

У 40-41. Загальні поняття про 3D-графіку та моделювання.

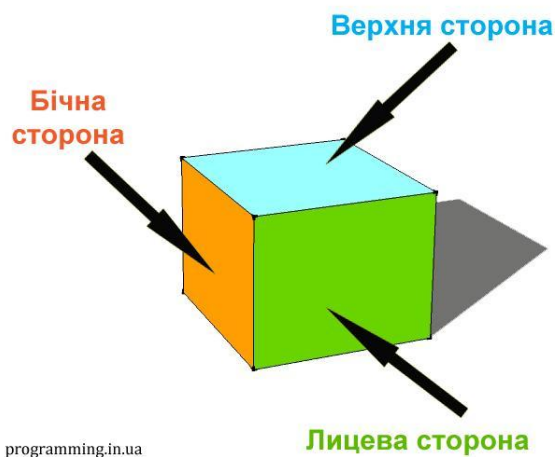
Тривимірна графіка, або **3D-графіка** — розділ [комп'ютерної графіки](#), сукупність прийомів та інструментів (як програмних, так і апаратних), призначених для зображення об'ємних об'єктів. Найбільше застосовується для створення зображень, які надалі використовуватимуться на екрані або роздруківках в кінематографі, архітектурній справі, комп'ютерних іграх, а також в поліграфії, науці та промисловості..

Основна відмінність від 2D графіки — представлення зображення в трьох площинах, яке в подальшому перераховується в 2D для виводу на екран або папір.

3D графіка являється більш реалістичним відображенням інформації, оскільки в повсякденному житті людина бачить світ саме в трьох вимірах. З допомогою цього виду графіки дуже легко маніпулювати такими ефектами як освітлення і тінь.

Проте, 3D і 2D графіка тісно взаємопов'язані між собою, оскільки тривимірна графіка використовує алгоритми 2D векторної і 2D растрової графіки, в свою чергу 2D графіка використовує 3D побудову для отримання реалістичних зображень.

Далі наведено приклад 3D зображення(здебільшого для побудови 3д об'єкта достатньо мати уявлення про його лицевий вигляд, вигляд збоку та вигляд зверху).



Для одержання тривимірного зображення на площині потрібні такі кроки:

- [Моделювання](#) — створення тривимірної математичної моделі сцени і об'єктів в ній.
- [Рендеринг](#) (візуалізація) — побудова [проєкції](#) відповідно до обраної фізичної моделі.
- Виведення отриманого зображення на пристрій виведення — дисплей або принтер.

Однак, у зв'язку зі спробами створення [3D-дисплеїв](#) і [3D-принтерів](#), тривимірна графіка не обов'язково охоплює проєктування на площину.

Основна відмінність від 2D графіки — представлення зображення в трьох площинах, яке в подальшому перераховується в 2D для виводу на екран або папір.

3D графіка являється більш реалістичним відображенням інформації, оскільки в повсякденному житті людина бачить світ саме в трьох вимірах. З допомогою цього виду графіки дуже легко маніпулювати такими ефектами як освітлення і тінь.

Проте, 3D і 2D графіка тісно взаємопов'язані між собою, оскільки тривимірна графіка використовує алгоритми 2D векторної і 2D растрової графіки, в свою чергу 2D графіка використовує 3D побудову для отримання реалістичних зображень.

Далі наведено приклад 3D зображення(здебільшого для побудови 3д об'єкта достатньо мати уявлення про його лицевий вигляд, вигляд збоку та вигляд зверху).

Моделювання

Сцена (віртуальний простір моделювання) охоплює кілька категорій об'єктів:

- Геометрія (побудована за допомогою різних технік модель, наприклад будівля)
- Матеріали (інформація про візуальні властивості моделі, наприклад колір стін і відбиває / заломлююча здатність вікон)
- Джерела світла (налаштування напрямки, потужності, спектра освітлення)
- Віртуальні камери (вибір точки та кута побудови проєкції)
- Сили та дії (налаштування динамічних спотворень об'єктів, застосовується в основному в анімації)
- Додаткові ефекти (об'єкти, що імітують атмосферні явища: світло у тумані, хмари, полум'я і пр.)

Завдання тривимірного моделювання — описати ці об'єкти і розмістити їх у сцені з допомогою геометричних перетворень відповідно до вимог до майбутнього зображення.

