

Комп'ютерна графіка

Представлення даних на моніторі у графічному виді вперше було реалізовано всередині 50-х років для великих ЕОМ, що застосовувались в наукових і військових дослідженнях. Тепер, графічний спосіб відображення даних став приналежністю великого числа комп'ютерних систем. Графічний інтерфейс є необхідним для програмного забезпечення різного класу, починаючи з операційних систем.

Комп'ютерна графіка - це спеціальна ділянка інформатики, що вивчає методи і засоби створення та обробки зображень за допомогою програмно-апаратних обчислювальних комплексів.

Комп'ютерна графіка охоплює всі види та форми представлення зображень, як на екрані монітора, так і на зовнішньому носії (папір, плівка, тощо). **Комп'ютерна графіка застосовується** для візуалізації даних у різних сферах людської діяльності:

- медицина - комп'ютерна томографія;
- наука - склад речовин, векторні поля графіки процесів;
- дизайн - реклама, поліграфія, моделювання.

В залежності від способу формування зображень, комп'ютерну графіку можна поділити на:

- растрову;
- векторну;
- фрактальну;
- тривимірну.

За способами представлення кольорів комп'ютерна графіка поділяється на:

- чорно-білу;
- кольорову.

За спеціалізацією в різних галузях комп'ютерна графіка є:

- інженерною;
- науковою;
- web-графікою;
- комп'ютерною поліграфією.

На перетині комп'ютерних, телевізійних та кінотехнологій стрімко розвивається комп'ютерна графіка і анімація. Значне місце посідає графіка для комп'ютерних ігор. Обіг ігрових програм складає десятки мільярдів доларів і стимулює розвиток анімації.

Структура та методи комп'ютерної графіки засновані на досягненнях фундаментальних та прикладних наук: математики, фізики, хімії, біології, статистики, програмування тощо. Це стосується, як програмних, так і апаратних засобів створення та обробки зображень. Тому комп'ютерна графіка є однією з найважливіших ділянок інформатики та стимулює розвиток комп'ютерної індустрії.

Растрова графіка

Застосовується у випадках, коли графічний об'єкт представлено у вигляді комбінації точок (пікселів), яким притаманні свій колір та яскравість і які певним чином розташовані у координатній сітці. Такий підхід є ефективним у випадку, коли графічне зображення має багато напівтонів і інформація про колір важливіша за інформацію про форму (фотографії та поліграфічні зображення). При редагуванні растрових об'єктів, користувач змінює колір точок, а не форми ліній. Растрова графіка залежить від оптичної роздільності, оскільки її об'єкти описуються точками у координатній сітці певного розміру. Роздільність вказує кількість точок на одиницю довжини.

Потрібно розрізняти:

- роздільність оригінала;
- роздільність екранного зображення;
- роздільність друкованого зображення.

Роздільність оригінала. Вимірюється у точках на дюйм (dpi - dots per inch) і залежить від вимог до якості зображення та розміру файлу, способу оцифрування або методу створення готового зображення, вибраного формату файлу та інших параметрів. Зрештою, чим вище вимоги до якості, тим більша має бути роздільність.

Роздільність екранного зображення. Для екранного зображення, елементарну точку растра називають пікселем. Розмір пікселя коливається в залежності від вибраної екранної роздільності, роздільності оригіналу й масштабу відображення. Монітори можуть забезпечити роздільність 640x480, 800x600, 1024x768, 1600x1200 і вище. Відстань між сусідніми точками люмінофора в якісному моніторі складає 0,22-0,25 мм. Для екранного зображення достатньо роздільності 72 dpi.

