

9. Počítačová animace



Cíl Po prostudování této kapitoly budete znát

- význam animace a její využití pro praxi
- principy tvorby animací v počítačové grafice
- jednotlivé fáze počítačové animace a naprogramovat je



Výklad

Úvod.

Co je znamená pojem animace? Animace znamená oživování, vytváření zdánlivě se pohybujících věcí. Slovo pochází z cizího slova znamenajícího *oživení*. První animace známe z kreslených pohádek, kde jednotlivé scény byly vykreslovány tak, aby při promítání vytvářely zdání pohybu. Bylo nutno vykreslit nejméně 24 obrázků za vteřinu. V současné době však pod pojmem "animace" je zahrnována celá škála činností, která s původním pojmem animace neměla nic společného. Těžko lze považovat za animaci sled snímků reálné skutečnosti doplněný mluveným slovem. A tak od animaci lze v současné době dojít až k virtuální realitě. Za animaci lze považovat vytváření situace - scén, které simulují skutečnost, která nenastala.

9.1 Využití animace

V technických disciplínách - "náhražka" reálných procesů; názornost a pod.

Zde je možná simulace dějů, které jsou náročné, nákladné a nebezpečné při reálném provedení. Lze simulovat různé kritické situace a animovat různé situace, které ve skutečnosti nelze z různých důvodů vůbec provádět.

Ve výuce. Využití animace ve výuce usnadňuje studentům snáze pochopit probíranou látku. Lze popisovaný proces zobrazit a vysvětlovaný děj znázornit. A pokud je výuková látka doplněna krátkou ukázkou a student si tuto může opakovaně pustit a vracet zpětných chodem, jde o význačnou studijní pomůcku i pro slabší studenty.

V umění - divadlo, film. Znamé studio Pixar (1984), které pod vedením Jana Pinkavy vytvořilo celou řadu animovaných filmů. Nejznámější - *Gerl's Game*. V roce 2007 získal Oscara za Jde o zcela animované filmy. Animace ve filmové tvorbě je však vyžívána i

jako doplněk filmu. Jde zde o náročné scény, které jsou nebezpečné a mnohdy nerealizovatelné.

Architektura. Možnost simulování situace, která ještě nenastala (namísto konstrukce pevných - nákladných modelů). Jde o modelování vzrůstu vegetace za určitou dobu. Zde je využití animace doplněno o další disciplíny, jako je chemické a fyzikální procesy, modelování vzrůstu stromů a pod.

Základem animačních algoritmů jsou rovinné a prostorové transformace, které byly probrány v předcházejících přednáškách. Animace je řešena dvěma způsoby. První - rovinná animace byla řešena již v 60-tých letech. Animace byla dána prostředky, které tehdy byly k dispozici. Nyní je animace řešena tak, že je modelován pohyb objektů v prostoru a ten je potom "převáděn" - promítán do roviny. Pohyb jednotlivých objektů je dán tzv. uzlovými body dráhy, která je posléze interpolována. Interpolace pohybu je doplněna skládáním rotačního a translačního pohybu.

Dalším požadavkem je pohyb po jiných než rovinných plochách. Nejčastěji po kulové ploše. Dále pohyb není rovnoměrný. Rychlost musí být měněna dle různých parametrů a pod. Čím více trváme na přirozeném pohybu, tím méně nám vyhovuje prostá kinematika.

V poslední době je v animaci řešen problém přirozeného "vzhledu" objektu. Rozmělnění hran, neostrých přechodů světla-stín, neostré barvy a pod.

9.2. Základy animace

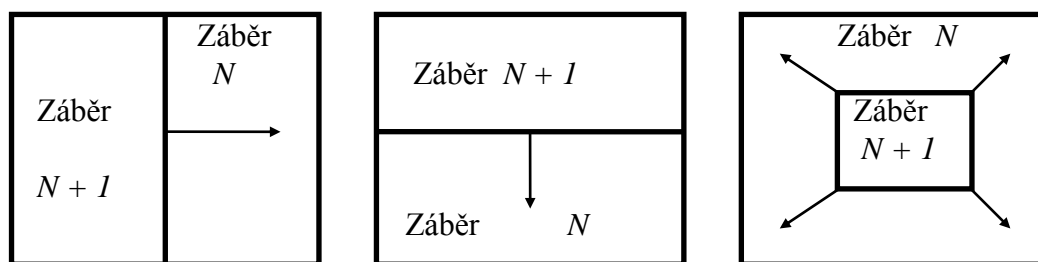
Základ animace je **vytvoření** snímku a jeho změna tak, aby se vytvořilo zdání pohybu. Tento efekt je docílen především transformací a) rovinných obrazců - dvojrozměrných; b) transformací v 3D. U rovinných transformací jde o posunutí, rotaci, měřítko, výřez (zoom) a pod. V transformacích v 3D jde navíc převážně o zastiňování těles - jedno druhým; problémy viditelnosti; při znázorňování pohybu různých těles při různém pohybu - směru, rychlosti, čase a pod.

