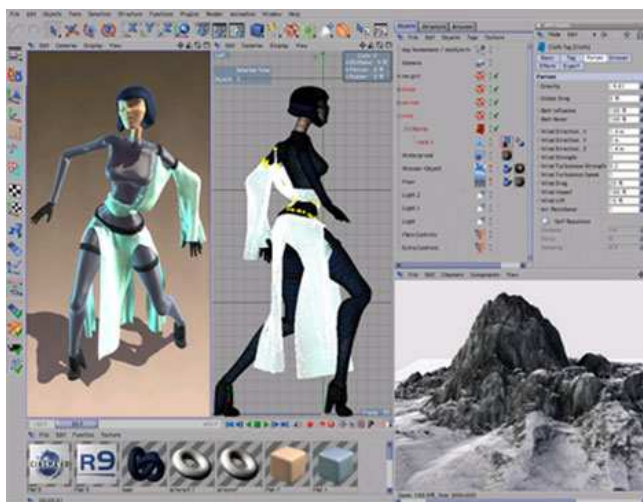
značně rychlejší, vyžaduje méně paměti a produkuje podstatně kvalitnější výstupy. Vylepšena byla také komunikace s postprodukčními aplikacemi – ke stávajícímu propojení CINEMA 4D s programem Adobe AfterEffects přibyla podpora pro disceet Combustion a Apple FinalCut.

Uživatelské rozhraní

CINEMA 4D je jednou z nejvýkonnějších 3D aplikací na světě, ale přesto si zachovává velmi přehledné uživatelské rozhraní (Obr. 14), které je uživateli pomocníkem, nikoliv nepřítelem. Rozhraní programu je v první řadě plně upravitelné podle požadavků uživatele, uživatel si tak může vytvořit pro jakýkoliv část práce specifické rozhraní, které tak maximálně optimalizuje pracovní činnost.

Nově je také podporován systém HUD (viz výše) díky kterému lze přenést fakticky všechny parametry objektů a scény přímo do editačního okna a upravovat tyto parametry přímo v něm a také je animovat.

Struktura scény není v CINEMĚ 4D destrukční a lze ji kdykoliv změnit díky sofistikovanému Správci objektů, ve kterém máte vždy přehled o tom, co se v programu děje a jaké jsou hierarchické vztahy mezi objekty, funkcemi a vlastnostmi.



Obr. 14. Prostředí Cinema 4D verze 9

Modelování

CINEMA 4D patří do skupiny tak zvaných polygonových modelářů. Je tedy nástrojem určeným pro kreativní práci, která u které neexistují hranice. Pro polygonové modelování je vybaveny rozsáhlou škálou silných nástrojů např. HyperNURBS, která nedestruktivně zaobluje polygonové plochy. Program obsahuje široké spektrum tzv. primitivních objektů, vyspělé polygonové modifikátory, křivkové a NURBSové funkce.

Materiály

CINEMA 4D má obrovské možnosti tvorby povrchů a pomocí širokých parametrů. Správcem materiálů lze simulovat jakýkoliv povrch, který si lze představit. Využít při tom můžeme textury, tedy obrázků a to ve velkém spektru běžných grafických formátů, včetně plné podpory formátu Adobe PhotoShop *.psd (tento formát je také široce podporován modulem BodyPaint 3D) a nebo si povrch můžeme generovat na základě *shaderů*, tedy matematicky generovaných a animovatelných vzorků. Dále je k dispozici celé spektrum obrázkových „filtrů“ a míchacích center a to vše v rámci *shaderů* a přímo v CINEMĚ 4D.

Animace

Možnosti animování jsou i v základní výbavě programu velmi široké, Samozřejmostí je plná podpora inverzní kinematiky, k dispozici je velké množství vlastností a chování a takřka vše co u objektů je lze animovat. Při tom nemusíme vlastně vůbec vstupovat do Správce animací. Klíčové snímky lze definovat přímo ve Správci nastavení a nebo dokonce v editačním okně za využití systému „HUD“. Pohyb je však zřídka lineární a tak průběh lze řídit tak zvanými časovými křivkami v jejich pokročilém Správci křivek.

Rendering

Ve spojitosti s širokým nastavením světel a materiálů je k dispozici velmi výkonné *renderovací* jádro, poskytující výtečné výsledky za poměrně krátkých časů. Nastavení výpočtu je poměrně snadné a tak reality může dosáhnout skutečně každý. Pro vyšší úroveň realističnosti tu pak jsou efekty modulu Advanced Render.

Požadavky

- Procesor minimálně 1GHz, doporučeno 2GHz a rychlejší
- Alespoň 512 MB RAM
- Grafická karta s podporou OpenGL®
- Windows® 2000/XP nebo Mac® OS X 10.3.8 a výše

2.6.3 Maya***Základní popis***

Poslední dostupná verze Maya 6.5 je zaměřena na zvýšení výkonu a obsahuje nové funkce a rozšíření pro efektivnější práci s komplexními scénami a rozsáhlými soubory dat.

Ať již pracujete v oblasti počítačových her, filmu, televizního vysílání, digitálního zpracování tiskových publikací, kteří pro svou práci s rozsáhlými datovými soubory požadují výrazně vyšší výkonnost. Společnost Alias přepracovala architekturu tohoto softwaru, čímž zvýšila jeho celkovou výkonnost a dosáhla toho, že je nyní schopný výkonně a spolehlivě zpracovávat i ty nejnáročnější modely, scény a animace. uspokojil i ty nejvyšší nároky kladené produkcí nové generace.

Při vývoji 3D vizualizačního, animačního softwaru Maya pro oblast zábavního průmyslu se firma Alias nechává tradičně inspirovat požadavky předních tvůrců z oblasti digitálního videa, filmových efektů, počítačových her a v neposlední řadě průmyslového designu.

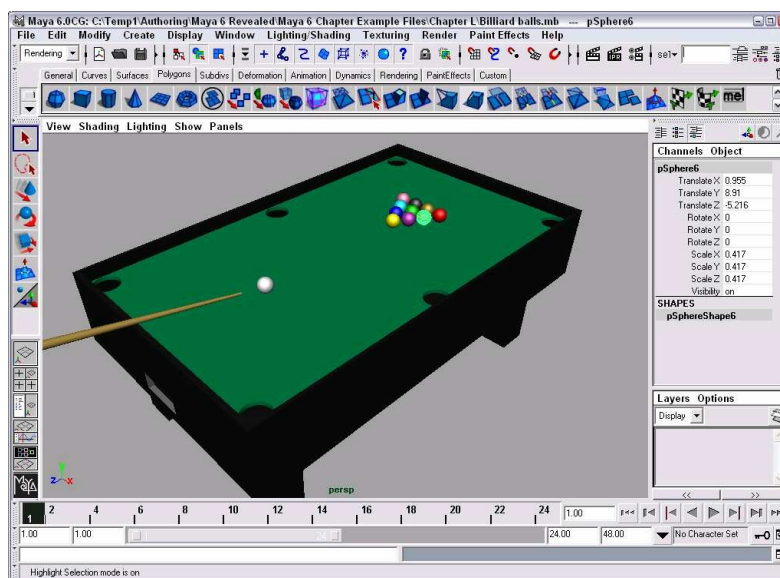
Maya 6 přináší také vylepšení v digitalizaci oblečení, chlupů a vlasů při tvorbě a animaci postav. Nové vlastnosti, jednodušší manipulace s oblékaným objektem, zrychlená manipulace oblékání a výraznější efekty v oblečení. Maya Fur má vylepšené možnosti pro *renderování* Fur v mental ray® pro Mayu - tím je využita výhoda integrace mental ray® 3.3 a docílení všech populárních efektů zahrnujících reflexe, refrakce a globální iluminaci a caustics efekt.

Maya 6 software se chlubí zefektivněním v mnoha oblastech, nejvíce u použití Smooth Proxy nástroje, který je nyní až 18-krát rychlejší a manipulace se Subdivision Surface se zrychlila až osmkrát. Také Outliner a Hypershade jsou vylepšené a nové nástroje zahrnují i manipulaci s mřížkou v grafickém editoru, který dovolí jednoduše upravit nahuštění základních dat. Alias vydává značné množství dostupných výukových materiálů, které jsou vhodné pro všechny = od začátečníka po profesionála. Pro každého, kdo má zájem rozvíjet své znalosti Mayi je dispozici široká škála výukových CD, DVD a knih.

Uživatelské rozhraní

S nárůstem komplexnosti 3D softwarů pokročila i Maya v oblasti výkonu a správy rozsáhlých scén a napomáhá umělcům překonat obtíže spojené s nahuštěnou geometrií a animací dat. Uživatelské prostředí programu je na velice pokročilé úrovni.

V Maye se pracuje velice příjemně, a to především díky rychlému a snadnému nastavení pracovního prostředí (Obr. 15). Funkce, které pro svůj projekt nepoužíváte, si prostě necháte skrýt, takže zbytečně nezaplňují pracovní plochu. Do přihrádek (Shelf) si ukládáte pouhým tažením myši nejčastěji používané akce. Další frekventované funkce můžete volat z tzv. „Hotboxu“, což je menu zobrazující se kdekoliv na obrazovce podle umístění myši. Rozložení prostředí lze uložit a znovu vyvolat, a tak se dá pro každý projekt pracovat s „jinou Mayou“.



Obr. 15. Prostředí Maya verze 6

Modelování

Míra volnosti a prostoru pro fantazii je naprosto neomezená. Maya svým množstvím nástrojů, kterými modelujete své objekty, stoprocentně splní představy i toho nejnáročnějšího uživatele. V Mayi pracujete buď v modelovacím módu NURBS, POLYGONS nebo SUBDIVISION surfaces. Asi nejčastěji z těchto tří modelovacích technik používám NURBS modeling (Non-Uniform Rational B-Splines), je to vlastně vytváření objektů z křivek. Pomocí nástrojů jako Revolve, Loft, Planar, Birail a jiných, vytvoříte základní povrch, který můžete dále upravovat podle vaší představy.