Роздільність друкованого зображення. Розмір точки растрового зображення залежить від застосованого методу та параметрів растрування оригіналу. При раструванні на оригінал накладається сітка ліній, комірки якої утворюють елемент растра. Частота сітки растра вимірюється числом ліній на дюйм (lpi - lines per inch) і називається лінеатурою. Розмір точки растра розраховується для кожного елементу і залежить від інтенсивності тону в цій комірці. Якщо у растрі є абсолютно чорний колір, тоді розмір точки растра співпадає з розміром елементу растра (100% заповненість). Для абсолютно білого кольору заповненість складає 0%. На практиці заповненість коливається у межах 3-98%.

Всі точки растру мають однакову оптичну щільність, що наближується до абсолютно чорного кольору. Ілюзія темнішого кольору створюється за рахунок збільшення розмірів точок і скорочення проміжкового поля між ними при однаковій відстані між центрами елементів растра. Такий метод називається **растрування з амплітудною модуляцією**.

При застосуванні **методу з частотною модуляцією**, інтенсивність тону регулюється зміною відстані між сусідніми точками однакового розміру, тобто в комірках растра з різною інтенсивністю тону знаходиться різне число точок. Зображення, растровані за частотно-модульним методом, якісніші, оскільки розмір точок мінімальний.

При **методі стохастичного растрування**, враховується число точок, необхідне для відображення потрібної інтенсивності тону у комірці растра. Згодом, ці точки розташовуються всередині комірки на відстані, що підраховується квазівипадковим методом. Регулярна структура растра всередині комірки й у зображення відсутня. Такий спосіб потребує великих трат обчислювальних ресурсів і високої точності поліграфічного устаткування, тому застосовується лише для художніх робіт.

Глибина кольору. Характеризує максимальне число кольорів, які використані у зображенні. Існує декілька типів зображень із різною глибиною кольору:

- чорно-білі;
- у відтінках сірого;
- з індексованими кольорами;
- повноколірні;

Чорно-білі зображення. На один піксел зображення відводиться 1 біт інформації - чорний та білий. Глибина кольору - 1 біт.

Зображення у відтінках сірого. Піксел сірого зображення кодується 8 бітами (1 байт). Глибина кольору - 8 біт, піксел може приймати 256 різних значень - від білого (255) до чорного (0 яскравості).

Зображення з індексованими кольорами. Перші кольорові монітори працювали з обмеженою колірною гамою (16, згодом 256 кольорів). Такі кольори називаються індексованими і кодуються 4 або 8 бітами у вигляді колірних таблиць. В такій таблиці всі кольори вже визначені і можна використовувати лише їх.

Повноколірні зображення. Глибина кольору не менше як 24 біти, що дає можливість відтворити понад 16 мільйонів відтінків. Повноколірні зображення називаються True Color (правдивий колір). Бітовий об'єм кожного пікселя розподіляється по основних кольорах обраної колірної моделі, по 8 бітів на колір. Колірні складові організуються у вигляді каналів, спільне зображення каналів визначає колір зображення. Повноколірні зображення на відміну від вище розглянутих є багатоканальними і залежать від колірної моделі (RGB, CMY, CMYK, Lab, HBS), які різняться за глибиною кольорів і способом математичного опису кольорів.

Інтенсивність тону (світлота). Поділяється на 256 рівнів. Більше число градацій не сприймається людським оком і є надлишковим. Менша кількість погіршує сприйняття інформації (мінімальним є 150 рівнів). Для відтворення 256 рівнів тону достатньо мати розмір комірки растра 16х16 точок.

Розмір файлу. Засобами растрової графіки створюють та обробляють зображення, що потребують високої точності у передачі кольорів та напівтонів. Розміри файлів напряму зв'язані зі збільшенням роздільності і можуть сягати десятки мегабайтів.

Масштабування растрових зображень. При збільшенні растрового зображення, можна спостерігати пікселізацію, тобто при масштабуванні збільшується розмір точок і стають помітними елементи растра. Для усунення цього, потрібно заздалегідь оцифрувати оригінал із роздільністю, достатньої для якісного відтворення при масштабуванні. Або, при масштабуванні застосовують метод інтерполяції, коли при збільшенні зображення, додається необхідне число проміжкових точок.

