

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ТРИВИМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ

У статті проведено аналіз основних понять і сутності тривимірної графіки і візуалізації. Показано використання тривимірної графіки в різних сферах діяльності людини. Розглянуто програмне забезпечення для візуалізації.

Ключові слова: тривимірна графіка, візуалізація, програмне забезпечення.

Вступ

Комп'ютерна графіка в епоху інформаційних технологій є досить популярним напрямком використання комп'ютера. Комп'ютерне тривимірне моделювання, анімація і графіка в цілому не знищують в людині справжнього творця, а дозволяють йому звільнити творчу думку від фізичних зусиль, максимально налаштувавшись на плід свого творіння. Звичайно, поки що неможливо займатися графікою без певних навичок, але технологія не стоїть на місці і, можливо, в недалекому майбутньому творіння людини буде залежати тільки від його думки.

Навряд чи знайдеться людина, що не помітила вплив 3D-технологій на сучасне життя. 3D модель з'являється раніше, ніж народжується реальний об'єкт: будівля, обладнання, машина. Кіно неможливо уявити без 3D спецефектів, об'ємних милих вигаданих персонажів. Це тільки деякі, найбільш гучні приклади. І це нормальний процес еволюції людства.

Візуалізація завжди є останнім кроком роботи над тривимірним проектом. Можна сказати, що без візуалізації робота в 3D-редакторі не має ніякого сенсу, оскільки без неї не можна отримати кінцевий результат. Невдало виконана візуалізація може звести нанівець всі багатоденні зусилля по моделюванню, освітленню і текстуруванню сцени. Візуалізацію також називають рендерингом, або прорахунком.

Основна частина

3D графіка - це процес створення об'ємної моделі за допомогою спеціальних комп'ютерних програм. Цей вид комп'ютерної графіки увібрав в себе дуже багато з векторної, а так само і з растрової комп'ютерної графіки. На основі креслень, малюнків, докладних описів або будь-яких інших графічних або текстових інформації, 3D дизайнер створює об'ємне зображення або відео.

У спеціальній програмі на модель можна подивитися з усіх боків (зверху, знизу, збоку), вбудувати на будь-яку площину і в будь-яке оточення. 3D графіка, як і векторна, є об'єктно-орієнтованою, що дозволяє змінювати як всі елементи тривимірної

сцени, так і кожен об'єкт окремо. Цей вид комп'ютерної графіки володіє великими можливостями для підтримки технічного креслення. За допомогою графічних редакторів тривимірної комп'ютерної графіки, можна виконувати наочні зображення деталей і виробів машинобудування, а також виконувати макетування будівель і архітектурних об'єктів, що вивчаються у відповідному розділі архітектурно-будівельного креслення. Поряд з цим може бути здійснена графічна підтримка таких розділів нарисної геометрії як, перспектива, аксонометричні і ортогональні проєкції, тому що принципи побудови зображень в тривимірній комп'ютерній графіці частково запозичені з них.

Для створення графічного тривимірного об'єкту необхідно пройти кілька кроків: моделювання - розробка тривимірної математичної моделі сцени і об'єктів в ній; рендеринг - створення проєкції відповідно до параметрів обраної фізичної моделі; виведення отриманого зображення на потрібний пристрій (принтер або дисплей монітора) [1].

Візуалізація – термін в комп'ютерній графіці, що позначає процес отримання зображення за моделлю за допомогою комп'ютерної програми.

На цьому етапі математична просторова модель перетворюється на плоску картинку. Як структура даних, зображення на екрані представлене матрицею крапок, де кожна точка визначена, принаймні, трьома числами: інтенсивністю червоного, синього і зеленого кольору. Таким чином, рендеринг перетворює тривимірну векторну структуру даних в плоску матрицю пікселів. Цей крок часто вимагає дуже складних обчислень, особливо якщо потрібно створити ілюзію реальності. Найпростіший вид візуалізації - це побудувати контури моделей на екрані комп'ютера за допомогою проєкції. Зазвичай цього недостатньо і потрібно створити ілюзію матеріалів, з яких виготовлені об'єкти, а також розрахувати спотворення цих об'єктів за рахунок прозорих середовищ (наприклад, рідини в склянці) [3].