Základní kroky konvenční animace:

1. Vytvoření scénáře na základě námětu. Určení obrazů scény. Ty potom rozdělit na jednotlivé záběry. Každý záběr charakterizovat pohledem kamery a pod.
2. Vykreslení konkrétní představy prostředí a "herců" dle scénáře.
3. Záznam zvukových efektů a hlasu "herců".

4. Vlastní animace. Výtvarník vytváří pro každý záběr výchozí (klíčové) fáze pohybu jednotlivých herců.
5. Vytváření jednotlivých mezifází pohybu. To jest vykreslení "meziobrázků" mezi jednotlivými fázemi pohybu. Každého "herce" zpracovává určitý výtvarník - programátor.
6. Vykreslení jednotlivých mezifází na materiály pro nasnímání kamerou na medium a pod. Vybarvení pozadí i animovaných objektů.
7. Dynamická kontrola iluze dynamiky pohybu.
8. Snímání jednotlivých obrázků, fáze pohybu.
9. Editace, úpravy (stříhy a pod.).

Z tohoto stručného "výčtu" bodů konveční animace lze usoudit, ve kterých bodech lze počítače využít. V bodech vytváření jednotlivých obrázků, kde lze využít ať již transformační funkce, tak i vytváření iluzí, je jasná.



Obr. 9.1

Na obrázku 9.1 je znázorněn postup při překrývání scény N následující scénou $N + I$.

Příklad. - Vytváření iluze

- že předmět (herec) se pohybuje na stejném pozadí (tzv. multiplanes).
- horizontálně (tzv. panning) či vertikálně (tilting) se pohybující pozorovatel nad scénou (iluze letu).
- zvětšování (přibližování) či zmenšování (vzdalování) (zooming).
- otáčení pozorovatele (spin).
- zhasínání (fade-out) a rozvěcování (fade-in) scény.
- vzájemné překrývání a jejich změna - výměna (cross-dissolve).
- stírací (wipe) technika (televizní) při výměně záběru.

9.2. Využití počítačů v animaci

Vydeme-li z konvečního postupu se animace skládá z následujících bodů.

1. Vytváření obrázků

- a) digitalizaci nakreslené předlohy
- b) obrázek vytvořen pomocí grafického editoru počítače, po případě procedur a pod.
- c) obrázek "vytvořen" činností jiného vstupního či výstupního zařízení a počítačem "pouze"
zpracován (scanner + další grafická editace + software na zpracování obrazu).

2. Vytváření iluze pohybu.

Mezifáze pohybu mohou být generovány počítačem nebo postupně tvořeny přáním tvůrce.

3. Vybarvení.

Barevně lze snímky opravit dvojitým způsobem - k přirozenému (tedy méně "jasnému" obrazu) a opačně.

4. Snímání může být řízeno počítačem při vytváření animovaného filmu. Počítač simuluje pohyb kamery, její umístění ukládání obrázků a pod.

5. Konečná úprava. Synchronizace pohybu a zvuku, střih - editace a pod. Kdy použít počítač?

Z hlediska **rozsahu** využití počítače pro animaci je možno použití rozdělit do pěti skupin.

1. Vytvoření a uložení obrázků, jejich pozdější vykreslení resp. editace.

2. Použití počítače pro výpočet **mezifází** jednotlivých sekvencí obrázků. Jejich postupné vykreslení po předem určené trajektorii. Zde má využití počítače ekonomický význam. Lze nahradit práci kresliců mezifází počítačem.

3. Využití počítače při tvorbě filmů znázorňující pohyb resp. deformaci objektů v 3D prostoru. Změny, zatmívání a pod.

4. Systémy, které využívají počítače pro tvorbu **pozadí** a na tomto pozadí přidělí **hercům** určité funkce - pohybu. Každý "herec" je zde řízen samostatně.