Рендеринг

На цьому етапі математична (векторна) просторова модель перетворюється на пласку (растрову) картинку. Якщо потрібно створити фільм, то рендериться послідовність таких картинок — кадрів. Як структура даних, зображення на екрані представлено матрицею точок, де кожна точка визначена принаймні трьома числами: інтенсивністю червоного, синього і зеленого кольору. Таким чином рендеринг перетворює тривимірну векторну структуру даних у плоску матрицю пікселів. Цей крок часто вимагає дуже складних обчислень, особливо коли потрібно створити ілюзію реальності. Найпростіший вид рендеринга — це побудувати контури моделей на екрані комп'ютера за допомогою проєкції. Звичайно 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).

Існує декілька технологій візуалізації, часто комбінованих разом. Наприклад:

- Z-буфер (використовується в [OpenGL](#) і [DirectX 10](#));
- Сканлайн (scanline) — він же Ray casting («кидання променя», спрощений алгоритм зворотного трасування променів) — розрахунок кольору кожної точки картини побудовою променя з точки зору спостерігача через уявне отвір в екрані на

місці цього пікселя "в сцену" до перетину з першою поверхнею. Колір пікселя буде таким же, як колір цієї поверхні (іноді з урахуванням освітлення і т. д.);

- Трасування променів (*рейтрейсінг*, [англ. raytracing](#)) — те ж, що і сканлайн, але колір пікселя уточнюється за рахунок побудови додаткових променів (відображених, заломлених і т. д.) від точки перетину променя погляду. Незважаючи на назву, застосовується тільки зворотний трасування променів (тобто саме від спостерігача до джерела світла), пряма вкрай неефективна і споживає занадто багато ресурсів для отримання якісної картинки;

- Глобальне освітлення ([англ. global illumination, radiosity](#)) — розрахунок взаємодії поверхонь і середовищ у видимому спектрі випромінювання за допомогою інтегральних рівнянь.

Грань між алгоритмами трасування променів в наш час практично стерлася. Так, в [3D Studio Max](#) стандартний візуалізатор називається Default scanline renderer, але він вважає не лише внесок дифузного, відбитого та власного (кольори самосвітіння) світла, але і згладжені тіні. З цієї причини, частіше поняття Raycasting відноситься до зворотної трасуванні променів, а Raytracing — до прямої.

Найпопулярнішими системами рендеринга є:

- PhotoRealistic [RenderMan](#) (PRMan)
- [Mental ray](#)
- [V-Ray](#)
- Corona Renderer
- [FinalRender](#)
- [Brazil R / S](#)
- [BusyRay](#)
- [Turtle](#)
- [Maxwell Render](#)
- [Fryrender](#)
- [Indigo](#) Renderer
- [LuxRender](#)
- [YafaRay](#)
- [POV-Ray](#)

Внаслідок великого обсягу однотипних обчислень рендеринг можна розбивати на потоки (розпаралелювати). Тому для візуалізації вельми актуальне використання [багатопроцесорних](#) систем. Останнім часом активно ведеться розробка систем візуалізації використовують [GPU](#) замість [CPU](#), і вже сьогодні їх ефективність для таких обчислень набагато вище. До таких систем відносяться:

- Refractive Software [Octane Render](#)
- AAA studio [FurryBall](#)
- RandomControl [ARION](#) (гібридна)

Багато виробників систем візуалізації для CPU також планують ввести підтримку GPU (LuxRender, YafaRay, mental images iray).

Найпередовіші досягнення та ідеї тривимірної графіки (і комп'ютерної графіки загалом) доповідаються і обговорюються на щорічному симпозиумі [SIGGRAPH](#), традиційно проводиться в США.

Програмне забезпечення

Програмні пакети, що дозволяють створювати тривимірну графіку, тобто моделювати об'єкти віртуальної реальності і створювати на основі цих моделей зображення, дуже різноманітні. Останні роки стійкими лідерами в цій галузі є комерційні продукти: такі як [3ds Max](#), [Maya](#), [Lightwave 3D](#), [SoftImage XSI](#), [Sidefx Houdini](#), [Maxon Cinema 4D](#), [Realsoft 3D](#) і порівняно нові [Rhinoceros 3D](#), [modo](#), [Nevercenter Silo](#) або [ZBrush](#). Крім того, існують і відкриті продукти, поширювані вільно, наприклад, пакет [Blender](#) (дозволяє робити і виробництво моделей, і подальший рендерінг), [K-3D](#) і [Wings3D](#) (тільки створення моделей з можливістю подальшого використання їх іншими програмами). Деякий час тому Caligari закрила розробки з [trueSpace](#) і вона стала безкоштовною.