Процес візуалізації може відбуватися на безлічі комп'ютерів, що працюють разом, які використовуються компаніями для прискорення процесу візуалі-

зації. Рендеринг може зайняти від декількох секунд до декількох місяців в залежності від виконуваної роботи.

Різновиди комп'ютерної візуалізації створені через велику різноманітність сфери її застосувань:

Реалістичний рендеринг - техніка, створення «реалістичного» кольорового відеозображення, яка б враховувала, зокрема, ефекти випромінювання, відображення і заломлення світла, є частиною комп'ютерної анімації. Засоби реалізації реалістичного рендеринга представляють собою комп'ютерну імітацію використання звичайних художніх засобів і методів (X-методів або Natural Media), як би «без допомоги комп'ютера». Ці засоби забезпечують створення і модифікацію джерел світла, зафарбовування поверхні об'єктів, накладення на них потрібної текстури (наприклад, різного роду неузгодженостей), спотворення поверхонь, внесення ефектів напівпрозорості об'єктів.

Нефотореалістичний рендеринг (нереалістичний рендеринг); - тип комп'ютерної генерації зображень, який не ставить за мету досягнення фотореалізму; зазвичай означає комп'ютерне моделювання різних художніх засобів і методів. Види нефотореалістичного рендерингу: живописний тривимірний рендеринг, живописна постобробка, імітація художніх інструментів і техніки (начерків, малюнків пером, гравюр), автоматична генерація технічного малюнка, нетрадиційна перспектива, стилізована передача руху.

Живописний рендеринг - термін, який використовується для комп'ютерних графічних робіт, що імітують роботу, виконану вручну. Більшість програм для реалізації живописного рендерингу орієнтовані на обробку образотворчого матеріалу, заздалегідь підготовленого іншими засобами. Такі програми мають в своєму складі спеціальні алгоритми і інструментарій, що дозволяють вводити різні ефекти і виробляти їх настроюку.

Візуалізацію можна розділити на два типи:

- візуалізація в режимі реального часу («real-time rendering»). В цьому випадку сцена рендериться зі швидкістю не менше 24 кадрів за секунду і можна використовувати інтерактивну взаємодію з тривимірним світом. Для досягнення високої продуктивності найчастіше доводиться жертвувати якістю і деталізацією одержуваної картинки. Застосовується, головним чином, в комп'ютерних іграх, науковій та промислової візуалізації, де необхідно стежити за динамікою процесу, що відбувається.

- відкладена візуалізація («offline rendering»). У цьому випадку швидкість рендерингу не грає такої великої ролі, як якість одержуваної картинки. Тому час рендерингу одного зображення може доходити до сотень годин. Але за якістю картинки відрендерене зображення часом неможливо відрі-

нити від фотографії, а комп'ютерну анімацію від фільму. Для створення такого роду зображення використовуються пакети тривимірного моделювання, такі як 3ds Max, Maya, Blender і інші. Застосовується в кінематографі, дизайні.

На даний час розроблено безліч алгоритмів візуалізації. Існуюче програмне забезпечення може використовувати декілька алгоритмів для отримання кінцевого зображення.

Трасування кожного променя світла в сцені непрактично і займає неприйнятно тривалі періоди часу. Навіть трасування малої кількості променів, достатнього, щоб отримати зображення, займає надмірну кількість часу, якщо не застосовується апроксимація (семплірування).

Внаслідок цього, було розроблено чотири групи методів, більш ефективних, ніж моделювання всіх променів світла, що висвітлюють сцену:

Растрезація і метод сканування рядків. Візуалізація проводиться проектуванням об'єктів сцени на екран без розгляду ефекту перспективи щодо спостерігача.

Метод кидання променів. Сцена розглядається, як спостережувана з певної точки. З точки спостереження на об'єкти сцени направляються промені, за допомогою яких визначається колір пікселя на двовимірному екрані. При цьому промені припиняють своє поширення (на відміну від методу зворотного трасування), коли досягають будь-якого об'єкта сцени або її фону. Можливо використовуються якісь дуже прості техніки додавання оптичних ефектів або внесення ефекту перспективи.

