

Алгоритми за визуализация

1.Обща постановка на задачата за визуализация

Алгоритъм за визуализация наричаме действие от преобразуване (проектиране) на пространствена сцена(множество от многостени) в графично изображение(равнинна рисунка),което създава у наблюдаващия го илюзия за тримерност.Съществуват две основни техники за постигане на илюзия за тримерност:

- а) „чертожна” техника,основаваща се върху централното им перспективно проектиране и отстраняване на невидимите за наблюдателя ребра.Т.е. рисуват се само видимите,проектирани перспективно върху средата за рисуване.Развитие на тези 2 техники за бинополярно проектиране,при което се произвеждат 2 изображения,много близки едно до друго,по едно за всяко око и мултипликацията,свързана с произвеждане на снимки(изображения) на движещ се обект(обикновено въртяща около ос със скорост между 25 и 30 изображения в секунда.
- б) Произвеждане на фотореалистични изображения-изображение,в което се отчита и светлината,осветяваща сцената и резултатът от такъв алгоритъм е съпоставим с фотоснимка,направена на прообраз на визуализационния модел.За производството на реалистични изображения към геометричния модел трябва да бъдат добавени и физични характеристики,касаещи разпространението на светлината.Например вид на материала,от който е създадено тялото,качества на повърхността на тялото,характеристики на средата,през която се разпространява светлината,местоположение и качество на източника на светлина и други

Въпросите 2-5 обсъждат чертожната техника,а 6-8 касаят фотореалистичната техника.За да се получи резултат на един алгоритъм за визуализация са необходими следните входни параметри:

- 1) Пространство –Е3
- 2) ГКС-дясноориентирана декартова координатна система
- 3) Пространствена сцена-предполагаме,че тя се поддържа от GMSys ,а телата в нея са групирани около центъра на ГКС
- 4) Наблюдател на сцената,чийто модел за алгоритъма е точка на гледане,която за удобство приемаме,че е върху оста z и направление на гледане,което е по посока на z
- 5) Проекционна равнина α -върху която ще получим изображението.От съображения за разбираемост на изображението се приема,че α е между наблюдателя и ПС,т.е. няма сечение с телата от сцената и е перпендикулярна на оста z .Това ни позволява с α да свържем локална координатна система
- 6) Вид проектиране.Използват се два вида проектиране
 - а) паралелно(в случая ортогонално),при което се създава права от точката,която проектираме и направлението на гледане прохода на тази права с α в P се нарича проекция на P при паралелно проектиране с вектор

б) централно (перспективно) проектиране - при него се прокарва права m/y деф. От проектираната точка и точката на гледане. Прохода на тази права с α наричаме централна проекция на т. Р. При централно проектиране центъра на пр. е точката на гледане W.

- 7) Прозорец на гледане $WWD = \alpha$. Пак от съображения за яснота на изображението се приема този прозорец да е правоъгълник, страните му да са паралелни на координатните оси и да е центрирано в пресечната точка на диагоналите да съвпада с центъра на локалната координатна система
- 8) Обем на видимост-вида на проектирането и прозореца на гледане формират обем на видимост

По отношение на обема за видимост алгоритмите се делят на 2 типа. При първия тип се визуализира само онази част от пространствената схема, която е с обема на видимост. При втория тип алгоритми първо се проектира пространствената сцена, след което се извършва изрязване на прозореца за видимост. Обсъждаме 2 вида алгоритми, тъй като отрязването по прозорец на видимост обсъдихме в 1.6. Възможно е освен въведената предна проекционна равнина да бъде проектирана и задна проекционна равнина. В този случай обемът на видимост става R множество, тоест права през пирамида. Това са параметрите, необходими за реализация на алгоритъм с чертожна илюзия за тримерност. Допълнителните параметри за постигане на фотореалистични изображения ще обсъдим в 3.6.

2. Алгоритъм на Робъртс

Този алгоритъм е изграден от 2 части - в първа част се отстраняват лицата (ребрата), които се закриват за наблюдателя от самото тяло. Във втората част пространствената сцена се разглежда като списък от потенциално видими лица, които могат да се закриват взаимно за наблюдателя.