Прикладні програми растрової графіки призначені для створення книжкових та журнальних ілюстрацій, обробки оцифрованих фотографій, слайдів, відеокадрів, кадрів мультиплікаційних фільмів. Найпопулярнішими прикладними програмами є продукти фірм

- Adobe - PhotoShop,
- Corel - PhotoPaint,
- Macromedia - FireWorks,
- Fractal Design - Painter,
- стандартний додаток у Windows - PaintBrush.

Програми растрової графіки можуть використовувати:

- художники-ілюстратори;
- художники-мультиплікатори;
- художники-дизайнери;
- фотографи та ретушери;
- поліграфісти;
- web-дизайнери;
- люба людина - вільний художник, із масою творчих ідей та потенціалу.

Переваги растрової графіки:

- простота автоматизованого вводу (оцифрування) зображень, фотографій, слайдів, рисунків за допомогою сканерів, відеокамер, цифрових фотоапаратів;
- фотореалістичність. Можна отримувати різні ефекти, такі як туман, розмитість, тонко регулювати кольори, створювати глибину предметів.

Недоліки растрової графіки:

- складність управління окремими фрагментами зображення. Потрібно самостійно виділяти ділянку, що є складним процесом;
- растрове зображення має певну роздільність і глибину представлення кольорів. Ці параметри можна змінювати лише у визначених межах і, як правило, із втратою якості;
- розмір файлу є пропорційним до площі зображення, роздільності і типу зображення, і, переважно, при хорошій якості є великим.

Векторна графіка

На відміну від растрової графіки, у векторній графіці базовим елементом є лінія, яка описується математичною формулою. Таке представлення даних компактніше, але побудова об'єктів супроводжується неперервним перерахунком параметрів кривої у координати екранного або друкованого зображення. Лінія є елементарним об'єктом, якому притаманні певні особливості: форма, товщина, колір, тощо. Любий об'єкт (прямокутник, еліпс, текст і навіть пряма лінія) сприймається як криві лінії. Виключення складають лише імпортовані растрові об'єкти.

Векторні об'єкти завжди мають шлях, що визначає їх форму. Якщо шлях є замкненим, тобто кінцева точка співпадає з початковою, об'єкт має внутрішню ділянку, яка може бути заповненою кольором або іншими об'єктами. Всі шляхи містять дві компоненти: сегменти та вузли.

Шлях уявляє собою маршрут, що з'єднує початкову та кінцеву точку.

Сегмент - окрема частина шляху, може бути як прямою, так і кривою лінією.

Вузол - початкова або кінцева точка сегмента.

Кожен елемент векторної графіки містить ці три основні елементи і дозволяє їх редагування.

Математичні основи векторної графіки

Різні об'єкти мають різні способи представлення.

Точка. Об'єкт на площині представляється двома числами (x, y) відносно початку координат.

Пряма лінія. Їй відповідає рівняння $y=kx+b$. Вказавши параметри k та b можна створити пряму лінію у відомій системі координат.

Сегмент прямої. Для опису потрібно додатково вказати параметри x_1 та x_2 , відповідно початку та кінця відрізка.

Крива лінія II порядку. До них відносяться еліпси, кола, параболи, гіперболи тощо. Пряма лінія є також випадком кривої II порядку. Крива II порядку не має точок перегину і описується рівнянням $a_0x^2+a_1y^2+a_2xy+a_3x+a_4y+a_5=0$. Для побудови відрізка кривої додатково потрібні ще два параметри початку та кінця відрізка.

Крива лінія III порядку. Важлива наявність точки перегину, що дозволяє відобразити різноманітні об'єкти.

Рівняння кривої III порядку
 $a_0x^3+a_1y^3+a_2x^2y+a_3xy^2+a_4x^2+a_5y^2+a_6xy+a_7x+a_8y+a_9=0$. Для опису відрізка потрібні ще два параметри початку та кінця відрізка. Зауважимо, що пряма та криві II порядку є частковим випадком кривих III порядку.