5. Nejvyšší stupeň využití je dán mocnými a "inteligentními" prostředky. Zde tvůrce předepisuje požadavky na záběry objektů, objekty - herce, jejich podobu, způsob pohybu a pod. Tato úroveň však není "běžně" dostupná.

Způsoby vytváření animovaných filmů je dána technikou, která je k dispozici a provádí se

a) **snímáním videokamerou** (frame by frame),

nebo

b) jsou vytvářeny - **generovány** - počítačem (real-time animation).

V prvním případě nejsme omezeni rychlostí generování jednotlivých obrázků. Je však zapotřebí zvláštních snímacích zařízení. Ve druhém případě je proveden záznam obrázku do paměti počítače a využívá se zobrazení na terminálu. Je jasné, že jsme velmi omezeni technikou. Je třeba vygenerovat a zobrazit obrázek v době kratší než 1/15 sekundy, aby dojem z pohybu (díky "pomalosti" lidského oka) byl relativně dokonalý. Tento požadavek na rychlost zobrazení se v našich podmínkách téměř nedá splnit tak, aby nebylo "něco" ošizeno. Způsobů je několik.

- Vybavit počítač maticovým a grafickým procesorem. (Urychlení transformačních procesů - převod z různých prostor, ořezání a pod.)

"Předesnímat" snímky, uložit je do paměti a potom "pouze" promítat. (Real-time-playback.)

- Použití "hrubšího" rastru u terminálu. Na místo 1024 * 1024 použít 512 * 512.

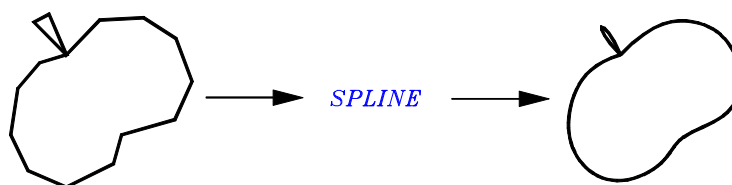
Př. Obrazovku rozdělit na čtyři části metodou zvětši-přesuň-střídej,- zoom-pan-scroll.

- Použití omezené palety barev.

Tyto způsoby však zhoršují kvalitu obrazu. Požadavky uživatelů jsou většinou opačného směru. V poslední době jsou hledány způsoby, jak si "pamatovat" vybarvené oblasti obrazovky a tyto posléze "kopírovat" na stejné nebo jiné oblasti obrazovky. A tak zvýšit efektivnost zobrazení. (Viz. fraktální komprese.) Jde zde o způsob využívaný při iluzi pohybu. Obrazovka je rozdělena na určité části. Tyto se zvětšují respektive zmenšují, posléze se ořezávají, rozměňují a pod. Tento proces je rychlejší než znovu vytváření mezifází. Neodpovídá však vždy realitě.

9.3. Základní techniky počítačové animace

Největší podíl na tvorbě animovaných filmů mají **grafické editory**. Tyto editory na příklad GRAFEDIT obsahují téměř všechny programy a procedury, které jsou pro tvorbu potřebné. Ať již jde o základní prostředky pro kresbu primitivů, tak možnost tvorby větších celků - bloků, které je možno editovat jako celek i



Obr. 9.2

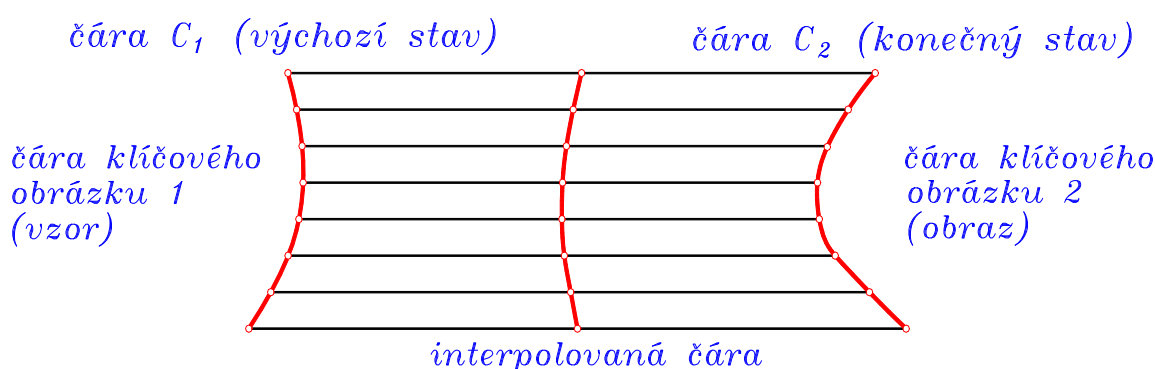
částečně. Programově jsou tyto editory vybaveny i možností "doprogramování" buď nových dalších procedur pomocí "nižších" programovacích jazyků (u AUTOCADu jde o LISP)

nebo v sobě obsahují přímo prostředky pro tvorbu modulů - objektů - pro potřebu kresliče - programátora.