Първа част - идеята на този алгоритъм се основава върху наблюдението, че ако изпъкнал многостен, който е сечение на равнинни полупространства, е представен така, че нормалния вектор към примитивните равнини на неговите лица са ориентирани едноточно, за конкретност приемаме, че всички са насочени навън с възможност да бъдат открити, закривани от многостени лица (невидими за наблюдателя и на тази основа да бъдат отстранени и невидимите за наблюдателя ребра). Идеята е проста, ако нормалния вектор към лицето и вектора на гледане сключват ъгъл > 90 градуса, - видимо, $= 90$ градуса - частично видимо, което по съображения причисляваме към невидими < 90 градуса - невидими. В схемата BR всяко ребро е сечение на точно 2 лица. От представянето да отстраним невидимите лица и невидимите ребра. - как да открием и отстраним невидимите върхове - Тази първа част на алгоритъма важи и за неизпъкнали многостени и многостени с дупки. След извършване на този тест обаче останалите лица, респективно ребра, са потенциално видими, тоест, могат да се закриват от други лица на тялото, на което те са принадлежащи.

Класифицирането на едно лице като видимо или невидимо се извършва лесно чрез скаларното умножение на нормалния вектор и вектора на гледане. Със списъка от потенциално видими лица

се пристъпва към втора част на алгоритъма. Това означава, че всеки две лица от този списък се подлагат на следната обработка:

1. Те се проектират в α
2. Търси се и ако е налично се открива евентуално сечение
3. Съгласно вида проектиране (за нас е централно) през вътрешна за сечението точка се пропуска сонда за дълбочина. За нас това е лъч с начало точката на гледане, който преминава през фиксирана точка на сечението. Този лъч можем да наречем антипроектиране. Сондата задължително пресича и двете лица. Лицето, чийто проход е по-близък до наблюдателя (разстоянието се мери по лъча) закрива другото лице. Първото наричаме видимо, второто частично видимо. Частично видимото се обработва като откритото в равнината перпендикулярно сечение се проектира върху него и се извършва операцията изваждане. Така обработеното лице се включва отново в списъка за изследване с други лица.

В резултат се получава множество от видими за наблюдателя лица, чиито проекции върху α създават у наблюдателя желаната илюзия за тримерност.

Алгоритъмът на Робъртс се определя като геометрично векторен и мястото му като метод за изчисляване на свойства е в геометричния процесор (Съгласно философското разбиране на структурата дърво всяка ДСРГИ е основа/корен на GMSys т.е. предполагаме оттук нататък, че функциите на системата за геометрично моделиране са разпределени между процесорите от 1 раздел.

3. Алгоритъм на Варнок.

Алгоритъмът на Варнок е геометрично растерен алгоритъм, т.е. мястото му е в дисплейния процесор. Като идея той се основава върху наблюдението, че всеки човек задържа по-дълго време зрението си (зрението е психофизиологичен процес, управляван от централната нервна система въз основа на получаване чрез паралелен интерфейс усещания (които наричаме картинки), произвеждани от рецептор, наречен ретина) върху онези части на пространствената сцена, които за него са по-сложни. Тази психологично условена закономерност Варнок интерпретира по следния начин като алгоритъм. Входни параметри на алгоритъма са

- а) Пространствената сцена като списък от лица (приемаме, че лицата са триъгълници, тъй като за Варнок границата и вътрешността на лицата имат едни и същи визуализационни характеристики и статус
- б) Прозорец на гледане WWD. Предполага се, че WWD е пикселизиран неявно (пиксел наричаме прозорец за гледане, който се изобразява в една екранна точка) Тази неявна пикселизация се изчислява на растера (множество от екранни точки, принадлежащи на вектора на гледане и задачата за налагане на прозорци от 1.6)

При тези начални условия алгоритъмът на Варнок гласи:

Разглежда се проекцията на пространствената сцена в прозореца на гледане. Тази проекция се класифицира по отношение на прозореца на гледане като проста или сложна. Според Варнок цялата е проста, когато съществува прост линейен алгоритъм за изрисуването и върху растрена ЕЛТ. Ако сцената е сложна Варнок предлага прозорецът на гледане да се раздели на 4 равни части и за всеки подпрозорец да се приложи същия алгоритъм. В учебника е описан алгоритъма в термините на деление на 4 еднакви подпрозореца, но в тази си част делението на прозореца трябва да бъде функция на пикселизацията, т.е. прозорците могат да не бъдат еднакви, и могат да не бъдат 4, а 2. Възможно е също при делението да се отчете локализация на проекцията с цел по-бързо достигане до прозорците, съдържащи проста проекция. Варнок дефинира следните възможности:

- 1) Никой ред, лице от проекцията няма сечение с прозореца
- 2) Точно едно лице от сцената има сечение с прозореца
- 3) Точно едно лице от сцената принадлежи на вътрешността на прозореца
- 4) Прозорецът принадлежи на вътрешността на проекцията

В оригиналната публикация се обсъжда и 5-та възможност, която е 4) с допълнение, че всички останали лица от сцената са по-далече (зад това лице). Но тази възможност изисква допълнителни изчисления по обработка на цялата схема и затова я игнорираме.

Обработката при визуализация на проста схема е ясна. Необходимо е сечение на лицето с произволен цвят да бъде представено чрез схемата 2.6 като клетката в случая е пиксел. Предполага се, че центърът (на тежестта) на всеки пиксел съответства на екранната точка, в която той се е изобразявал. Делението на WWD на подпрозорци продължава, докато се стигне до прозорец пиксел, който съдържа сложна проекция. В тази ситуация могат да се приложат различни техники за асоцииране на визуални характеристики и статус за съответния пиксел, но обикновено се избира следното просто решение. От точката на гледане през центъра на пиксела (защото имаме централно проектиране) се пропуска сонда за дълбочина и резултатът на това сондиране се присвоява на съответния пиксел. При това сондиране има възможност сондата да няма сечение с проекцията. Тази последна особеност определя алгоритъмът на Варнок като приближен. Алгоритъм за визуализация (алгоритъмът на Робъртс е точен). Алгоритъм на Варнок има много варианти за реализация (предварително сортиране на лицата от схемата при прецизни алгоритми при обработката на пиксел) като целта им е единствено ускоряване на алгоритъма.

4. Алгоритъм, използващ Z буфер

Този алгоритъм е растрен, тъй като има хардуерна реализация, следователно мястото му е в хардуерната дисплейна система от 1 раздел. Идеята е следната:

Входни параметри на алгоритъма са:

- а) Пикселизиран прозорец на гледане

- b) 1 лице от пространствената схема-това означава,че алгоритъма не познава пространствената сцена,а реагира(обработва) всяко постъпило лице,като обработката означава промяна на текущото му вътрешно състояние.

Вътрешното му състояние като структура от данни се състои от две числови матрици с размерите на пикселизацията.Първата матрица се нарича цветови буфер и той е дисплейната памет.Втората матрица се нарича буфер за дълбочина или z буфер,тъй като поради съображения за скорост се предполага,че наблюдателят е по оста z.Първоначално двата буфера имат следните стойности:

- a) Цветовия буфер е запълнен с числото,кодиращо цвета на фона
- b) Z буферът е запълнен с максималното цяло число,което означава ,че св. Сонда през съответния пиксел няма сечение със сцената.

При постъпване на лице(триъгълник) алгоритъма извършва следните дейности:

- a) Търси се сечение на всеки пиксел с проекцията на това лице.Ако не бъде открито сечение се преминава към обработката на следващ пиксел
- b) Откритото сечение се нарича фрагмент,т.е. в тази част алгоритъма обработва фрагменти
- c) За всеки фрагмент обикновено чрез сонда за дълбочина се изчислява неговата отдалеченост от наблюдателя(ясно е,че ако центъра на пиксел няма сечение с фрагмента няма нужда от сонда за дълбочина,т.е. пиксела и проекцията нямат сечение)
- d) Изчислената дълбочина се сравнява с дълбочината,записана в съответната на този пиксел клетка на z буфера.Ако новоизчислената дълбочина е по-малка от старата,записана в z буфера,то клетката се актуализира с новата дълбочина,а в съответната клетка на цветовия буфер се записва цвета на проектираното лице.Този алгоритъм също е приближен алгоритъм.