Криві Без'є. Спрощений вид кривих III порядку. Метод побудови кривих Без'є заснований на використанні пари дотичних, що проведені до відрізка лінії в його закінченні. На форму кривої лінії впливає кут нахилу дотичної та довжина її відрізка. Таким чином, дотичні відіграють роль віртуальних важелів, за допомогою яких керують формою кривої.

За допомогою кривих створюється контур об'єкта, всередині якого може бути заповнення (любий колір, штрихування або зображення). Заповнений об'єкт трактується як єдиний елемент, тобто при змінюванні форми об'єкта, заповнення заповнює всю його внутрішню ділянку.

Заповнення можна розбити на 4 категорії:

- однорідне заповнення одним кольором або штрихуванням;
- градієнтне, при якому кольори або тіні поступово змінюються (лінійна, радіальна, конічна, прямокутна тощо);
- візерункове, при якому об'єкт заповнюється повторювальними зображеннями (двоколірними або повноколірними);
- текстурне заповнення (художні зображення).

У векторних редакторів є засоби застосування ефектів до простих об'єктів (відтінювання, витискування, викривлення, прозорість тощо).

Слід відмітити наявність засобів обробки тексту, до яких можна застосувати всі прийоми редагування об'єктів, керувати розмірами тексту і повертати в любий бік.

Переваги векторної графіки:

- невеликі за розміром файли, оскільки зберігається не зображення, а лише його основні дані, використовуючи які, програма відновлює зображення;
- розмір об'єктів та опис колірних характеристик майже не збільшує розміри файлу;
- об'єкти легко трансформуються, ними легко маніпулювати. Редагуючи векторний об'єкт, можна змінити властивості ліній, з яких складається зображення. Можна пересувати об'єкт, змінювати його розміри, форму та колір, не впливаючи на якість зображення;
- векторна графіка не залежить від роздільності, тобто векторні об'єкти відтворюють на пристроях з різною роздільністю без втрати якості зображення.
- векторна графіка може містити в собі фрагменти растрової графіки, які перетворюються в об'єкти, але мають обмеження у їх обробці;

- у програмах векторної графіки є розвинуті засоби інтеграції зображення та тексту. Єдиний підхід до них обумовлює створення кінцевого продукту.

Векторні програми незамінні там, де принципове значення має збереження чітких контурів, а саме:

- повноколірні ілюстрації;
- складні креслення;
- логотипи та емблеми;
- графічні зображення для Web;
- мультиплікація;
- рисунки на основі оригіналів.

В арсеналі векторних програм є безліч інструментів для виконання різноманітних задач, як у традиційних операційних середовищах, так і в Інтернеті.

Користувачами векторних редакторів можуть бути:

- технічні редактори;
- вільні художники й дизайнери-початківці;
- розробники web-сторінок;
- оператори настільних видавничих систем;
- художники по рекламі;
- справжні художники-ілюстратори;
- користувачі початківці та потенційні користувачі.

Найпопулярнішими прикладними програмами є продукти фірм:

- Corel - CorelDraw,
- Adobe - Illustrator,
- Macromedia - FreeHand,
- стандартний додаток у MS Office - Word Editor.

Фрактальна графіка

Фрактальна графіка, як і векторна, заснована на математичних обчисленнях. Однак, базовим елементом є математична формула, ніяких об'єктів у пам'яті комп'ютера не зберігається і зображення будується виключно по рівняннях. Фрактальна графіка міститься у пакетах для наукової візуалізації для побудови, як найпростіших структур так і складних ілюстрацій, що імітують природні процеси та тривимірні об'єкти.

Серед програмних засобів можна виділити продукти фірми Golden SoftWare:

- Surfer - створення тривимірних поверхонь;
- Grapher - створення двовимірних графіків;
- Map Viewer - побудова кольорових карт.