Глобальна ілюмінація. Використовує математику кінцевих елементів, щоб симулювати дифузне поширення світла від поверхонь і при цьому досягати ефектів «м'якості» освітлення.

Трасування променів схожа на метод кидання променів. З точки спостереження на об'єкти сцени направляються промені, за допомогою яких визначається колір пікселя на двовимірному екрані. Але при цьому промінь не припиняє своє поширення, а поділяється на три компоненти, променя, кожен з яких вносить свій внесок в колір пікселя на двовимірному екрані: відбитий, тінювий і заломлений. Кількість таких поділів на компоненти визначає глибину трасування та впливає на якість і фотореалістичні зображення. Завдяки своїм концептуальним особливостям, метод дозволяє отримати дуже фотореалістичні зображення, але при цьому він дуже ресурсомісткий і процес візуалізації займає значні періоди часу. Передове програмне забезпечення зазвичай суміщає в собі кілька технік, щоб отримати достатньо якісне і фотореалістичні зображення за прийнятні витрати обчислювальних ресурсів [4].

Реалізація механізму рендерингу завжди ґрунтується на фізичній моделі. Обчислення, що виконують-

ся, відносяться до тієї чи іншої фізичної або абстрактної моделі. Головні ідеї прості для розуміння, але складні для застосування. Як правило, кінцеве елегантне рішення або алгоритм більш складні і містять в собі комбінацію різних методів [5].

В комп'ютерній графіці рівняння рендерингу – інтегральне рівняння, яке визначає кількість світлового випромінювання у певному напрямку як суму власного та відбитого випромінювань. Рівняння вперше було опубліковано в роботах Девід Имелл [6] і Джеймс Кайя [7] в 1986 році.

Різні алгоритми комп'ютерної графіки розв'язують це основне рівняння.

Фізичною основою рівняння є закон збереження енергії. Нехай L — це кількість випромінювання в заданому напрямку у заданій точці простору. Тоді кількість вихідного випромінювання ($L_{вих}$) є сумою випроміненого ($L_{вх}$) і відбитого світла. Відбите світло може бути поданим у вигляді суми випромінювання, що приходить по всім напрямкам, помноженої на коефіцієнт відбиття з даного кута [8].

Використання 3D графіки. Тривимірне моделювання на сьогоднішній день зачіпає дуже багато сфер діяльності людини. Деякі з них:

3D графіка в архітектурі та інтер'єрі. Більшість будівельних компаній і агентств давно переконалися в перевагах інформаційних технологій в будівництві. Інтерактивна 3d презентація котеджів є одним з універсальних проєктів по візуалізації житлових приміщень в 3d форматі.

В першу чергу вона є важливим рекламним інструментом. По-друге - це можливість візуалізації котеджів як всередині приміщення, так і зовні. Портрети - це можливість віртуально вивчити і дослідити предмети інтер'єру котеджів. Або, наприклад, оглянути планування майбутніх кімнат, відкривати і закривати двері, світло включати і вимикати. А також приблизно прикинути: де і як можна розташувати меблі і побутову техніку.

При перегляді інтерактивної презентації користувач може прогулятися територію, до якої має інтерес, наприклад, відвідати віртуальний балкон котеджу, побачити очікуваний вид природи, або житлових приміщень, які можуть будуватися поблизу.

Особливість такої презентації від інших відео презентацій полягає в різноманітності кількості переглядів. Програма функціонує таким чином, що ви можете спостерігати за інтер'єром котеджу з різних місць, оскільки презентацією ви керуєте самі.

3D графіка в промисловості. 3D моделювання дозволяє зобразити навіть найдрібнішу деталь обладнання і продемонструвати її замовнику, клієнту або партнеру з будь-якого ракурсу і навіть зсередини. Більш того, весь завод може бути спроектова-

ний в 3D з можливістю для користувача збільшувати об'єкт «до гвинтика», якщо це необхідно. Також це і унікальна можливість наочно показати якийсь технологічний процес або процес роботи обладнання з використанням анімаційних ефектів.