5.Алгоритми за поредово сканиране

Тези алгоритми също са векторно растерни.,т.е. в някакъв смисъл могат да бъдат разглеждани като варианти на алгоритъма на Варнок.Входните им параметри за следните:

- a) Пространствена схема като списък от лица
- b) Пикселизиран прозорец на гледане

За разлика от алгоритъма,използващ z буфер,този алгоритъм цели намаляването на размера на буфера като обикновено за се използва буфер с големината на един ред пиксели.От гледна точка на пикселизацията,прозорецът на гледане е разделен на редове,като алгоритмът обработва сцената ред по ред.Обработката на пикселен ред има две части:геометрична и растерна.

Геометрична част:пикселния ред се разглежда като прозорец,(т.е. понятието пиксел изчезва),през средата на който е прекарана права,наречена сканираща права.Границите на прозорците на

лицата разделят тази сканираща права на отсечки, като всяка една отсечка принадлежи или има сечение с вътрешността на 0,1, или повече от 1 лица. Чрез сонда за дълбочина, пусната през центъра на такава отсечка се установява най-близкото до наблюдателя лице и неговите визуализационни характеристики и статус се асоциират със съответната отсечка. Казваме, че я превръщат в цветови сегмент. Като заключителна дейност в тази част на алгоритъма е възможно да се извърши обработка по сливане на съседни цветови сегменти с еднакви визуализационни характеристики. При тази геометрична обработка е възможно да се използва т.нар. кохерентност на сцената - малки изменения в малки околности. Това означава, че е необходимо да се пазят резултатите от сканиращата права на предходния ред (както и цветовия буфер на предходния ред).

Растрена част - върху множество от цветови сегменти се наслагват пикселите от този ред. Това означава, че за всеки пиксел се изчислява сечението му с цветовия сегмент. Това сечение може да бъде изградено (съставено) от 1 или повече цветови сегменти.

Когато пикселът има сечение само с един цветови сегмент, то визуализационните характеристики и статуса на сегмента се асоциират с пиксела. В противен случай (сечение с 2 или повече сегмента) има две основни техники за оцветяване на пиксела:

- a) Избират се характеристиките на сегмента, който съдържа центъра на пиксела
- b) Чрез някаква формула, зависеща от дължините и визуализационните характеристики на сегмента, имащи сечение с пиксела се изчислява някакъв цвят, който се асоциира с пиксела. Обикновено формулата е линейна.

Въведената класификация на алгоритъма за визуализацията като геометричен и растрен цели единствено да се демонстрира чрез разбираем пример. Технологията, чрез която се осъществява нарастването на „интелигентността“ на хардуерните реализирани спец. Процесори. В информатиката, в частност компютърни науки, ако функционалността на 1 ВИМ или на един алгоритъм е подмножество на функции на друга ВИМ се казва, че А е по-малко интелигентна от 4 АСИ. (...) В живота неинтелигентен е отношение/първоначално еднопосочно на един човек към друг човек.

6. Прост модел на осветяване

Ако една цветна дигитална фотоснимка е съизмерима с резултата от работата на алгоритъм за визуализация, обработващ модел на реалността на фотоснимката, се казва, че алгоритъмът произвежда фотореалистични изображения. Предполагаме, че на всеки е ясен донякъде механизмът за фотозаснемане и той е, че отразената от пространствената сцена светлина, която попада върху някаква специфична среда за рисуване (фотоплака) и оставя следа, която наричаме снимка. Това означава, че алгоритмите за фотореалистични изображения трябва да използват някакъв модел на светлината, за да могат в някаква степен да имитират процеса на фотозаснемане. Заимстваме един прост модел на светлината (в аспект свойства на разпространението и) от оптиката, която е част от общата физика. Целта ни е да трансформиране