Příkladem může být funkce SPLINE nebo BEZIER, která z "kostry" bodů vytvoří "hladkou" křivku.

9.4. Generování mezifází

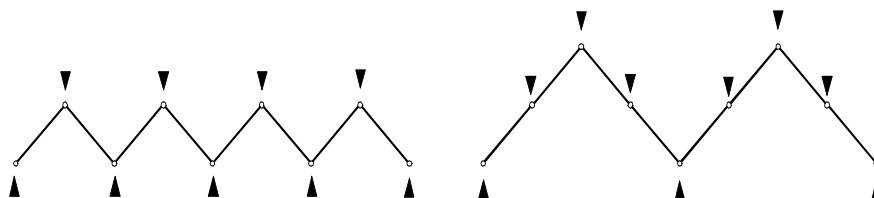
Tento krok animace při tvorbě je používán pro vykreslení simulace pohybu od počáteční fáze objektu po její konečnou fázi. Dále mohou být předepsány další parametry,



Obr. 9.3

jako rychlost resp. zrychlení, čas a pod. Program potom musí vygenerovat příslušný počet obrázků. Obrázek klíčové fáze je rozdělen na malé části (cels-buňky) a ostatní obrázky jsou vypočítány interpolací mezi odpovídajícími částmi klíčových fází.

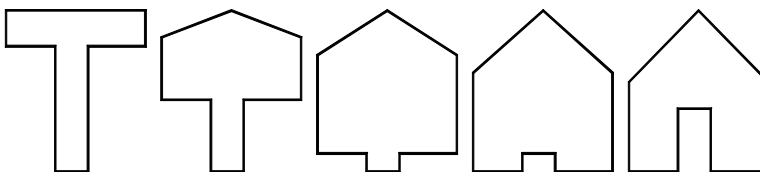
Algoritmus pro výpočet je následující. Jestliže je výchozí buňka C_1 dána N_1 čarami a buňka C_2 počtem N_2 čar. Většinou čísla rozdělení buněk N_1 a N_2 jsou si rovna. V tomto případě každý bod buňky C_1 je interpolován s každým bodem buňky C_2 . Jestliže počty dělení



Obr. 9.4

jsou rozdílné, je nutno buňku s menším počtem dělení rozdělit na stejný počet úseček, jako u druhé úsečky. Příklad takového "předzpracování" buňky je na následujícím obrázku.

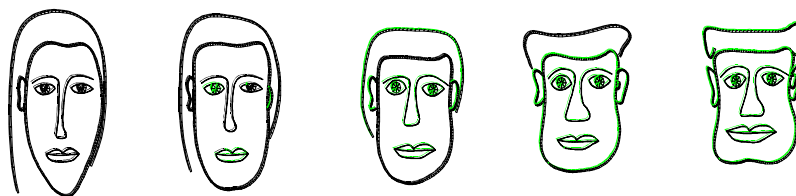
Úsečka C_2 po úpravě: úsečky čáry C_2 byly rozděleny na 2 úsečky. Na následujících obrázcích jsou příklady použití metody přechodu od výchozí křivky ke konečné křivce rozfázováním



Obr. 9.5

(Tweening).

Změna písmene T na kresbu "domu". Výchozí písmeno T tvoří 8 úseček. Konečný obrázek je tvořen devíti úsečkami. Bylo nutné jednu z úseček vzoru (písmeno T) rozdělit na dvě úsečky.