3D графіка в рекламі. Застосування 3D-технологій в рекламі це вже не новинка. Рекламний бізнес, як відомо один з найбільш інноваційних, постійна конкуренція вимагає пошуку нових рішень і підходів до подачі інформації. У рейтингу існуючих підвидів реклами, відеореклама як і раніше зберігає високі позиції, і залишається однією з основних видів реклами. Єдино що змінюється це якість відеороликів, і підхід до їх створення.

Виробники автомобілів були одними з перших, хто усвідомив всю міць тривимірної графіки, і зараз на всіх рекламних плакатах і в журналах ми бачимо не фотографії автомобілів, а їх тривимірні моделі, вже не кажучи про те, що за допомогою 3D-графіки можна розібрати автомобіль буквально на запчастини.

3D графіка в медицині. Технології тривимірного моделювання активно увійшли і в область медичних досліджень, адже ця область зачіпає найбільш складні наукові питання - здоров'я людини і його життя:

Медицина є найцікавішою сферою для застосування тривимірного друку. У стоматології вже можна створювати протези і коронки, причому це займає меншу кількість часу, ніж при використанні вже звичних для нас виробничих технологій. Також можливо відтворювати точні копії будь-яких частин людського тіла і скелета. Наприклад, американська компанія Oxford Performance Materials успішно провела операцію по заміні частини людського черепа імплантом, створеним за допомогою 3D принтера. Даний імплант не є просто шматком пластмаси, він складається з 23 кісток і в точності повторює кожен частину черепа. Але найдивовижніше, що технології 3D друку застосовуються для створення живих людських органів. Ще в 2011 році вдалося створити людську нирку, на створення якої пішло 3 години. Також співробітникам компанії Organovo вдалося відтворювати невеликі фрагменти печінки. Тканина створюється за принципом звичайного 3D друку, але в якості матеріалу використовують різновиди клітин.

Досить часто 3D-анімація стала використовуватися в суді для з'ясування обставин катастроф або автомобільних аварій - вона дозволяє продемонструвати послідовність подій, що відбуваються. Для її створення достатньо зібрати всі факти, свідчення свідків і врахувати реальні закони фізики.

3D графіка в науці. Фахівці, знайомі з 3D-графікою, вже давно визнали її значення для надання складних даних як в сфері бізнесу, так і в науковій сфері. Хоча статичні гістограми досить зручні для

надання інформації про торгові операції, їх не завжди можна застосовувати для показу дослідних даних. Часто для демонстрації математичних принципів, біологічних структур і зв'язків або явищ природи підходить тривимірна анімація.

Наприклад, популярним способом застосування 3D-графіки в сфері наукових досліджень є створення системи моделювання погоди: вона дозволяє наочно побачити високі і низькі області тиску, опади, повітряні потоки і інші параметри моделювання. Єдиний можливий недолік тривимірної анімації в науковій галузі - це необхідність використання складних систем, гігабайтів даних і високий рівень програмування.

3D графіка комп'ютерних іграх. Однією з найбільш цікавих сфер застосування 3D-графіки є її використання при створенні комп'ютерних ігор. 3D-дизайнер може створити практично що завгодно: від детальних персонажів і тривимірної «реальності» до анімаційних заставок і відеофрагментів.

Сьогодні поширеними прийомами в комп'ютерних іграх стало використання панорамної технології, тривимірної графіки реального часу (тобто графіки, яка візуалізується не в процесі створення гри, а відразу на комп'ютері користувача у вигляді зображення або анімації), а також інструменти, які дозволяють в короткі терміни змінювати навколишнє оточення, створювати високу швидкість пересування персонажів і швидкість їх реагування.

3D графіка в кіноіндустрії. Зачаровуючись подіями фільмів людина так залучена в те, що відбувається, що вірить всьому, забуваючи про спецефекти, що дають "життя" картині. Але багато сцен, перш ніж стати справжнім шедевром, проходять довгий шлях і спочатку виглядають зовсім не так як на виході. З появою комп'ютерної графіки відбулася революція в кінематографічному мистецтві, був здійснений найбільший справжній прорив в області спецефектів.