този модел в термините на геометрична задача. Ние (програмистите) не знаем какво е светлина. Физиките казват, че светлината е нещо (вълна, частици), което притежава

- a) Две основни измерими характеристики, наречени цвят и интензивност. В математическия модел, който ще създаваме това са две величини - 1 от тип цвят, една от целочислен тип
- b) Светлината за нашите нужди на фотозаснемането се движи по абсолютно права линия с пределна (мигновена) скорост. Това ни дава право да моделираме разпространението на светлината чрез лъч, чието начало наричаме светлинен източник, а посоката му е посока на разпространение
- c) По време на своето разпространение в някаква среда светлината променя своите характеристики, за нас основно интензивността, като формулата за пресмятане на интензивността се влияе от качествата на средата за разпространение (наречено обикновено коефициент на затихване) и дължината на изминатия път. Ясно е, че пътят не зависи от времето, тъй като скоростта е пределна, т.е. дължината на лъч светлина е функция на възможността за достигане на преграда, т.е. л среда, през която не може да се разпространява
- d) При достигане на такава преграда (с определени характеристики) лъчът светлина може да бъде:

-погълнат - означава, че тази среда (тяло) поглъща интензитета и цвета, т.е. лъчът изчезва. Такива тела се наричат абсолютно черни тела (черни дупки) и тях човек не може да види

-отразена - означава, че светлината се поглъща от тялото, след което излъчва във всички посоки равномерно светлинни лъчи с интензитет и цвят, чиято сума е по малка или равна на погълнатата светлина. Това отражение се нарича дифузно като върху качествата на отразената светлина влияе основно материала, от който е изградено тялото (и донякъде качеството на неговата повърхност). Ако повърхността е идеално гладка е възможно да се получи лъч огледално отразена светлина. За неговите характеристики, както и за характеристиките на всеки лъч дифузно отразена светлина в оптиката има формули. Ако наблюдателя се достигне от огледално отразен лъч, в общия случай се получава така нареченото заслепяване (пълно/частично). Ако направлението на гледане не съвпада с отразения лъч върху отразената повърхност се наблюдава ярко петно, независимо какъв е цветът на повърхността.

-пропусната от т.нар прозрачни тела (например стъкло).

В модела, който ще използваме, ще използваме формулите за изчисляване на цвят и интензивност само на пропусната (дифузна) светлина. При този модел като входни параметри на алгоритъма са необходими още:

- a) Местоположението и качеството на светлинните източници, осветяващи сцената. За нашите нужди ги моделираме чрез точка и ги наричаме точкови светлинни източници
- b) Модел на средата, в която се разпространява светлината (ЗА НАШИТЕ НУЖДИ ПРЕДПОЛАГАМЕ, ЧЕ ТОЗИ МОДЕЛ Е ВКЛЮЧЕН ПО НЯКАКЪВ НАЧИН ВЪВ ФОРМУЛИТЕ ЗА КАЧЕСТВАТА НА ОТРАЗЕНАТА/ПРОПУСНАТА СВЕТЛИНА)

- с) Допълнителна физическа информация относно материята и качествата на повърхността на телата в пространствената сцена.Предполагаме,че тази информация се поддържа от системата за геометрично моделиране и е достъпна като параметри на формулите за отразена и пропусната светлина.

При тези съглашения най-простият алгоритъм за фотореалистични изображения е следния:

През центъра на всеки пиксел(от пикселизирания прозорец на гледане) се пропуска сонда за дълбочина.От резултата в аспект най-близка до наблюдателя точка от пространствената сцена се пускат сонди за осветеност към всеки точков светлинен източник.Една сонда за осветеност се обработва за осветеност в последствие,ако между началото и светлинния източник няма други тела от сцената.