Polygonové modelování je část Mayi, kterou jsem si osvojil asi ze všeho nejrychleji. Sadou standardních nástrojů vytvoříte požadovaný tvar velmi rychle. Z velké části se začíná vytvořením krychle, kterou postupně funkcemi jako třeba Extrude Face, Split Polygon Tool, Cut Faces, Combine atd... editujeme a tvarujeme do cíleného tvaru.

Co se týče modelování se Subdivision Surfaces, tak jejich použití bylo asi to nejpříjemnější. Hlavní kostrou SubDivision modelu je polygonový základ v němž ale máte už "vyhlazený" objekt, kterému přidáváte různé detaily a tvary (funkcemi jako Refine Selected Components nebo Full Crease Edge/Vertex), aniž byste museli zasahovat a měnit základní polygonovou stavbu. Jinak práce je z velké části podobná Polygon modelingu, stejně tak užívání textur vychází z polygonového základu.

Užitečnou a někdy nezbytnou pomůckou při modelování je možnost převádění jednotlivých typů modelu. Například NURBS do Polygons, Polygons do Subdivision, Subdivision do NURBS a další.

Materiály

Také Maya je vybavena atypickým materiálovým editorem nazvaným Hypershade skrývajícím se v nabídce Window-Rendering Editors-Hypershade. Editor mi zprvopočátku připadal značně nepřehledný, ale po hlubším prozkoumání jsem se s topologií vytváření map rychle seznámil. Hypershade se skládá z několika panelů, v nichž si vybíráte typ textury, *shaderů*, nasvícení apod. a vlastnosti vybraných map se definují parametricky.

Samozřejmě je k dispozici několik předem vytvořených materiálů. Pokud budete chtít vytvořit opravdu dobrou mapu, budete si muset důkladně nastudovat manuál.

Animace

V Maye se dá animovat téměř vše. Animace buď klíčujeme (Keyframing) anebo použijeme animaci pomocí křivek. Oba postupy můžeme kombinovat - definujte počáteční a výsledný stav pohybu postavy a vypočtenou animaci editujte v editoru pomocí funkčních křivek. Maya za vás nechá vlát vlajku ve větru, rozpustí kostku ledu díky technologii měkkých těles (Soft body).

Při zaměření na animaci postav nabízí Maya rozsáhlou paletu nástrojů v oblasti „virtuálního herectví“. Pohyby úst postavy a synchronizaci se zvukovou stopou hovoru programujeme přímo v pracovním okně. Zajímavá je možnost vrstvení deformací (Layered deformations) aplikovaných na objekt. Svaly se při pohybu těla postupně deformují samy díky vestavěným „flexorům“. Máte-li k počítači připojeno zařízení ke snímání pohybu, aplikují se naměřené hodnoty přímo na postavu v pracovním okně programu.

Rendering

Od novějších verzí se stal součástí aplikace Maya výborný *renderovací* nástroj mental ray® 3.3. Mental ray je v současnosti považován za jeden z nejlepších, avšak pomalejších, vykreslovacích programů dostupných pro 3D grafické programy. Díky mental raye nebudete potřebovat další zásuvné moduly, neboť s přehledem docílíte výpočtů všech možných reflexí, refrakcí, globální iluminace a *caustics* efektů.

Požadavky

- Procesor Intel® Pentium® III 500, AMD Athlon™, Power Mac® G4 nebo G5
- 512 MB RAM operační paměť, 450 MB místa na disku
- Grafická karta s podporou OpenGL®
- Windows® 2000/XP, Linux – Red Hat, Suse, Irix, Mac® OS

2.6.4 Blender 3D

Základní popis

Kvalitní vizualizační 3D programy jsou velmi, velmi drahé. Aby také ne, jejich vývoj je docela náročný a klientů, kteří si program koupí je relativně málo (vzhledem například k Adobe Photoshopu, který se používá všude, kde se pracuje s grafikou). Trendem dnešní doby je poskytovat věci zdarma. Platí to i o softwaru pro tvorbu 3D grafiky.

Nyní je tu další software určený pro modelování, *rendering* a animaci. Abych byl přesný, i dříve byl zdarma, ale nyní, od verze 2.0, přešel úplně do podoby freewaru, navíc byly zveřejněny i části zdrojového kódu. Blender je bezplatně k dispozici pro mnoho platform, nejen pro Windows, ale také pro různé klony Unixu (Linux, Solaris, Irix, BSD, ...) a pro multimediální BeOS. Platforma MAC bohužel chybí, zato SGI je podporována! V nové verzi Blenderu 2.37 je mimo jiné integrovaná podpora pro velice kvalitní renderer yafray, což považuji za velkou přednost freeware programu – vlastní kvalitní *renderovací* systém.

Po spuštění programu mne čekalo další překvapení. Aplikace má zcela odlišný ovládací rozhraní (interface) než je u známých programů této kategorie obvyklé. Jak se objevilo v diskusní skupině o tomto programu, i přesto, že je Blender velmi výkonný modelační a *renderovací* software, je třeba strávit velmi mnoho času studiem, jak ho používat efektivně, i proto je oblíben hlavně na akademické půdě. Je to zkrátka daň za to, že je zdarma. Na druhou stranu je k dispozici mnoho on-line dokumentace. Blender 3D je tedy open source software pro 3D modelování, animaci, *renderování*, post-produkci, interaktivní vytváření a přehrávání navíc je velmi "user friendly" a tak vám umožňuje nastavit si rozdělení oken podle vašeho vkusu.

Uživatelské rozhraní

V porovnání s jinými 3D aplikacemi má Blender jednoznačně nestandardní uživatelské prostředí (Obr. 16). Flexibilita programu dovoluje potencionálnímu grafikovi nastavit si rozhraní stejně podobně jak byl zvyklý u jiných programů, nebo si může interface nadefinovat dle vlastního uvážení.

Předchozí verze Blenderu byly pro začátečníky kamenem úrazu, jelikož většina nástrojů byla schována pod klávesovými zkratkami. I když byl tento způsob tvorby rychlejší, mnoho začínajících uživatelů tato skutečnost odradila. Nové verze jsou vybaveny pop-up nabídkami, jež Vám tlačítkově zpřístupní funkce pro rotaci, změnu velikostí a pohyby. Asi nejvítanější inovací, kterou mohl Blender implementovat do svého programu, je globální Undo. Klávesové zkratky Ctrl+z (undo) a Ctrl+Shift+z (redo) se velmi rychle zařadí do skupiny těch nejpoužívanějších. Podrobnější info jak pracuje, jaká je jeho filosofie a co všechno v souvislosti s ním můžete v Blenderu nastavit najdete [3].



Obr. 16. Prostředí Blender 3D verze 2.37

Modelování

Také Blender je vybaven sadou několika primitivních objektů, kde mimo obvyklé základní (krychle, koule, kvádr, válec apod.) najdeme i maskota Blenderu – opici Suzanne. Pro samotné modelování je vybaven sadou různých 3D objektů ve formě polygonární nebo NURBS, *Bezierové* a B-křivky, *metabaly* a vektorové fonty. Modelování v Blenderu je docela zábavné a svými technikami se přibližuje ke standartu vyšších modelovacích programů. Aplikace je vybavena vlastní Subdivision Surface modifikátorem, který nám umožní objekt deformovat výběrem *vertexů*, hran, polygonů a ty následně vytahovat, rozřezávat, zaoblovat, *warpovat* atd. Mezi těmito nástroji také najdeme *Boolean* operace a Python programovací jazyk na tvorbu vlastních scriptů.

Materiály

Povrch objektu v Blenderu sestává z vlastností materiálu a z vlastností přiřazených textur, kterých může být až 8 a jsou ve vzájemné interakci. Ve srovnání s jinými programy bych právě materiální editor, který se vyvolá klávesou F5, Blenderu posoudil jako nejslabším článkem. Základními vlastnostmi tvořeného materiálu jsou: Intenzita a velikost nejjasnějšího světla (Spec), míra hrubosti materiálu (Hard), reflexe – v jaké míře materiál odráží světlo (Ref), průhlednost materiálu (Alpha), zářivost (Emit) a další nastavení. I když jsem uvedl, že material editor není tak dokonalý jako u jiných programů, není pravdou, že s ním nevytvoříte rozmanité a fotorealistické materiály. I nedokonalý nástroj dokáže dokonalé věci.

Animace

Dostupné možnosti animace v Blenderu jsou také vcelku schopné. Pro vytváření kostí je program vybaven speciálním „armature“ objektem, který využívá funkce inverzní kinematiky. Vytvoření animace je možné buď pomocí rozpohybování kostí nebo definováním klíčových snímků. Tyto snímky lze dále spravovat v nástroji Sequencer, který je jednoduchý a přehledný.

Rendering

Zabudovaný scanline/ray-tracer hybridní renderer je jeden z nejrychlejších vykreslovacích algoritmů, které jsem testoval. Je vybaven snímkováním, motion blurem, radiositou, enviromentálním mapováním, světelnými kruhy a mlhou, procedurálními texturami a sadou různých shaderů. Nejsilnějším nástrojem je render pro toon rendering – vykreslení vypadající jako by kreslené pastelovými barvami.

Požadavky

- Procesor minimálně 300 MHz, doporučeno 1 GHz a rychlejší
- Alespoň 128 MB RAM a pouze 20 MB místa na disku
- Grafická karta s podporou OpenGL® - alespoň 8 MB, rozlišení 1024x768
- Windows® 98, ME, 2000, XP, Mac® OS, Linux, FreeBSD, Irix, Solaris

3 DOSTUPNÉ MODELOVACÍ TECHNIKY

3D modelování při svých současných programových možnostech má i pro zasvěceného člověka naprosto nevyčerpatelné možnosti realizace čehokoliv a snad i z těchto příčin se to všude hemží scénami z kosmu, neskutečných světů, fantaskními kompozicemi, nadpřirozených bytostí.