Створення комп'ютерної графіки в фільмах - колосальна робота, над якою працюють сотні професіоналів. Від сценаристів і режисерів до цілої армії 3D-художників: вони займаються моделюванням, текстуруванням, анімацією і візуалізацією персонажів і віртуального світу. За допомогою тривимірної графіки можна замінити реального актора його комп'ютерним прототипом. Крім того, за допомогою графіки можна відтворити на екрані неіснуючі в реальності декорації і цим неабияк заощадити бюджет картини. Так же графіка може замінити собою реальних каскадерів, які теж обходяться досить дорого та виправити зіпсований кадр, Відкоригувати цілу сцену, без необхідності перезнімати її заново.

Програмне забезпечення для рендерингу. Існує більше півтисячі різних програм для візуалі-

зації. Одні з них вбудовані в пакети 3D моделювання, інші поставляються як окремі продукти, одні можуть виконувати величезну кількість завдань, інші створені для специфічних цілей. Крім того, існує певна кількість безкоштовних рендерів, створених ентузіастами [9].

Існує два метода рендерингу: *biased rendering* та *unbiased rendering*.

Biased означає що є повний контроль над процесом рендерингу. Можливо контролювати як рендер «сприймає» сцену, наскільки точно прораховує світло, тіні, глобальне освітлення та інші ефекти, такі як блиск, відображення, заломлення і тд. Іншими словами, *Biased* означає «обмежений», «прив'язаний». Тобто встановлюються ці обмеження.

Unbiased працює з точністю навпаки. Він не розрахований ні на що інше, крім абсолютно фізично коректних обчислень, прив'язаних до реальних фізичним одиницям і законам, котрі дають ніякого контролю над процесом своєї роботи.

Unbiased рендер обраховує абсолютно всі дані, навіть важко помітні маленькі нюанси і деталі, які, однак, можуть привнести серйозні відмінності в фінальне зображення.

Рендери *unbiased* та *biased* технічно поділяються на рендери CPU — рендери, які для обчислення використовують тільки центральний процесор та рендери GPU— рендери, які для обчислення використовують тільки графічний процесор— відеокарту.

Одним із шляхів вирішення проблеми тривалості роботи *unbiased* рендерів є використання для розрахунків графічних карт (GPU). Інший шлях - поява гібридних рендерів, таких як *Thea* рендер, які суміщають обидва підходи.

Найбільш популярні рендери:

Biased рендери CPU: *VRay*; *Renderman*; *Mental ray*; *Mantra* (йде разом з *Houdini*, є режим *unbiased*).

Biased рендери GPU *Redshift*: *VRayRT* (може і процесор задіяти тобто GPU + CPU).

Unbiased рендери CPU: *Maxwell Render*; *Arnold*; *Indigo*; *Fryrender*; *Lux Render*; *iRay* (GPU + CPU); *Cycles Render* (GPU + CPU).

Unbiased рендери GPU: *Indigo RT*; *Arion render*; *Small Lux GPU*; *Octane Render*.

Гібридні *biased + unbiased* рендери: *Corona Render* (CPU); *Thea* (CPU); *Thea Presto*.

Пакети тривимірного моделювання, що мають власні рендери:

Blender - пакет для створення тривимірної комп'ютерної графіки, що включає в себе засоби моделювання, анімації, рендерингу, постобробки відео, а також створення інтерактивних ігор (є свій ігровий движок *BGE*) [10]. Особливостями пакету є малий розмір, висока швидкість рендерингу, наявність версій для безлічі операційних систем. Великий вибір зовнішніх візуалізаторів. Пакет має такі функції, як

динаміка твердих тіл, рідин і м'яких тіл, систему гарячих клавіш, велику кількість легко доступних розширень, написаних на мові Python. Blender найкращий серед безкоштовних 3D програм с постійно зростаючою популярністю.

3 DS Max - повнофункціональна професійна програмна система для роботи з тривимірною графікою, розроблена компанією Autodesk. Працює в операційних системах Microsoft Windows і Windows NT (як в 32-бітових, так і в 64-бітних) [11]. Вже незабаром виходить дев'ятнадцята версія цього продукту під назвою «Autodesk 3ds Max 2017». Програма 3ds max характеризується продуманим інтерфейсом і відносною легкістю в освоєнні. Цим можна пояснити її велику популярність. Багатий інструментарій дає розробникові тривимірної графіки можливість реалізувати в програмі будь-яку задумку [12].