Obr. 9.6



Obr. 9.7

Následující obrázky ukazují možnost změny křivek, které tvoří obličej resp. postavy. Zde bylo nutné vzájemně přiřadit vstupní (vzorové) křivky k výstupním

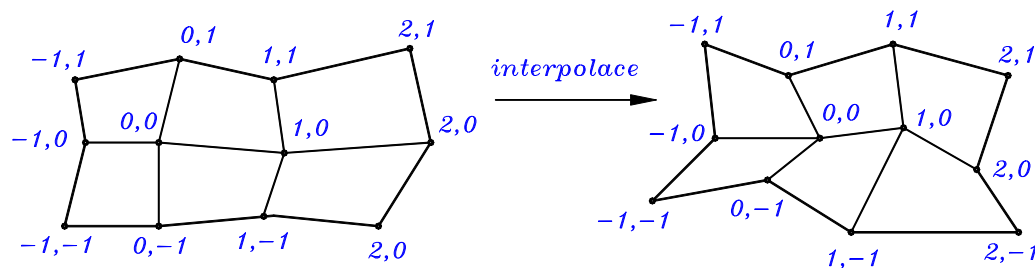
(obrazovým) křivkám. Přiřazení je možné v podstatě více způsoby. Jestliže jsou křivky zadány jako entity. Potom jde vlastně o výběr právě sobě odpovídajících entit. Zde může nastat při rozdílném počtu entit problém, že některým křivkám **nelze** přiřadit křivky ať vzoru nebo obrazu. Tento případ je možno řešit tak, že přebývající resp. chybějící křivku zastoupí bod - pixel, který v konečné fázi nebude vykreslen. Nebo bude ležet na nejbližší křivce vzoru nebo obrazu. Při přidělování křivek je nutno brát v úvahu prostorovou lokalizaci objektu v kresleném - zobrazovacím prostoru. I při stejném počtu křivek ve vzoru i obrazu je nutno brát v úvahu, že mnohé křivky musí zaniknout resp. vzniknout. Není možné, aby křivka, která zanikne "putovala" před svým zánikem v rámci obrázku. Bodem, který bude bodem zániku resp. zrodu bude bod v "těžišti" křivky. Tento bod ovšem v případě změny polohy - (přemístění, polohy a pod.) musí tuto skutečnost brát v úvahu.

9.5. Interpolace

Interpolace v animaci je využíváno dvěma způsoby. Interpolují se jednotlivé entity – úsečky, křivky apod. Výpočet polohy krajních bodů úseček jednotlivých fází se provádí výpočtem krajních bodů vnitřních úseček čar animovaných objektů podél trajektorií pohybu. Trajektorie pohybu jsou dány návrhářem mezi dvěma fázemi pohybu. Nebo lze interpolovat barvu příslušného pixelu ze vzorové barvy na výslednou barvu obrazu. Jsou zde interpolovány samostatně jednotlivé složky barev R, G, B. V současné době techniku změnu vzoru obrazu na výsledný obraz obsahují nejen grafické systémy, ale jsou součástí programového vybavení televizní techniky apod. (Podrobněji v části 9.8.)

9.6. Technika skeletu

Jestliže je třeba interpolovat určitou oblast tak, aby **nebyla** interpolována - jako celek

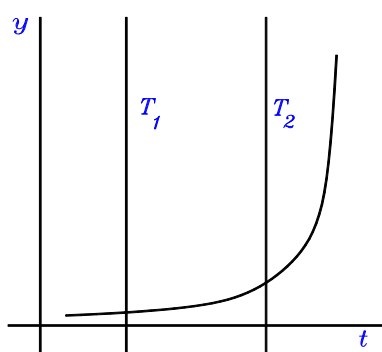


Obr. 9.8

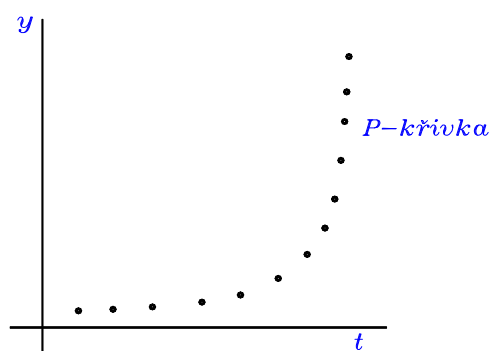
podle stejného předpisu - je plocha rozdělena do čtyřúhelníkových oblastí a interpolace je prováděna pro **každý čtyřúhelník zvláště**. V každém čtyřúhelníku je zavedena tzv. relativní souřadná soustava. V této oblasti se vnitřní body přepočítávají vzhledem k hranici oblasti.

9.7. Dynamika pohybu

Při rovnoměrném pohybu není vcelku velkých problémů. Je třeba přihlížet k tomu, že přísný rovnoměrný pohyb v přírodě prakticky neexistuje. Na příklad. Jestliže se přikáže figuríně člověka přísně rovnoměrný pohyb - bude tento pohyb zcela nepřírozený. Je tedy třeba



Obr. 9.9



Obr. 9.10

tento pohyb upravit - zpřesnit a tím přiblížit přirozenému pohybu. (Obdobně jako u zobrazování těles je nutno ostré hrany "rozostřit".)