Modelovací funkce lze rozdělit do několika kategorií. K základním patří matematická 2D a 3D primitiva, a to nejenom kvádry, koule, válce, ale i různé hvězdy, kapsle, barely či uzly, všechny definované parametricky a zpětně editovatelné. Pomocí nich se dají vytvářet další tělesa a to mnoha způsoby, využitím *booleanovských* operací, tažením pomocí trajektorie, prokládáním plochy uzavřenými křivkami, atd. Specializovanými nástroji tzv. pláty lze modelovat tvarově složitější tělesa. Lze též použít NURBS modelování. Všechna tělesa *mesh*, *patch* i NURBS, lze upravovat na úrovni svých vrcholů, hran, segmentů, křivek a ploch. Dostupné modelovací techniky jsou:

- Konstruktivní prostorová geometrie
- NURBS
- Polygonární
- Subdivizionální
- Implicitní

Na celá tělesa nebo jejich části mohou být aplikovány modifikátory - ohnutí, zkroucení, zúžení, šum, vytažení, rotace kolem křivky, a desítky dalších. Pomocí těchto modifikátorů lze upravit těleso podle autorových představ. Obrovskou výhodou je funkce, která si pamatuje všechny modifikátory použité na tělese a umožňuje se kdykoli vrátit a změnit konkrétní modifikaci. Mnoho těles lze také modelovat pomocí ovlivňování jinými tělesy.

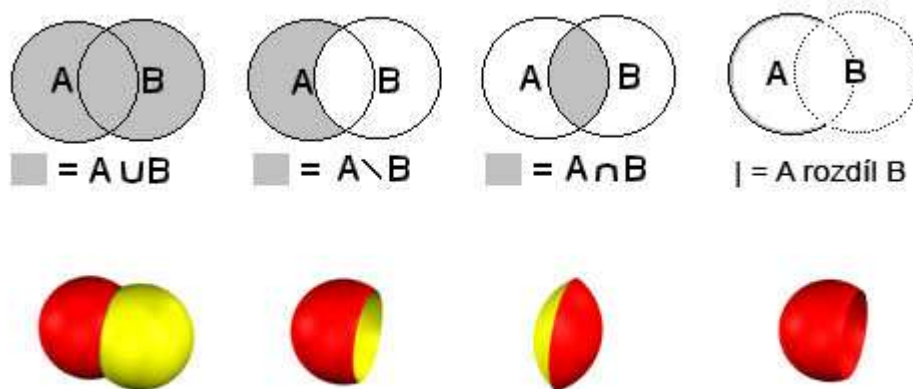
3.1 Konstruktivní prostorová geometrie

(Constructive Solid Geometry) Jeden z rozšířených druhů tvorby počítačového modelu prostorových těles. Metoda využívá tvorbu složitěho tělesa pomocí logických operací mezi tzv. primitivy, základními objemovými tělesy a s využitím několika dalších operací. Výsledné těleso, ať již je jakkoli složité, v sobě stále obsahuje "strom" původních tvořících těles, se kterými lze manipulovat a měnit tak model.

Základními logickými operaci v trojrozměrné vizualizaci s použitím konstruktivní prostorové geometrie jsou:

- Sjednocení
- Sloučení
- Průnik
- Rozdíl

Jak jsou tyto logické (*Boolean*) operace aplikovány v 3D je graficky i matematicky názorně demonstrováno na následujícím obrázku (Obr. 17).



Obr. 17. Logické operace v 3D

Výsledkem operací CSG jsou opět objekty, které se tudíž mohou zúčastnit dalších operací CSG jako operandy. Postupným kombinováním jednoduchých geometrických objektů tak lze vytvořit i objekty tvarově velmi složité. V operacích sjednocení, sloučení a průniku objektů nezáleží na pořadí jednotlivých operandů v konstruktoru. V operaci rozdílu objektů je prvním operandem konstrukturu objekt základní, všechny ostatní operandy jsou postupně odečítány od něj (na vzájemném pořadí odečítaných objektů v konstrukturu již opět nezáleží).

3.1.1 Sjednocení objektů

Sjednocením se rozumí formální spojení několika dílčích objektů ve výsledný objekt jediný. Používá se v případech, kdy je třeba nad všemi dílčími objekty provést nějakou společnou operaci (zvětšení měřítka, přiřazení textury apod.), která by jinak musela být prováděna nad každým z nich zvlášť. Jinak se dílčí objekty sjednocením nijak nemění.

3.1.2 Sloučení objektů

Sloučení je obdobná operace jako sjednocení — spojuje všechny operandy (jakékoliv objekty) ve výsledný jediný objekt. Sloučením jsou však odstraněny všechny části hraničních ploch operandů, které leží uvnitř jiných operandů.

3.1.3 Průnik těles

Všemi operandy průniku by měla být tělesa. Výsledným objektem je pak rovněž těleso, jehož vnitřek je tvořen pouze těmi body prostoru scény, které leží současně uvnitř všech operandů.

3.1.4 Rozdíl těles

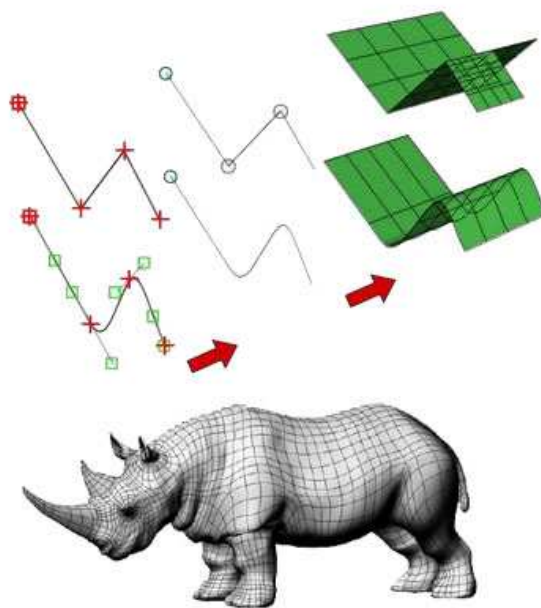
Všemi operandy rozdílu by měla být tělesa. Výsledným objektem je pak rovněž těleso, jehož vnitřek je tvořen pouze těmi body prostoru scény, které leží uvnitř prvního operandu (základního tělesa) a současně neleží uvnitř žádného z ostatních operandů (odečítaných těles).

Konstruktivní prostorové geometrie je využíváno především, tam kde je použití jiných metod náročné nebo zdlouhavé. Příkladem budiž problematické vyřezávání nebo průniky různých tvarů.

3.2 NURBS

Neuniformní racionální B-splajn křivky (NURBS - Non Uniform Rational B-Spline) jsou dvojím zobecněním B-splajn křivek. Termín neuniformní je odvozen od vzdálenosti uzlů ve smyslu parametru t , který nemusí být u těchto křivek konstantní. NURBS jsou příkladem geometrických objektů, které se nazývají free form křivky nebo plochy. Umožňují přesně definovat jakýkoliv tvar – a jednoduchým způsobem jej měnit. Základními geometrickými typy NURBS mohou být body, křivky, plochy (i s výstřihy - trimmed surfaces), tělesa, uzavřená tělesa, 3D křivky typu čára, lomené čáry, kružnice, elipsy, oblouky, obdélníky, šroubovice, spirály, kužely, *TrueType* texty atd.

Spojením geometrických křivek dle striktních pravidel získáme libovolné 3D objekty (Obr. 18). Ne nadarmo se říká „Ta žena má ale ladné křivky.“. Více o NURBS křivkách a plochách naleznete v odborné literatuře nebo [7].



Obr. 18. NURBS - křivky a plochy

NURBS modelovací techniky jsou především využívány v designu, strojírenství a organice.

3.3 Polygonární modelování objektů

Pointou této modelovací techniky je modifikování jednotlivých nebo shluků polygonů 3D objektu. V každém programu najdeme vlastní polygonární modelovací systém, ale i tak jsou si podobné, jelikož princip je stejný – práce s polygony. Polygonární modelování bývá někdy též nazýváno jako Box nebo-li krabicové modelování, nýbrž ve většině případech vycházíme z primitivního objektu krabice, koule či válce, který dále expandujeme.

3.3.1 Polygon

Je vlastně n-úhelník, v 3D grafice nejčastěji trojúhelník. Trojúhelník byl zvolen jednoduše proto, že je vždy konvexní (Při spojení libovolných dvou bodů uvnitř útvaru všechny body jimi určené úsečky leží také uvnitř.) což usnadní goniometrické výpočty.

Reprezentace objektu (*mesh*) je provedena trojúhelníkovou sítí. Využíváme toho, že některé z vrcholů patří více trojúhelníkům společně a spojujeme je do trojúhelníkových pruhů.

3.3.2 Editace polygonů

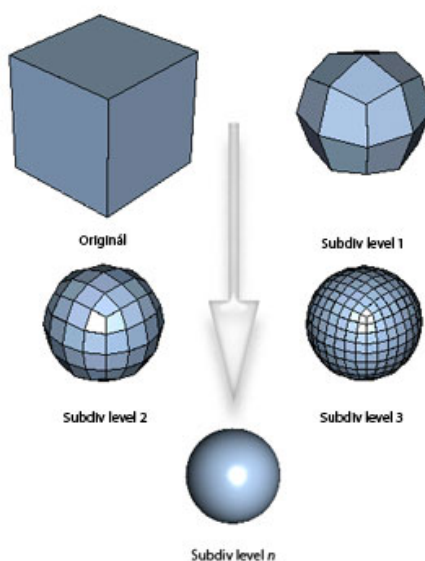
Na vybrané polygony mohou aplikovat některé z modifikátorů, pohybovat s nimi v závislosti s okolními, též rotovat či měnit velikost. Jak se mi budou v závislosti na editovaném polygonu měnit ostatní, snáze nastavím v *Soft Selection* (3dsmax). U polygonárně editovatelných objektů mohou manipulovat s:

- Body (Vertexy)
- Hranami (Edge)
- Okraji (Borders)
- Trojúhelníky (Triangles)
- Elementy (Elements)

Polygonární modelování nalezne své uplatnění téměř ve všech sférách, ale především je využíváno ve stavitelství, filmu a umění.