SoftImage XSI - це 3D анімаційне програмне забезпечення застосовується при розробці ігор, створенні фільмів і телевізійних програм. В арсеналі SOFTIMAGE XSI є повний набір інструментів для 3D моделювання, анімації і рендеринга. Базована на новій, надзвичайно гнучкій архітектурі, XSI забезпечує 3D професіоналів безпрецедентною потужністю і гнучкістю для реалізації найнеймовірніших творчих задумок [13].

Ще кілька програм, що мають власні рендери: Newtek Lightwave; Maya; Realsoft 3D; Sketch Up; CINEMA 4D; Zbrush; Terragen; Daz3D Bryce; e-on Software Vue; Luxology Modo; Maxon Cinema 4D (Advanced Render); SideFX Houdini; та ін.

Висновки

Провівши аналіз можна зробити висновки що тривимірна графіка аж ніяк не новинка, в даний час вже цілком сформувалася як наука. Вона давно і дуже успішно використовується для зображення об'ємних предметів і явищ. Сучасний світ вже не може обходитися без тривимірної графіки. Вона рухається і розвивається дуже швидко і стрімко.

Також було виявлена основна вимога до візуалізації яка є отримання максимально фотореалістичної картинки з мінімальними витратами ресурсів комп'ютера і часу на обробку сцени.

Список літератури

1. Сайт *Vspu.net*. Об'ємне комп'ютерне моделювання 2013 [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://ito.vspu.net/ENK/2011-2012/TIMTPN/rob_stud_2012/2013/Nikitin/page-10.html.
2. Сайт *Gdtyry.blogspot.com*. Тривимірна графіка [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://gdtyry.blogspot.com/p/3d-3-dimensions.html>.
3. Цікаво про 3D [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://novipetrivtsi-school3.edukit.kiev.ua/piznayemo_svii/cikavo_pro_3d.
4. Що таке рендеринг? [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://vidpo.net/shho-take-rendering.html>.
5. Sloan, P.; Kautz, J.; Snyder, J. (2002). *Precomputed Radiance Transfer for Real-Time Rendering in Dynamic, Low Frequency Lighting Environments Computer Graphics (Proceedings of SIGGRAPH 2002)* 29. – С. 527-536.
6. Immel, David S.; Cohen, Michael F.; Greenberg, Donald P. (1986). *A radiosity method for non-diffuse environments. Siggraph 1986*: 133.
7. Kajiya, James T. (1986). *The rendering equation. Siggraph 1986*: 143.
8. Калютов, А.В. *Введение в фотореалистическую графику / А.В. Калютов*. – СПб.: Политехника, 2015. – 118 с.
9. *Основи рендеринга [Електронний ресурс]*. – Режим доступу до ресурсу: <http://easy-code.com.ua/2010/11/osnovi-renderinga>.
10. Прохов А.А. *Blender: 3D-моделирование и анимация. Руководство для начинающих / А.А. Прохов*. – СПб.: БХВ – Петербург, 2009. – 272 с.
11. 3DSMAX [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.autodesk.ru/products/3ds-max/overview>.
12. Петров М.Н. *Самоучитель CorelDraw 12 / М.Н. Петров*. – СПб.: Питер, 2005. – 607 с.
13. XSI.SOFTIMAGE 7.0 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://xpowerer.at.ua/load/8-1-0-28>.

Надійшла до редколегії 26.04.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. К.С. Козелкова, Державний університет телекомунікацій, Київ

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

И.В. Ильина, А.В. Бижко

В статье проведен анализ основных понятий и сущности трехмерной графики и визуализации. Показано использование трехмерной графики в различных сферах деятельности человека. Рассмотрено программное обеспечение для визуализации.

Ключевые слова: трехмерная графика, визуализация, программное обеспечение.

THE ANALYSIS OF FEATURES OF IMAGING THREE-DIMENSIONAL OBJECTS

I.V. Ilyina, O.V. Bizhko

The article analyzes the basic concepts and the essence of the three-dimensional graphics and rendering. It is displayed the use of three-dimensional graphics in various spheres of human activity. It is considered software for rendering.

Keywords: three-dimensional graphics, rendering, software.