Závažnější problém se objeví v okamžiku, kdy budeme sledovat pohyb stínu tělesa - objektu - po stěnách místnosti. Tyto stěny svírají různý úhel vzhledem ke sledovanému paprsku a tím i rychlost stínu se bude měnit. Popsat závislost rychlosti v čase pro účely animace není jednoduché. Jedna z možností (použito v systému GENESIS) je vyjádření rychlosti P-křivkou. Tato P-křivka vyjadřuje trajektorii bodu a jeho pozici v daném čase.

Symboly \circ vytvářejí P-křivku a jsou od sebe vzdáleny o konstantní čas t . Mezi jednotlivými body tedy může být použita lineární interpolace (křivku parametrizujeme časem). Dalším stupněm je parametrizace nejen na čase, ale i změny linearitu pohybu. Vzniknou tak P-křivky závislé na čase a rychlosti - tzv. **křivky pohybujícího se bodu**.

Na takto definovanou "plochu" je třeba opět algoritmus, který "interpoluje" takovouto "obecnou" plochu na již známou funkci - tedy převedení obecných křivek K na jednodušší - úsečky.

Na obrázku je znázorněna mezifáze, která spočívá v nalezení křivky $K(t)$, která "reprezentuje" vývoj křivky K_1 v křivku K_2 .

Řešení udává tzv.

Miursův algoritmus:

1. Aproximace křivek K_1, K_2

úsečkami L_1 a L_2 s týmiž

koncovými body.

2. Nalezení transformace

$T_1 : L_1 \rightarrow L(t)$, kde $L(t)$ je

úsečka, která aproximuje

$K(t)$ s týmiž koncovými

body.

3. Nalezení transformace $T_2 : L(t) \rightarrow L_2$.

Transformace T_1 a T_2 je tvořena posunem, rotací a měřítkem.

V parametrickém (časovém) vyjádření může být křivka $K(t)$ vyjádřena:

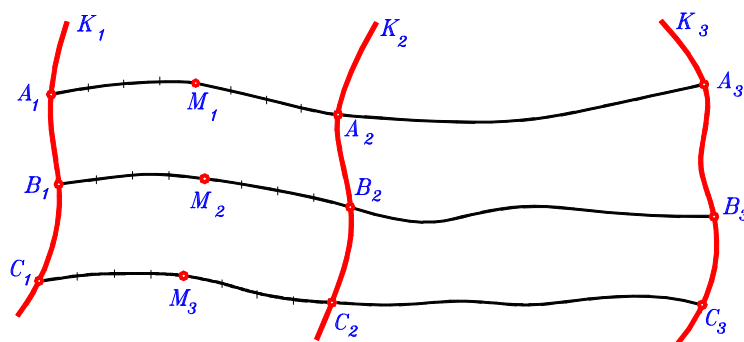
$$K(t) = (1 - t).T_1 + t.T_2 .$$

V prostoru jsou často - pokud strojočasové a prostorové podmínky dovolují - používány Coonsovy pláty. "Mezikrokem" je metoda, kdy je použita Miursuova metoda, ale aproximující křivky jsou kubické křivky.

9.8. Vybarvovací techniky

Systémy pro "malování" (paint systems) jsou nezbytnou součástí grafických editorů. Patří mezi základní vybavení. Tyto editory bývají vybaveny programy pro ukládání, vyhledávání a kombinování částí kreseb. Při vybarvování je třeba určit oblast a barvu, kterou bude oblast vybarvena. Již zde záleží na paletě barev. Pro vymezení vybarvení oblasti jsou používány dva způsoby:

1. Určení souřadnicemi příslušných pixelů v obrazové paměti.
2. Určení oblasti ve tvaru mnohoúhelníka, který je zadán vrcholy.



Obr. 9.11

Oba způsoby mají výhody i nevýhody. První je rychlejší. Pracuje bez složitých výpočtů a algoritmů. Pro praktické účely však není často využíván. Bývá používán pro vybarvení velkých ploch (pozadí scén a pod.).

Druhý způsob je jednodušší pro zadání. Je určena plocha - ať výpočtem, převodem nebo zadáním výtvarníka. A barva jednoho bodu uvnitř plochy. Oblast je potom vybarvena barvou pixelu zadaného uvnitř plochy. A zde nastupují algoritmy a) pro zadávání způsobu n-úhelníků - oblastí; b) způsobu vyplňování uzavřené oblasti. (Viz vyplňování ploch.)