3.4 Subdivizionální modelování

Modelovací metoda Subdivision surface (Subdiv) je procedura vycházející z „hrubého“ *low-poly* objektu, který dále zjemňujeme (*smooth*, Obr. 19) a přidáváme detaily. Obvyčejný polygonový model je přesně definovaný svým křivkových povrchem a do jisté míry je dokonale hladký.

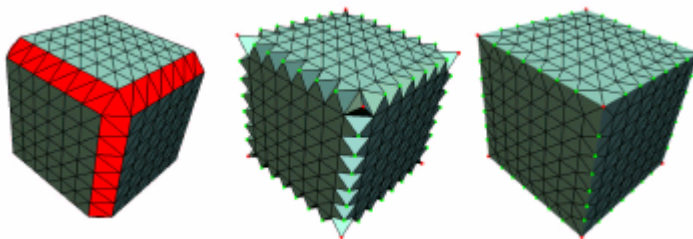


Obr. 19. Subdiv kroky krychle

Čím složitější struktura objektu, tím složitější je potom jeho editace. Při používání *subdivison* techniky se můžeme krokově vrátit zpět k „primitivnímu“ originálnímu modelu a měnit základní křivky modelu. Technika není omezena jen na polygonový model, ale i na NURBS nebo *Spline*. Největší uplatnění má tato technika při organickém modelování.

3.5 Implicitní modelování

Zvláštní modelovací technikou je tzv. implicitní modelování, kde jsou souřadnice zpracovány jako argumenty funkce, spíše funkční hodnoty. Tradiční počítačová grafika dává přednost parametrickému vyjádření před implicitním, protože je jednodušší na *rendering* a mnohem více vyhovuje určitým geometrickým operacím, jako jsou například křivost. Implicitní plochy získávají v poslední době zvýšenou pozornost, zejména kvůli přirozené reprezentaci geometrických objektů a *blend* vlastností. To znamená že implicitní funkce přirozeně popisují vnitřek objektu, zatímco parametrický popis objektu obvykle spočívá v popisu plátů.



Obr. 20. Implicitní model krychle - variace

Značnou výhodou implicitní reprezentace objektu je možnost rozhodnutí, zda bod leží uvnitř = 1, vně nebo na objektu = 0 (Obr. 20). V 3D modelovacích programech se touto technikou setkáváme pod názvem *MetaBally* nebo *Blobbies*. Více podrobných informací naleznete na [5]. Využití této modelovací metody nalezneme v laboratořích a výzkumných centrech (struktura virů, atomy).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 DEMONSTRACE MODELOVACÍCH TECHNIK

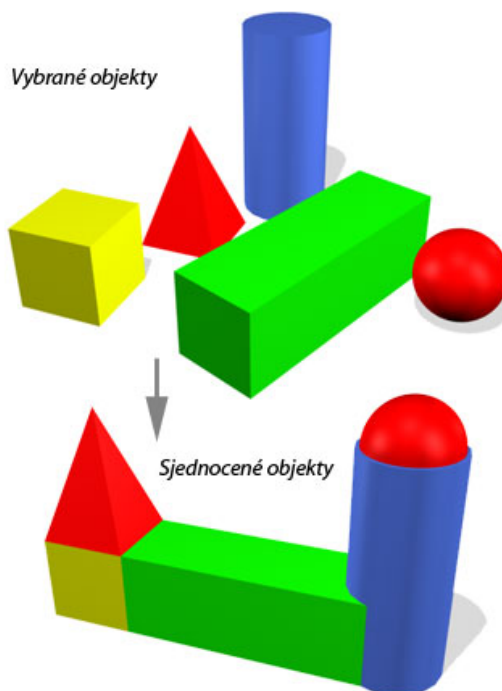
Člověk, který o 3D grafice a její tvorbě nemá potuchy, by asi těžko jen z teoretického rozboru pochopil jak samotné modely vznikají. Obsahem této kapitoly budou praktické ukázky právě výše popsaných modelovacích technik pro tvorbu prostorových objektů. Jelikož mám pokročilé znalosti v grafické programu 3D Studio max, vybral jsem si ho jako pomocníka, s kterým Vám názorně zobrazím a popíši jednotlivé metody.

4.1 Konstruktivní prostorová geometrie

Na začátek jsem si zvolil pět základních primitivních objektů, s kterými Vám názorně předvedu všechny čtyři uvedené logické *boolean* operace. Vybranými objekty jsou koule, kvádry, krychle, válce a čtyřboké hranoly.

4.1.1 Sjednocení objektů

V prvním kroku jsem si na papír nakreslil jaký výsledný objekt chci vymodelovat. V 3ds max jsem si nakreslil základní objekty a přesně jim určil rozměry - krychle o straně $a = 20\text{cm}$; kvádr o stranách $a = 60\text{cm}$, $b = 20\text{cm}$, $c = 20\text{cm}$; koule o $r = 10\text{cm}$; válec o poloměru $r = 11\text{cm}$, výšce $h = 50\text{cm}$; hranol o straně $a = 20\text{cm}$ a výšce $v = 30\text{cm}$ (Obr. 21).



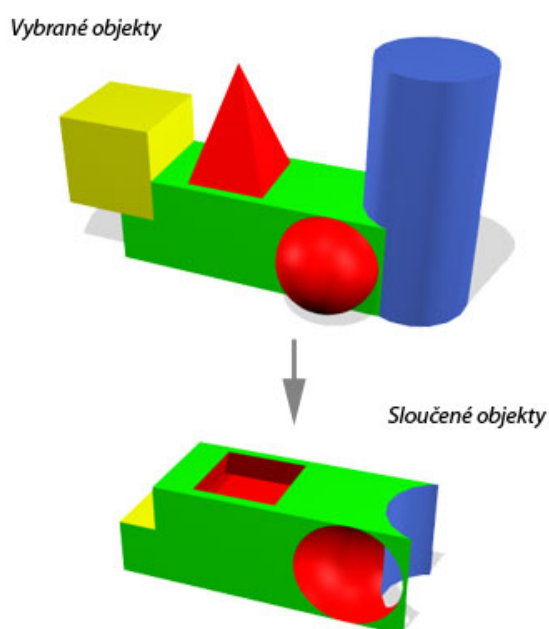
Obr. 21. Sjednocení objektů

4.1.2 Sloučení objektů

Vybrané objekty a jejich rozměry budu i nadále používat. V následujících logických operacích je budu vzájemně slučovat v tomto pořadí:

1. Zelený + žlutý
2. Zelený + červený hranol
3. Zelený + modrý
4. Zelený + červená koule

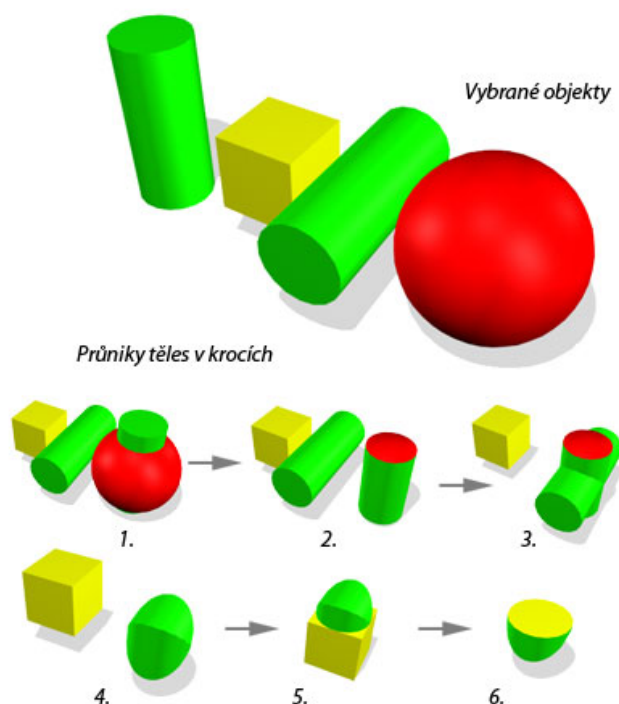
. Výsledek operací je znázorněn na následujícím obrázku (Obr. 22).



Obr. 22. Sloučení objektů

4.1.3 Průnik objektů (těles)

Při operaci průniků objektů resp. těles jsem vybral jako výchozí „průnikové“ těleso kouli o poloměru $r = 20\text{cm}$. Tu jsem postupně „ořezával“ dvěma objekty válce o poloměru $r = 10\text{ cm}$ a délce $h = 50\text{cm}$ a jednou krychlí o straně $a = 20\text{cm}$. Grafické znázornění operací v krocích je na následujícím obrázku (Obr. 23).



Obr. 23. Průnik těles v krocích

4.1.4 Rozdíl těles

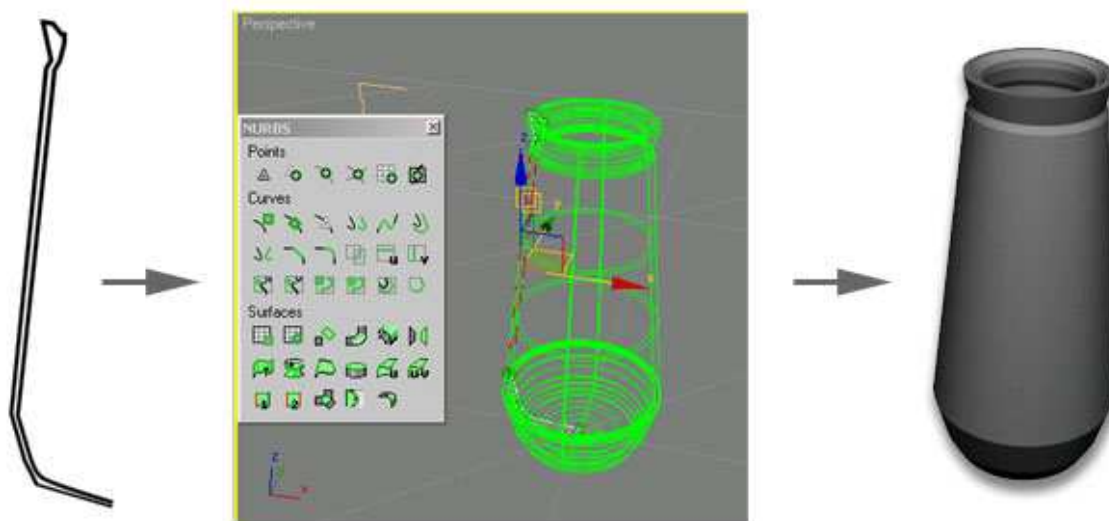
Poslední metodou konstruktivní prostorové geometrie je rozdíl dvou objektů resp. těles. Metoda je stejná jako sloučení s tím rozdílem, že v objektu A nezůstává objekt B, jednoduše se jeho obsah odečte. Prakticky je to zřejmé z (Obr. 17. Logické operace v 3D) v předchozí kapitole.