SketchUp

Безкоштовна програма [SketchUp](#) дозволяє створювати моделі, сумісні з географічними ландшафтами ресурсу [Google Планета Земля](#), а також переглядати в інтерактивному режимі на комп'ютері користувача кілька тисяч архітектурних моделей, які викладені на безкоштовному постійно поповнюється ресурсі Google Cities in Development (видатні будівлі світу), створені спільнотою користувачів.

Тривимірна графіка активно застосовується в [системах автоматизації проєктних робіт](#) (САПР) для створення твердотільних елементів: будівель, деталей машин, механізмів, а також в [архітектурній візуалізації](#) (сюди відноситься і так звана «[віртуальна археологія](#)»). Широко застосовується 3D графіка і в сучасних системах [медичної візуалізації](#).

Зв'язок з фізичним представленням тривимірних об'єктів

Тривимірна графіка зазвичай оперує віртуальним, уявним тривимірним простором, який відображається на плоскій, двовимірній поверхні дисплея або аркуша паперу. В наш час відомо кілька способів відображення тривимірної інформації в об'ємному вигляді, хоча більшість з них представляє об'ємні характеристики досить умовно, оскільки працюють з стереообладнанням. З цієї області можна відзначити стереоокуляри, [віртуальні шоломи](#), 3D-дисплеї, здатні демонструвати тривимірне зображення. Декілька виробників продемонстрували готові до серійного виробництва тривимірні дисплеї. Але щоб насолодитися об'ємною картинкою, глядачеві необхідно розташуватися строго по центру. Крок вправо, крок вліво, так само як і необережний поворот голови, спричиняє втрату тривимірності і спостереження дещо неякісного зображення. Вирішення цієї проблеми вже визріло в наукових лабораторіях. Німецький Інститут Фраунгофера демонстрував 3D-дисплей, який за допомогою двох камер відслідковує положення очей глядача і відповідним способом підлаштовує зображення, в цьому році пішов ще далі. Тепер відстежується положення не тільки ока, але і пальця, яким можна «натискати» тривимірні кнопки. А команда дослідників Токійського Університету створили систему що дозволяє відчувати зображення. Випромінювач фокусується на точці де знаходиться палець людини і залежно від його положення змінює силу акустичного тиску. Таким чином, стає можливим не тільки бачити об'ємну картинку, але й взаємодіяти із зображеними на ній предметами.

Однак і 3D-дисплеї, як і раніше не дозволяють створювати повноцінної фізичної, відчутної копії математичної моделі, створеної методами тривимірної графіки.

Що розвиваються з 1990-х років технології [швидкого прототипування](#) ліквідують цю прогалину. Слід зауважити, що в технологіях швидкого прототипування

використовується представлення математичної моделі об'єкта у вигляді твердого тіла ([воксельний](#) модель).

Тривимірні дисплеї

Тривимірні, або стереоскопічні дисплеї (3D displays, 3D screens) — дисплеї, за допомогою [стереоскопічного](#) або будь-якого іншого ефекту створюють ілюзію реального обсягу у демонстрованих зображень.

В даний час переважна більшість тривимірних зображень показується за допомогою стереоскопічного ефекту, як найбільш легкого в реалізації, хоча використання самої лише стереоскопії не можна назвати достатнім для об'ємного сприйняття. Людське око як в парі, так і поодиноці однаково добре відрізняє об'ємні об'єкти від плоских зображень.

Стереоскопічні дисплеї

Методи технічної реалізації стереоефекту включають використання в комбінації зі спеціальним дисплеєм [поляризованих](#) або [затворних очок](#), синхронізованих з дисплеєм, [аналіфічних](#) фільтрів у комбінації зі спеціально адаптованих зображенням.