9.9. Gradační metody

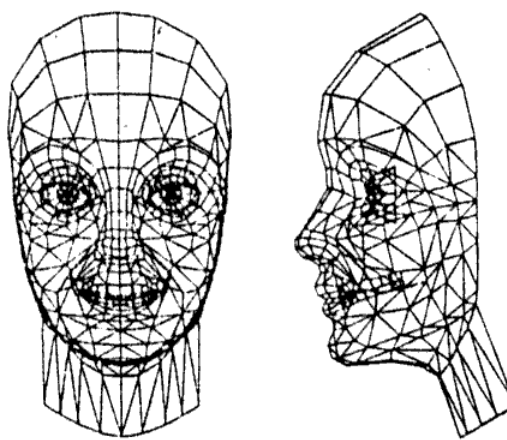
Obdobně jako u interpolací, kdy z jedné křivky dostaneme křivku jinou - transponovanou - je možno z určitého odstínu jedné nebo více barev projít interpolačním procesem k jinému odstínu nebo jiné kombinaci barev. (Srovnejte s vykreslením kulové plochy zobrazené jako množinu trojúhelníků vybarvených na základě úhlu jejich normály se světelným paprskem. Což lze interpretovat jako interpolaci intenzity barvy.)

9.10. Animace v 3D

Dosud jsme tělesa a plochy pouze zobrazovali, promítali někam a na něco. Případně šlo o pohyb (většinou rovnoměrný). Jestliže k tomuto přidáme funkci měřítka v závislosti na pohybu - dostáváme dojem vzdalujícího či přibližujícího se tělesa - objektu.

Velkou oblastí v animaci 3D je změna tělesa - plochy. Je třeba ať již při pohybu nebo bez něj měnit tvar. Toto se

děje tak, že plocha - těleso je popsáno sítí. Změnou jednotlivých bodů sítě ať všech nebo jenom některých lze docílit "oživení" tělesa. Na příklad gestikulace obličeje, dýchání, resp. deformace objektu a podobně.



Obr. 9.13

9.9. Modelování lidského těla

V počítačové animaci jsou používány pro modelování lidského těla a jeho pohybu tři typy modelů.

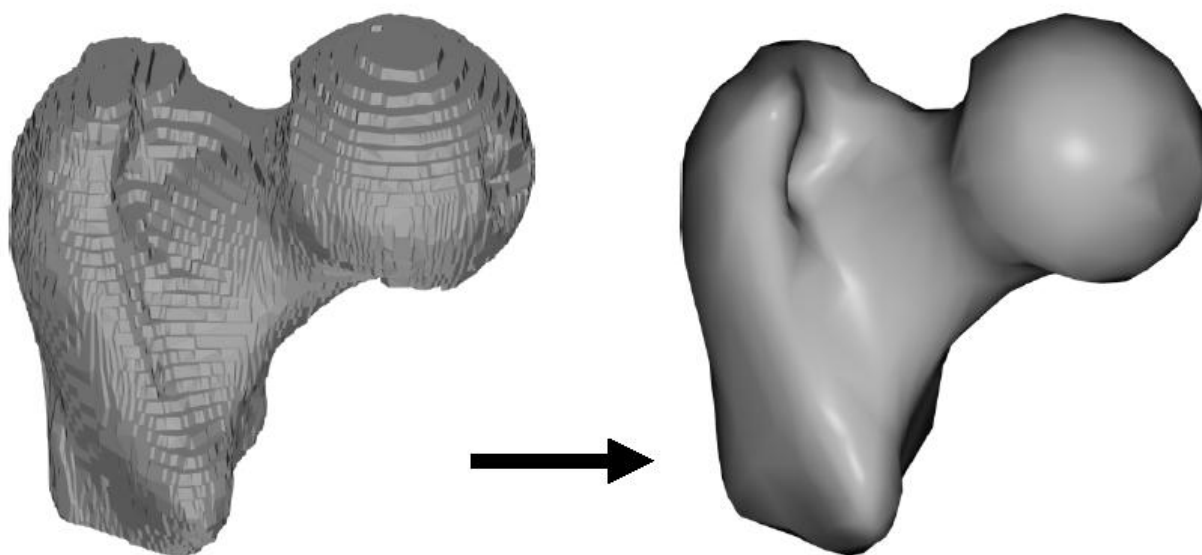
1. Prutový model.
2. Model tvořený povrchy.
3. Tělesový model.