Обработката на успешна сонда за осветяване означава да се изчислят съгласно възприетия модел цветът и интензивността на светлината,достигащи от един светлинен източник началото.Това означава,че тези точки(резултати от сонди за дълбочина)могат да бъдат наречени виртуални светлинни източници(луни).Като втора стъпка се изчисляват характеристиките на светлината,достигаща до точката на гледане от такава луна.(Съществено е,че луните могат да не излъчват светлина във всички посоки).Този най-прост модел за фотореалистични изображения има редица недостатъци от гледна точка на нивото на „фотореализъм”.Например губи се илюзията за дълбочина на телата отс . светлината,излъчена от луните,която осветява пространствената сцена допълнително.

7.Сенки

Макар,че простият модел от 6 често се нарича и алгоритъм чрез трасиране на лъчи,е възможно чрез предварителна обработка на сцената да се постигне изчисление на луните и тези изчисления да се използват в последствие при по-добрия алгоритъм за получаване на фотореалистични изображения чрез трасиране на лъчи.Казаното означава,че е необходимо предварително да се изчислят онези части от повърхността на всяко тяло от пространствената сцена,които имат еднаква осветеност(като количество и качество на светлинните източници,които ги осветяват непосредствено).От геометрична гледна точка сянка е централна проекция на едно тяло с център светлинния източник на тялото върху повърхността на друго тяло.Ако имаме повече от един светлинен източник като сенки се формират повече области с различна осветеност.Областта,която не е осветена от нито един източник се нарича собствена(плътна) сянка.Областите,които са осветени от подмножеството светлини източници се наричат полусенки,а всички останали части,осветени от всички светлинни източници се наричат осветени.Казаното означава,че по отношение на сенките всяко лице може да бъде разделено на светлинни фрагменти.светлинен фрагмент наричаме част от лице,осветена от известни като качества светлинни източници.Това ни позволява светлинни фрагменти да бъдат трансформирани като виртуални светлинни източници(луни)(съгласно приетия модел на осветяване) преди върху така конструираната сцена да се изпълни алгоритъмът за получаване на фотореалистично изображение чрез трасиране на лъчи.

8.Глобален модел на осветяване чрез трасиране на лъчи

Този алгоритъм е продължение на простия алгоритъм от 6.Идеята е ,че при откриване чрез сонда за дълбочина за виртуален точков светлинен източник,то е ясно(тъй като е точка от светлинен фрагмент) какви качества биха попаднали в точката на гледане от него.,т.е. в този момент е необходимо за този точков виртуален светлинен източник да се изчисли само светлината,с която го осветяват евентуално други светлинни фрагменти от сцената.Това означава,че в тази точка се прилага моделът за осветяване в обратна посока,т.е. точката на гледане се разглежда като светлинен източник,облъчващ сцената с „неутрална” светлина,моделирана чрез сондата за дълбочина като тази неутрална светлина в точковия ВСИ би могла съгласно модела на осветяване да бъде отразена или пропусната.Това означава,че сондата за дълбочина формира 2 нови лъча светлина на пропусната и отразена светлина в тази точка.Тези лъчи отново се разглеждат като сонди за дълбочина и се проследяват от същия алгоритъм.Този процес на проследяване на лъчите,породени от сонда за дълбочина се фиксира в структура от данни двоично дърво,чийто корен е точката на гледане.

Възлите на това дърво са ВСИ,а ребрата му са от два типа-за пропусната и за виртуално отразена светлина.Проследяването на сонда за дълбочина(респективно изграждане на съответното дърво) приключва когато

- а) По технически причини т.е когато времето,отделено за изграждането му се изчерпа
- б) Когато всички листа на дървото обозначават или светлинен източник или пътят от листото до точката на гледане е достатъчно дълъг,така че излъчената от листото светлина не влияе върху осветеността на корена на дървото

Така изграденото листо се обхожда от листата към корена(всички листа са точкови ВСИ ,чиито светлинни характеристики или са собствени,или се назначават служебно в началото на алгоритъма за обхождане) като при това обхождане във всеки възел се прилага модела на осветяване и полученият резултат се предава към предходника.Полученият в корена на дървото резултат се асоциира с пиксела на просп. Сонда за дълбочина.