Існує також відносно новий клас стереодисплеїв, що не вимагають використання додаткових пристроїв, але мають масу обмежень. Зокрема, це кінцева і дуже невелика кількість ракурсів, в яких стереозображення зберігає чіткість. Стереодисплеї, виконані на базі технології [New Sight x3d](#), забезпечують вісім ракурсів, [Philips WOWvx](#) — дев'ять ракурсів. У жовтні 2008 року компанія [Philips](#) представила прототип стереодисплея з роздільною здатністю 3840×2160 пікселів і з рекордними 46 ракурсами «безпечного» перегляду. Незабаром після цього, однак, Philips оголосив про припинення розробок і досліджень в області стереодисплеїв.^[2]

Ще одна проблема стереодисплеїв — це мала величина зони «комфортного перегляду» (діапазон відстаней від глядача до дисплея, в якому зображення зберігає чіткість). У середньому вона обмежена діапазоном від 3 до 10 метрів.

Стереодисплеї самі по собі не мають прямого відношення до тривимірної графіки. Плутанина виникає внаслідок використання в західних ЗМІ терміна 3D у відношенні як графіки, так і пристроїв, що експлуатують [стереоефект](#), і некоректність перекладу при публікації в російських виданнях запозичених матеріалів.

Існує також технологія WOWvx, за допомогою якої можна отримати ефект 3D без використання спеціальних окулярів. Використовується технологія лентикулярних лінз, яка дає можливість великій кількості глядачів широку свободу руху без втрати сприйняття ефекту 3D. Шар прозорих лінз закріплюється перед рідкокристалічним дисплеєм. Цей шар направляє різні картинки кожному оці. Мозок, обробляючи комбінацію цих картинок створює ефект об'ємного зображення. Прозорість лінзового шару забезпечує повну яскравість, чіткий контраст і якісну передачу кольору картинки.

Світлодіодні 3D-дисплеї

Існує технологія відображення тривимірного відео та графіки на великих світлодіодних екранах, яка застосовується зокрема при обладнанні спортивних фан-зон.

28 травня 2011 року в Гетеборзі (Швеція) у клубі Trädgård'n було встановлено великий світлодіодний екран, який транслював футбольний матч у прямому ефірі у

форматі 3D. У цей час (липень 2011 року) цей екран є найбільшим у світі світлодіодним телевізором. Екран розроблено і виготовлено української компанією [ЕКТА](#) на власному заводі у м. Житомир. Відеотрансляцію забезпечувала компанія Viasat-Швеція. Світовий рекорд зафіксовано в [Книзі рекордів Гіннеса](#).

Інші дисплеї

У цей час (червень 2010 р) існують декілька експериментальних технологій, що дозволяють добитися об'ємного зображення без стереоскопії. Ці технології використовують швидку розгортку променя лазера, яка розсіюється на частинках диму або відбиваються від швидко обертається пластини.

Існують також пристрої, в яких на швидко обертається пластині закріплені світлодіоди.

Такі пристрої нагадують перші спроби створити механічну телевізійну розгортку. Мабуть, в майбутньому варто очікувати появу повністю електронного пристрою, що дозволяє імітувати світловий потік від об'ємного предмета в різних напрямках, щоб людина могла обійти навколо дисплея і навіть дивитися на зображення одним оком без порушення об'ємності зображення.

Тривимірні кінотеатри

Використання для позначення стереоскопічних фільмів термінів «тривимірний» або «3D» пов'язане з тим, що при перегляді таких фільмів у глядача створюється ілюзія об'ємності зображення, ілюзія наявності третього виміру — глибини. Крім того, існує асоціативний зв'язок з розширюється використанням засобів комп'ютерної тривимірної графіки при створенні таких фільмів (ранні стереофільми знімалися як звичайні фільми, але з використанням двухоб'єктивних стереокамери).

На сьогоднішній день перегляд фільмів у форматі «3D» став дуже популярним явищем.

Основні використовувані в наш час^{[[коли?](#)]} технології показу стереофільмів^[7]:

- [Dolby 3D](#)
- [XpanD](#)
- [RealD](#)
- [IMAX](#)

Доповнена реальність і 3D

Своєрідним розширенням 3D-графіки є «доповнена реальність». Використовуючи технологію розпізнавання зображень (маркерів), програма доповненої реальності добудовує віртуальний 3D-об'єкт у реальному фізичному середовищі. Користувач може взаємодіяти з маркером: повертати в різні боки, по-різному висвітлювати, закривати деякі його частини — і спостерігати зміни, що відбуваються з 3D-об'єктом на екрані монітора комп'ютера.

Поштовхом до широкого розповсюдження технологій послужило створення в 2008 році відкритої бібліотеки [FLARToolKit](#) для технології [Adobe Flash](#).