4.2 NURBS

Ačkoliv je modelovací metoda NURBS složitou matematickou formulí a teoreticky se hůře popisuje, prakticky je jednoduchá a přehledná. Já osobně bych NURBS modelování nazval jakousi hrou spojování a „kroucení“ uzlů. Základem NURBS ploch jsou křivky, definované přímkou, resp. body přímky, u kterých měníme tečný směr. Tím nám vzniknou volně editovatelné rozmanité plochy.

Pro názornou demonstraci jsem si na papír načrtl lahvičku s lektvarem, kterou promítnu do trojrozměrného prostoru. Nejprve jsem ve FRONT pohledu nakreslil pomocí přímky obrys

lahvičky. Tu jsem nechal „orotovat“ o 360° čímž mi vzniká ucelený rotační objekt nádoby na lektvar (Obr. 24).



Obr. 24. Postup modelování NURBS lahvičky

Obdobným způsobem jsem vymodeloval tekutinu – modrý lektvar. Opět jsem začal s kreslením křivky, která do poloviny obkresluje vnitřek nádoby, a nechal rotovat o 360°. Abychom tekutinu, onen vzácný lektvar, náhodou nevyhlili bude potřeba vymodelovat zátku nebo víko. Znovu jsem obkreslil horní část lahvičky, hrdlo, a nechal rotovat.

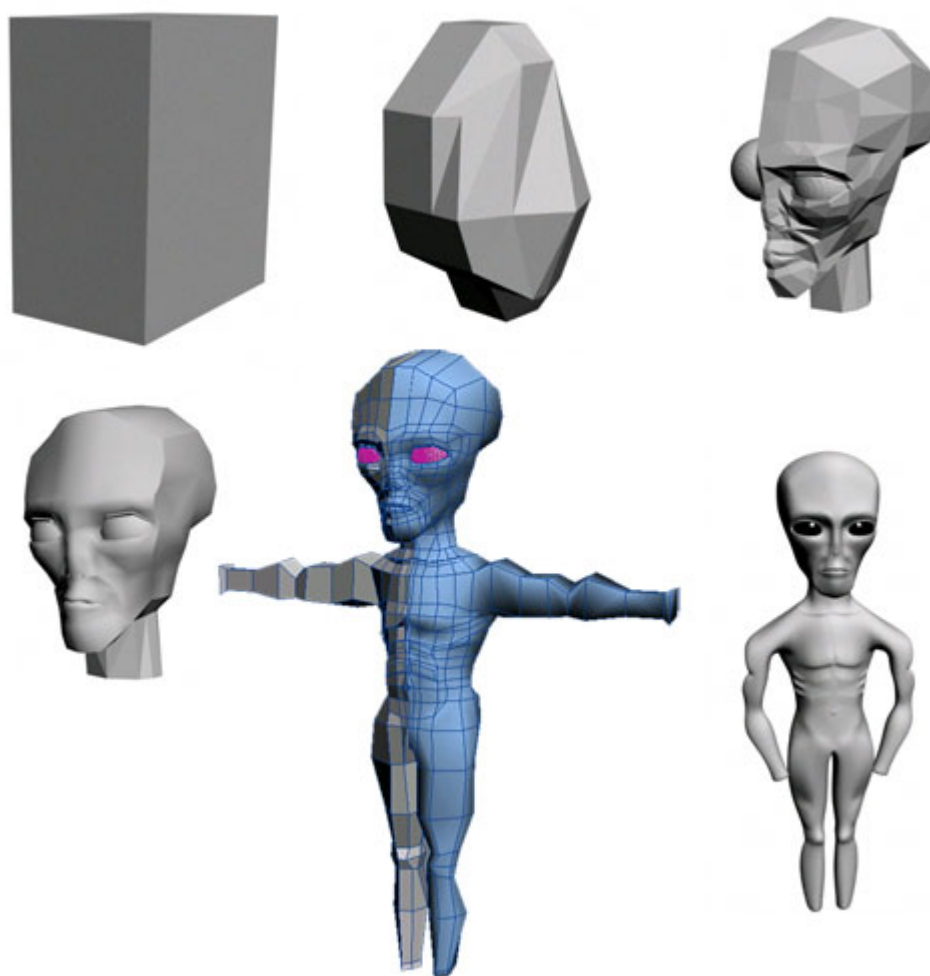
Totožným způsobem jsem dokreslil horní čtyři úchytky láhve a kovové vsazené podél skla. Vše pomocí NURBS křivek. Nakonec jsem využil modifikátoru pro deformaci povrchu a hladinu lektvaru malinko rozvlnil. V poslední fázi jsem otevřel material editor, nadefinoval materiály skla, kapaliny a namodralého kovu. Výsledný model včetně kompozice naleznete v příloze P II. K vykreslení bylo použito *renderovacího pluginu* Final Render metodou Global Illumination – Brute Force v 3ds max.

4.3 Polygonární modelování

Technika polygonárního modelování patří mezi mé oblíbené, je velice variabilní a flexibilní. Jelikož jsem dříve hojně modeloval *low-poly* objekty do her, naučil jsem se efektivně využívat nástrojů pro editaci polygonů. Na začátku vycházím z primitivního tělesa, většinou krychle, které převedu na Editable Poly. Objekt dále rozřezávám nástrojem

cut, vytahuji díky extrude, deformuji s pomocí *Soft Selection* výběru a samozřejmě měním souřadnice x,y,z bodů, hran či celistvých elementů.

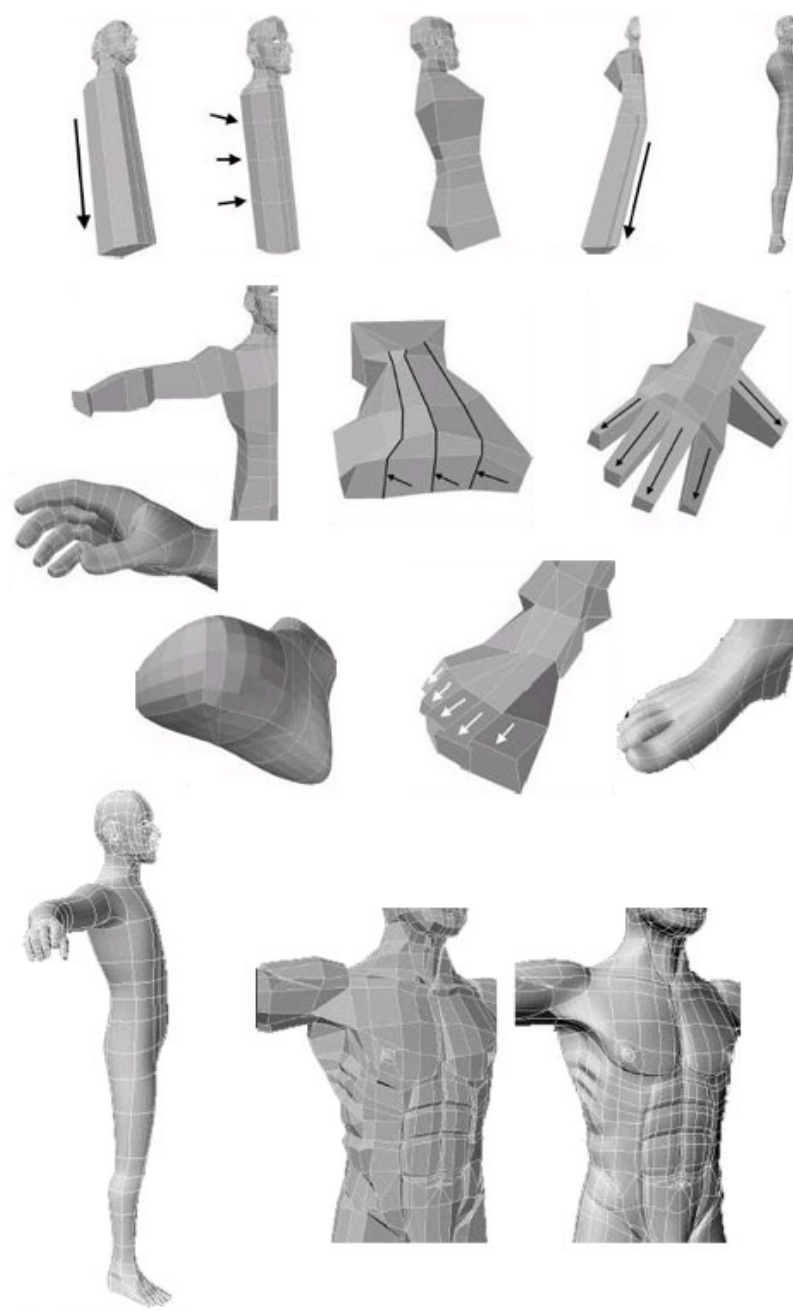
Demonstračním modelem se pro mě stal mimozemský charakter – UFO. První jsem začal modelovat hlavu. Vycházel jsem z krychle 3x3x2 sítě. Tu jsem dále rozřezával na menší části abych získal základní obrys. Dle mnohých ilustrací mají mimozemské bytosti velké hlavy a velké černé oči, malý nos a místo uší jen sluchové kanálky. Tento popis byl pro mě dostačující a tvorbě jsem nechal volnou ruku. Jak celý model vyvíjel je zřejmé na následujícím obrázku (Obr. 25).