Prutový model je tvořen systémem prutů (úseček) a jejich vzájemných spojení. Model je (ve srovnání s ostatními typy) jednoduchý. Pro kvalitnější modelování lidského těla je však nevyhovující.

Povrchový model je tvořen (většinou) rovinnými záplatami. Tento model umožňuje realizovat viditelnost potlačením neviditelných plošek. Toto u prutového modelu není možné.

Tělesový model (Obr. 9.14) je tvořen spojením elementárních geometrických třírozměrných objektů. Jde o typy:

- válcový model,
- model tvořený elipsoidy,
- model tvořený koulemi.



Obr.9.14

Model lidského těla je složen z větví a jejich spojení. V každém spojení jsou definovány osy pohybu pro různé pohyby, které mohou být v daném spojení prováděny.

Pohyb lze popsat nad spojeními a rozdělit je do tříd dle určení dle:

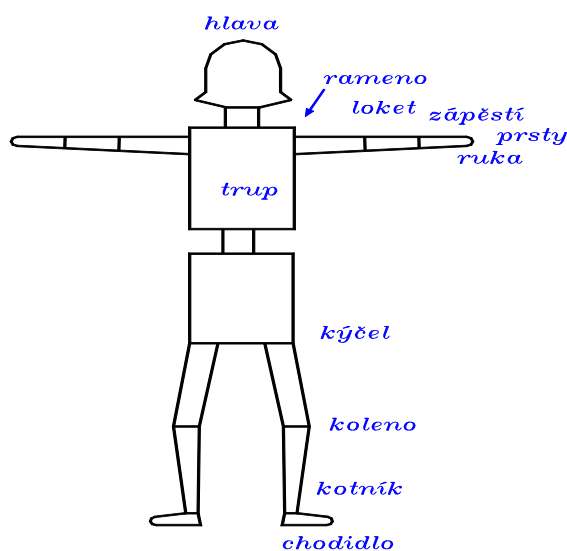
- směru pohybu (posun),
- otočení okolo osy o úhel,
- vzájemné orientace jednotlivých částí těla (paže, dlaň, prsty, ...)
- dotyku části těla navzájem a s ostatními předměty,
- tvar křivky pohybující se části těla.

Na obrázku 9.14 je model lidského těla – kloubu modelován prostorovou jednotkou – voxely.

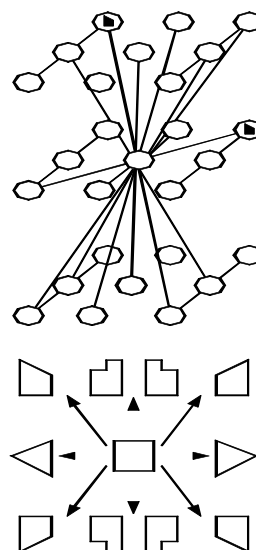
Na obrázku 9.15 a 9.16 je příklad návrhu notace pro označení směru pohybu.

Zvláštní kapitolu při modelování lidského těla a jeho pohybu je modelování ruky a obličeje. Zde jsou řešeny problémy:

- reprezentace obličeje (jeho tvaru a povrchu),
- reprezentace mimiky,
- vzájemný vztah jednotlivých částí obličeje.



Obr. 9.15



Obr. 9.16

Tyto problémy mohou být řešeny v animaci počítačové grafiky:

- Využitím standardní metody vykreslování klíčových fází pohybu obličeje a výpočet jednotlivých mezifází. Je používáno při animaci obličeje v rovině. Pro prostor je ekonomicky nevýhodné.

- Využíváním parametrických modelů tváře. Parametry lze rozdělit do dvou skupin - na parametry výrazové (popis tvaru očí, úst, tvar zřítelnic a pod.) a doplňkové (barva kůže, očí, vlasů a pod.).



Otázky 9. Animace

1. Popište principy animace a její využití.
2. Využití počítačů v animaci. Popište jednotlivé fáze animace.
3. Základní techniky počítačové animace.



Úlohy k řešení 9.

1. Zobrazte těleso (hranol, jehlan, ...), které
 - a) z popředí zmizí za vytvořeným obzorem;
 - b) a opačně.
2. Pohyb jednoduchého objektu po stanovené dráze. Objekt se bude samostatně pohybovat z výchozího stanoviště do koncové polohy.