Obr. 25. Polygonal modeling - mimozemšťan

4.4 Subdivizionální modelování

V teoretické části jsem se zmínil o faktu, že modelovací techniky Subdiv surfaces se využívá především při tvorbě organických objektů. Ano je to opravdu tak, největší předností Subdiv techniky je téměř nekonečné přidávání detailů až po žíly, jizvy, puchýře, znaménka apod. Většinou se tak detailní modely netvoří – detaily jsou nahrazeny kvalitními texturami, přesto se najdou lidé, kteří si na detail modelu potrpí. Na následujícím obrázku je zobrazen postup tvorby mužského těla (Obr. 26).



Obr. 26. Subdivizionální modelování mužského těla v krocích

Na začátku si umělec z obyčejného *boxu* vymodeloval hlavu (není na obrázku vidět), dále pokračoval vytažením horní části těla směrem dolů k pánvi. Postupně model rozřezal tak, aby mohl vytáhnout ruce a dolní končetiny. V další části si rozřezal konce polygonů končetin na přesné počty tak, aby získal prsty jak u nohou, tak u rukou. Tím získal hrubý, ale postačující model pro aplikování Subdiv. Na posledních dvou obrázcích je již ukázán nezaoblený věrohodný detailní *mesh* mužského těla.

4.5 Univerzální modelovací metoda

Každá modelovací technika má své výhody a nevýhody a praktické využití v různých případech. Navíc mnou testované programy se v několika postupech liší, avšak princip je stejný. Univerzální modelovací technika pochopitelně neexistuje, protože je z hlediska reálného i matematického nemožná. Ve většině případech si potenciální uživatel oblíbí právě tu, která je svým využitím blízka kreativnímu zájmu grafika. Osobně si nedokáži představit modelování automobilu pomocí konstruktivní prostorové geometrie i když věřím tomu, že je to možné. Ale proč bychom zbytečně používali metodu, s kterou bychom se leda trápili, když existuje jiná, rychlejší, přesnější a efektivnější.

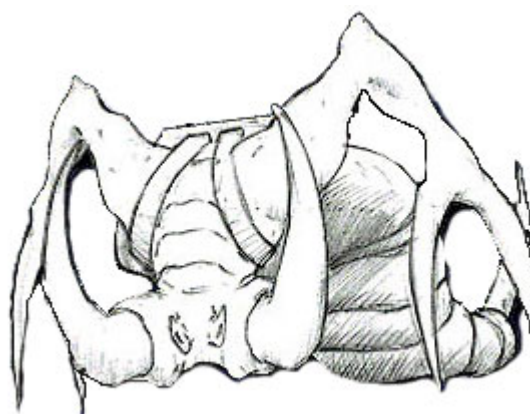
A proto lze říci, že nejlepší univerzální modelovací metodou je kombinace několika jiných existujících metod. Při současné vyspělosti 3D grafických programů v tom nenalézám žádnou zábranu, ba naopak, dostupné nástroje a konvertory dokáží v mžiku převést NURBS strukturu na *mesh*, *poly* či *spline* a naopak.

5 SLOŽITEJŠÍ PRAKTICKÉ MODEL Y

V rámci praktické části bylo vytvořeno i několik složitějších modelů v profesionálním 3D modelovacím programu 3D studio max verze 7. Obsahem kapitoly je stručný postup, jak grafický tak včetně komentářů, dvou komplexních modelů. Během tvorby byly využity, kromě implicitní techniky, všechny dostupné modelovací metody.

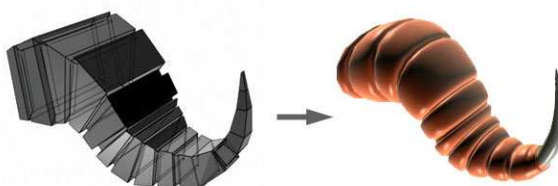
5.1 Útočný brouk

Téměř nezbytnou pomůckou při tvorbě 3D organických modelů je tužka a papír. Dle 2D skic se modeluje mnohem rychleji, přesněji a umělec má už předem ví, co vlastně bude tvořit. I v našem případě byla na začátku skica (Obr. 27) útočného brouka. Podle tohoto hrubého náčrtku nakonec vznikl prostorový model podivného útočného brouka včetně procedurální materiálové textury.



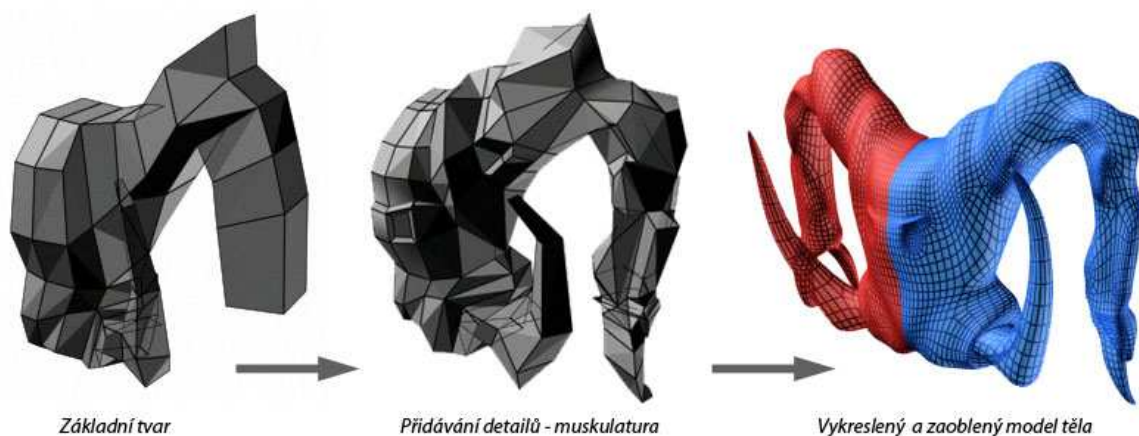
Obr. 27. Skica útočného brouka

Modelování bylo započato trupem. Z primitivních objektů byla vybrána krychle, která se pomocí modifikátorů *select* a *extrude* postupně rozvíjela tak, aby vznikl vlnovitý svalový trup dle předlohy. Vždy byl vytahován jeden z koncových polygonů, jež kopíroval křivku těla. Nakonec byl použit modifikátor *MeshSmooth* k ověření správnosti vzniklého tvaru



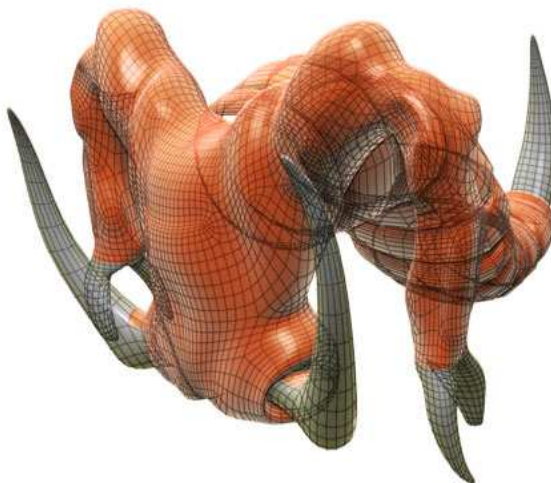
Obr. 28. Modelování trupu

Hlavní reprezentací brouka je jeho přední část těla – hrudní koš s pohybovým ústrojím, útočnými kly a dvěma téměř malými očima. Nazýváme tuto část jako hlavní tělo brouka. Hlavní tělo bylo stejným postupem, tedy postupným vytahováním polygonů, rozřezáváním a deformováním, započato z tvaru krychle o síťovině 2x4x3. Jak se tvar hlavního těla vyvíjel je v demonstrováno na následujícím obrázku (Obr. 29).



Obr. 29. Modelování hlavního těla

Trup i hlavní tělo jsou hotovy, nezbyvá tedy, než je *vertexově* (vrcholově) spojit, dokreslit některé detaily a zkontrolovat, zda je *mesh* v pořádku. Velice užitečnou a používanou verifikací je pohlížení na model ze všech možných stran – boční, horní, zespodu, shora. Tímto postupem můžeme eliminovat některé z chyb, které mohou během procesu tvorby objektu vzniknout – zapomenuté nepoužité *vertexy*, převrácené strany polygonů, smazané polygony (díry v modelu) či nekorektně sjednocené hrany.



Obr. 30. Výsledný model

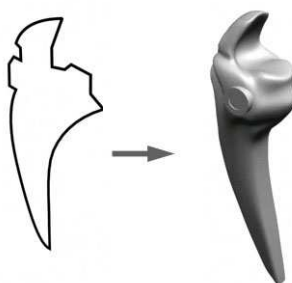
Finální objekt (Obr. 30) má po aplikování modifikátoru pro zaoblení hran (MeshSmooth s počtem iterací 2) celkem 21 392 polygonů. Na úplný závěr byly jednotlivým polygonům přiděleny ID čísla určující typ a texturu materiálu. Výsledný *otexturovaný* model naleznete v příloze P IV.

5.2 Mechanický válečný stroj

Při tvorbě válečného *mecha* budoucnosti jsem opět vycházel z papírového náčrtku, který zhotovil profesionální 2D grafik – Tomáš Zahradníček (pseudonym zelgaris). Obrovskou výhodou oproti prvnímu praktickému příkladu byl fakt, že skici byly zhotoveny z více pohledů, čímž se uspil proces tvorby. Originální kopie náčrtku naleznete v příloze P V.

Během tvorby byly využity metody NURBS, polygonal modeling a konstruktivní prostorová geometrie. Finální objekt je vcelku náročný, jelikož se skládá z více jak půl milionů polygonů.

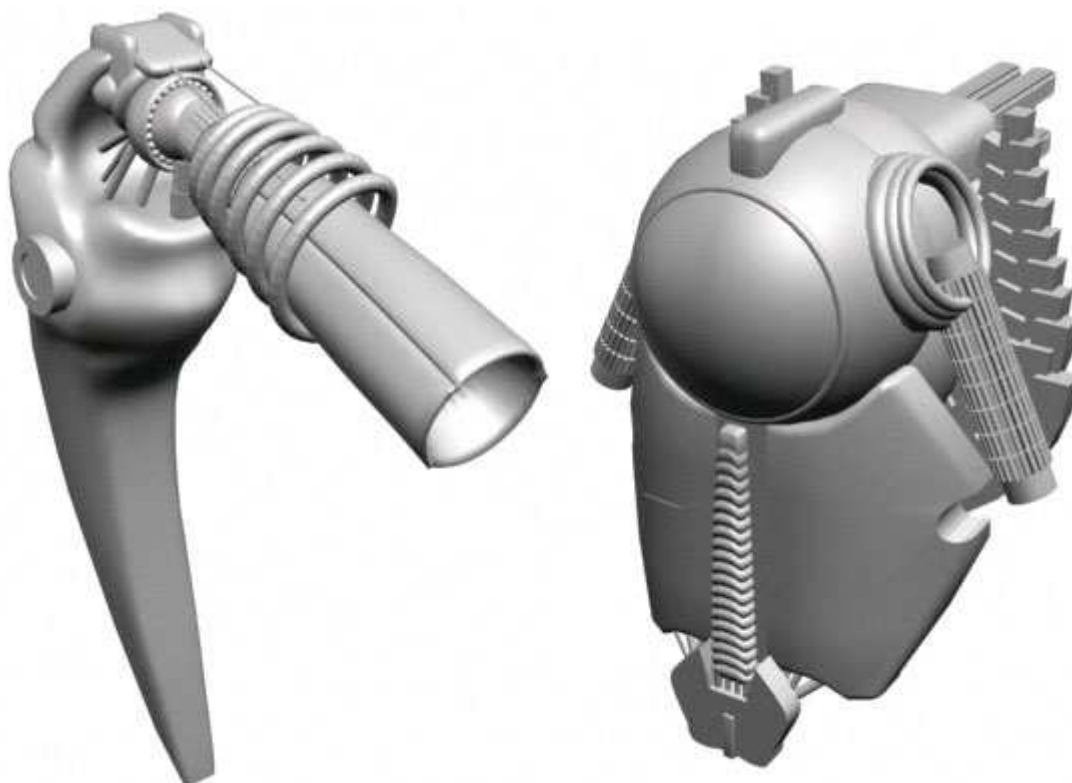
Započat byl vytvářením opěrného bodu mechanického robota – „chodidlem“. V předním (*front*) pohledu byl nakreslen základní obrys (Obr. 31), na který se dále připojovaly modelační křivky.



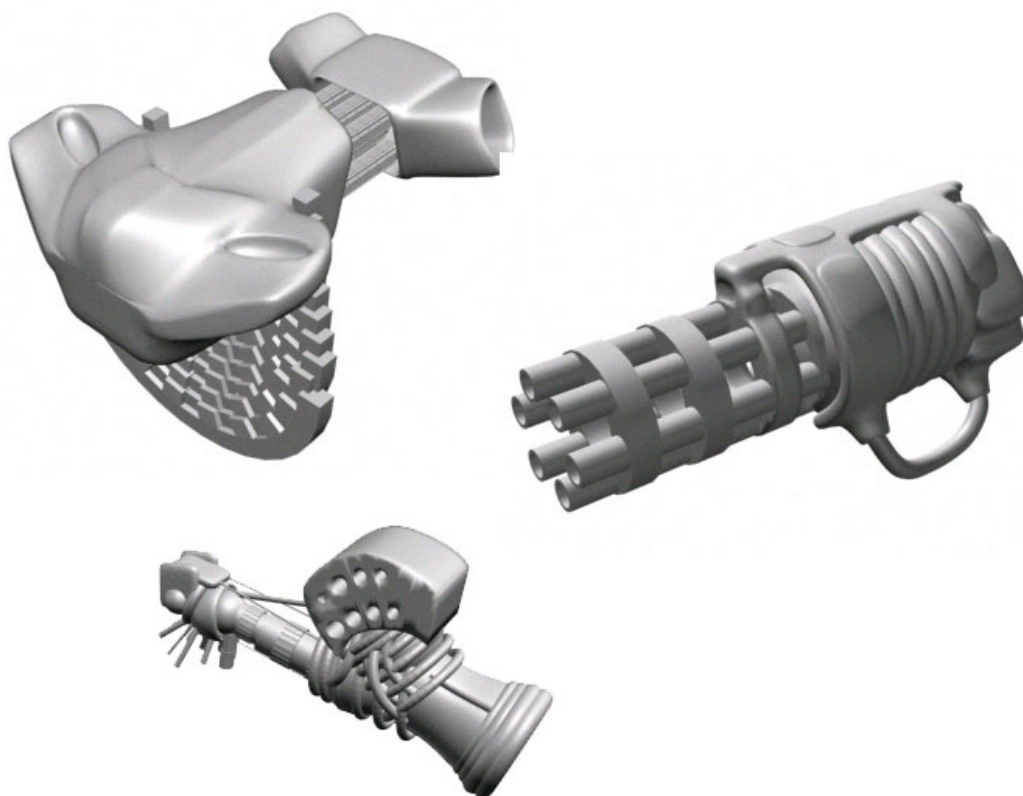
Obr. 31. Chodidlo robota

Celý model je vlastně skládání mnoha objektů (540) do jednoho celistvého. Mimo polygonárního modelování byly použity techniky pro vytahování křivek některým z tvarů. Například chladicí trubky a kabely – obrysová křivka je vytažena kružnicí – objekt kabelu. Byly použity různé deformační nástroje *blend*, *noise*, *skew*, *edit mesh*, *FFD (box)*, *FFD (cylinder)*, *displace* či *relax*. Praktické využití těchto modifikátorů naleznete v odborné literatuře nebo na internetu.

Za závěr jsem vybral některé komponenty z celého modelu.



Obr. 32. Pravé „chodidlo“ a kabina



Obr. 33. Zleva doprava: trup robota, kulomet, pohybové rameno

Přestože praktická část neobsahuje podrobné kroky, popisující přesný postup při modelování, jsou v ní vyobrazeny krokové postupy demonstrující využití popsaných metod. Vytváření takovýchto nebo podobných modelů vyžaduje pokročilejší zkušenosti uživatele v některém z vybraných programů. V opačném případě by rozepsání všech kroků zabralo několik stran a nebylo by tak možné vtěsnat se do obsahového limitu.

ZÁVĚR

Hlavním cíle této závěrečné práce bylo seznámit obecnou komunitu lidí s modelovacími technikami pro tvorbu tří dimenzionálních objektů, 3D objektů. Druhotným aspektem je mimo jiné představení vývoje počítačové grafiky od ranného stádia k téměř dokonalosti či přehledně obeznámit čtenáře s jejím využitím.

V současných dostupných modelovacích programech se vyskytují různě pojaté metody modelování, avšak princip je vesměs stejný. Existuje několik všeobecných postupů jak docílit požadovaného objektu. Zkušený uživatel si postupem času osvojí takové postupy, které jsou pro něj nejrychlejší a nejefektivnější.

Výběr grafického modelovacího software je ve většina případů poměrem kvality ku ceně. Přesto na trhu existují programy, které jsou nabízeny zcela zadarmo a plně uspokojí i středně náročné uživatele. Pokud nebereme v potaz cenu aplikace, musíme při výběru dbát na hardwarovou náročnost, platformu a především rámec modelovacích předností. Je nesmysl kupovat si drahý CAD systém, pokud chci modelovat organiku. Pokud si nevíte rady a máte dilema, možná Vám kapitola srovnání grafických programů napoví víc.

Počítačová grafika je pro mě druhem umění a člověk, chtějící přenášet svou fantazii do 3D, musí být obdařen citem a talentem. I sebelepší teoretik nebo praktik bez těchto darů nikdy nekáže velké činy. Přesto může demokraticky tvořit to co ho baví a v co věří, třeba i v triviální barevné harmonie primitivních objektů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BELL, JON A.: *3D STUDIO MAX verze 3 - efekty a design*.
SoftPress, 2000. ISBN: 80-902824-2-3.
- [2] Oficiální internetové stránky animačního studia Pixar [online]
Dostupné z WWW: <<http://www.pixar.com/>>.
- [3] Oficiální stránky softwaru Blender 3D – Global Undo [online]
Dostupný z WWW: <http://www.blender3d.org/cms/Global_undo.398.0.html>.
- [4] ŠTALMACH J. : Bakalářská práce
UTB Zlín, 2004
- [5] Informace o modelovací metodě Implicit surface [online]
Dostupné z WWW: <<http://iat.ubalt.edu/summers/math/platsol.htm>>.
- [6] Obsáhlé informace o renderovacích programech [online]
Dostupné z WWW: <<http://encyclopedia.localcolorart.com/encyclopedia/>>.
- [7] NURBS algoritmy [online]
Dostupné z WWW: <<http://www.cs.wpi.edu/>>.
- [8] ŽÁRA, J., BENEŠ, B. & FELKEL, P. : *Moderní počítačová grafika. 1. vydání*
Computer Press Praha, 1998. 448 s. ISBN 80-7226-049-9.
- [9] SANFORD KENNEDY : *3ds max 6 Animace a vizuální efekty*.
Computer Press Praha, 2004. 554 s. ISBN: 80-251-0328-5.
- [10] BOARDMAN, TED : *3DS MAX 5 Podrobná příručka*
Computer Press Praha, 2004. 424 s. ISBN: 80-722-6798-1.
- [11] Historie počítačové grafiky ENG [online].
Dostupný z WWW: <<http://accad.osu.edu/~waynec/>>.
- [12] Zpravodajský server o počítačové grafice [online].
Dostupný z WWW: <<http://www.grafika.cz/>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkr.	Vysvětlení.
Anti-aliasing	Metoda zaoblení hran
BLT	Bell Telephone Laboratory – Telefonní laboratoře Bell
CAD	Computer Aided Design – Volný počítačový design
CIC	Computer Image Corporation
Diffuse	Rozptýlení světla
Edge	Strana polygonu
GUI	Graphical User Interface – Grafické prostředí
High-end	Vysoce výkonný finální systém
IBM	International Business Machines – Celosvětový výrobce HW
Intel	Firma vyvíjející procesory
JVC	Japan Victor Company
NURBS	Non-Uniform Rational B-Splines
Particle	Částice
Polygon	n-úhelník
Raytracing	Lom světla
Real-time	V reálném čase
Rendering	Vykreslování
Shape	Geometrický tvar
Surface	Síťový povrch
Vertex	Bod, vrchol
Z-buffer	Hloubka průhlednosti

SEZNAM OBRÁZKŮ

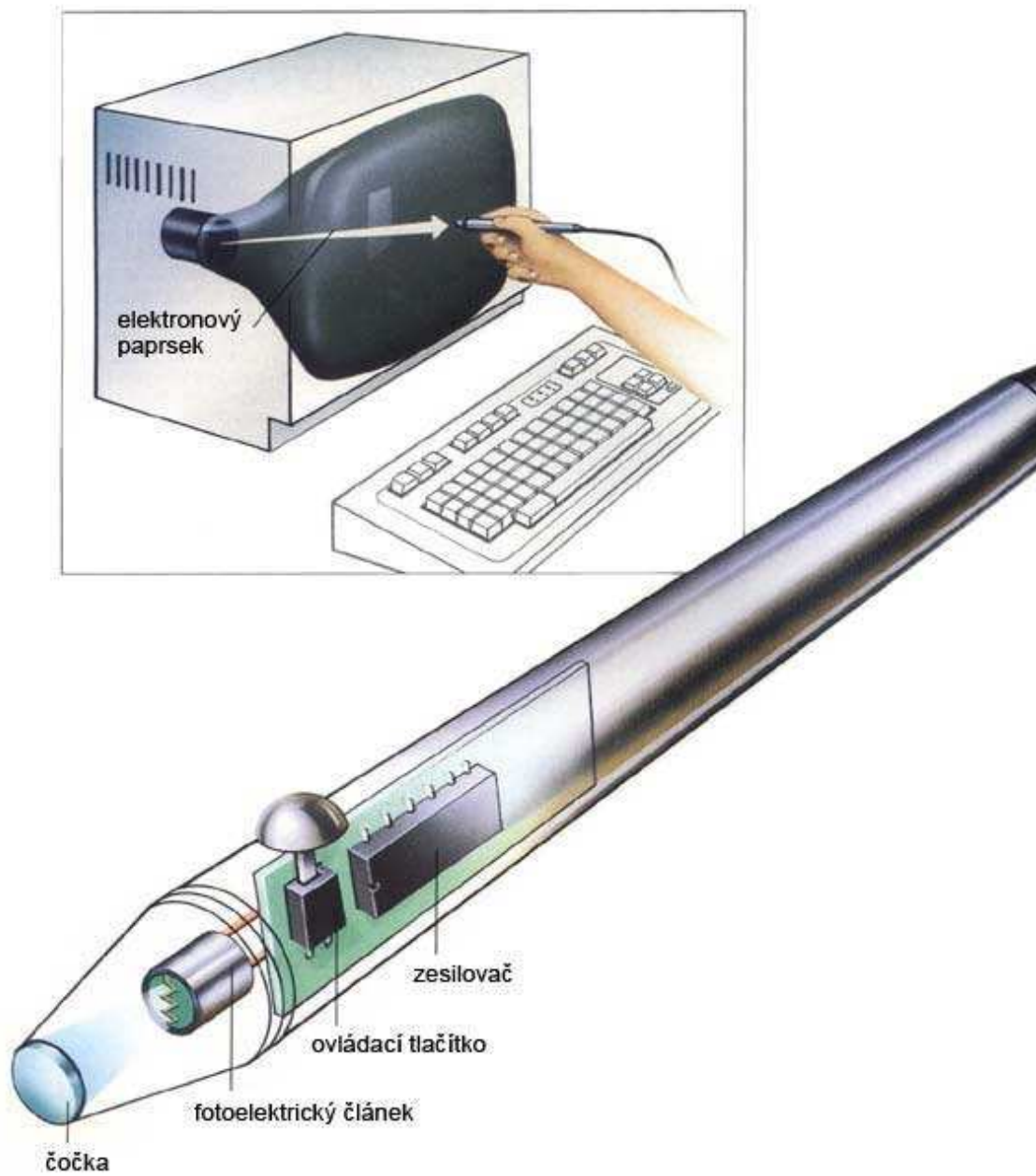
Obr. 1. Oscilon č.4, 1950	10
Obr. 2. Člověk v kokpitu letadla - William Fetter, 1960	11
Obr. 3. 1.dochovaný 3D film - Edward Zajac, 1963	12
Obr. 4. Star Wars - Larry Cuba, 1977	14
Obr. 5. První Bump mapping, 1978	15
Obr. 6. Raytracing, 1980	16
Obr. 7. Sexy robot, 1984	17
Obr. 8. Jurský Park, 1993	19
Obr. 9. Geri's Game - Jan J.Pinkava, 1998	20
Obr. 10. Rodinný dům s prodejnou	23
Obr. 11. Příklad vizualizace	25
Obr. 12. Herní průmysl - model válečníka	27
Obr. 13. Prostředí 3dsmax verze 7.5	30
Obr. 14. Prostředí Cinema 4D verze 9	35
Obr. 15. Prostředí Maya verze 6	38
Obr. 16. Prostředí Blender 3D verze 2.37	42
Obr. 17. Logické operace v 3D	45
Obr. 18. NURBS - křivky a plochy	47
Obr. 19. Subdiv kroky krychle	48
Obr. 20. Implicitní model krychle - variace	49
Obr. 21. Sjednocení objektů	51
Obr. 22. Sloučení objektů	52
Obr. 23. Průnik těles v krocích	53
Obr. 24. Postup modelování NURBS lahvičky	54
Obr. 25. Polygonal modeling - mimozemšťan	55
Obr. 26. Subdivizionální modelování mužského těla v krocích	56
Obr. 27. Skica útočného brouka	58
Obr. 28. Modelování trupu	58
Obr. 29. Modelování hlavního těla	59
Obr. 30. Výsledný model	59
Obr. 31. Chodidlo robota	60

Obr. 32. Právě „chodidlo“ a kabina	61
Obr. 33. Zleva doprava: trup robota, kulomet, pohybové rameno	61

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Elektronové pero
- P II Lahvičky s lektvary
- P III Útočný brouk – kompozice
- P IV Mechanický válečný robot – model
- P V Mechanický válečný robot – skica

PŘÍLOHA P I: ELEKTRONOVÉ PERO.



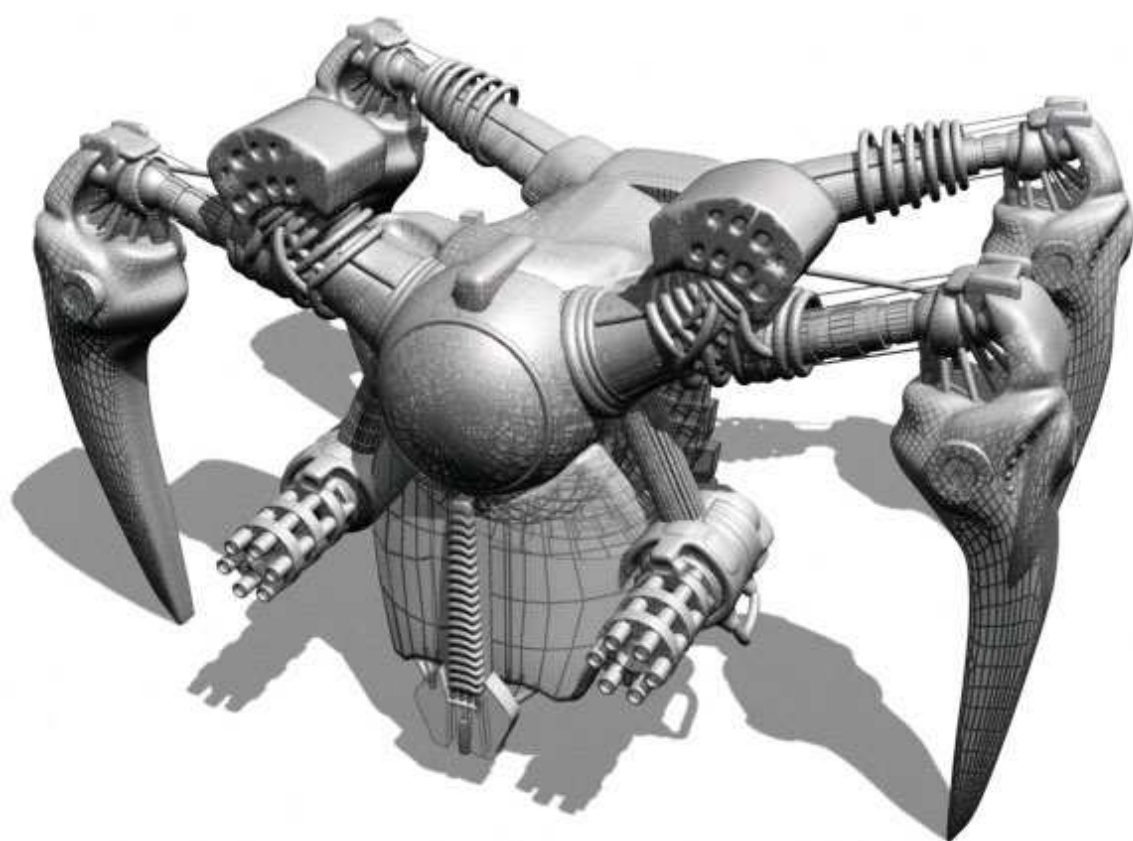
PŘÍLOHA P II: LAHVIČKY S LEKTVARY.



PŘÍLOHA P III: ÚTOČNÝ BROUK – KOMPOZICE.



PŘÍLOHA P IV: MECHANICKÝ VÁLEČNÝ ROBOT – MODEL



PŘÍLOHA P V: MECHANICKÝ VÁLEČNÝ ROBOT – SKICA