Surfer дозволяє обробити та візуалізувати двовимірні набори даних, що описані функцією $z=f(x,y)$. Можна побудувати цифрову модель поверхні, застосувати допоміжні операції і візуалізувати результат.

Grapher призначений для обробки та виводу графіків, що описані функціями $y=f(x)$. Не має обмежень по числу графіків на одному рисунку або числу кривих в одному графіку і дозволяє розмістити декілька осей з різними масштабами та одиницями виміру.

Map Viewer дозволяє вводити та корегувати карти - змінювати масштаб, перетворювати координати, обробляти й виводити у графічному вигляді числову інформацію, пов'язану з картами.

Пакет Iris Explorer (фірма Graphics) призначена для створення моделей погодних умов та океану.

Пакет Earth Watch (фірма Earth Watch) призначений для моделювання та демонстрації тривимірного зображення метеоумов над Землею, будувати топологічні поверхні по космічних знімках і прогнозувати погоду на тиждень вперед.

Модуль Chart у стандартному пакеті **MS Office** дозволяє легко й наочно створити графіки на основі даних, що знаходяться у таблиці. Користувач може перетворити графіки у одну з 5 основних форм графіків:

- гістограма;
- лінії;
- площі;
- в полярних координатах;
- поверхні.

Також, при зміні даних у таблиці, змінюється відповідне значення у графіку.

Тривимірна графіка

Тривимірна графіка призначена для імітації фотографування або відеозйомки тривимірних образів об'єктів, які можуть бути попередньо підготовані у пам'яті комп'ютера.

При використанні засобів тривимірної графіки **синтез зображень виконується за алгоритмом**, що містить:

- попередня підготовка;
- створення геометричної моделі сцени;
- налаштування освітлення та зйомочних камер;
- підготовка та призначення матеріалів;
- візуалізація сцени.

Перші чотири пункти є підготовчими, а останній власне формує зображення.

Попередня підготовка. На цьому етапі складається вміст сцени. Треба передбачити всі об'єкти та їх деталі, тому бажано мати намальований ескіз.

Створення геометричної моделі сцени. Будуються тривимірні геометричні моделі об'єктів, що мають ширину, довжину та висоту. Об'єкти розташовуються у тривимірному просторі, причому їх можна вкладати у середину інших об'єктів. Набір інструментів по створенню геометричних моделей називається геометричним конструктором сцен. Після створення геометричної моделі, сцену можна розглядати з любого ракурсу.

Робота над композицією: світло та камери. Відбувається налаштування моделей джерел освітлення та розставляння зйомочних камер. Правильний підбір джерел освітлення дозволяє виконати імітацію фотографування сцени в любых умовах освітлення. Освітлення всіх об'єктів, їхні тіні та відблиски світла розраховуються програмою автоматично. Моделі зйомочних камер надають можливості розглядати тривимірну сцену та виконувати її зйомку під любим кутом зору.

Підготовка та призначення матеріалів. Виконується робота, що забезпечує візуальну правдивість сцени та наближує якість зображення до реальної фотографії. В наш час є великі можливості по створенню нових матеріалів або вибору готових матеріалів із бібліотек, що розповсюджуються на CD- дисках або Інтернеті.

Працюючи з матеріалами, можна **налаштовувати їх властивості**, зокрема, силу відблискування, прозорість, самовипромінювання, дзеркальність, рельєфність. У склад матеріалів можна вміщувати фотографії реальних об'єктів навколишнього світу. Окрім того, фотографії можна використовувати у якості фону сцени.

Візуалізація сцени, тобто формування сцени, яке займає досить довгий час, що залежить від складності сцени та швидкодії комп'ютера.

На етапі візуалізації програма розраховує та наносить на зображення всі тіні, блики, взаємне відбивання об'єктів. Для підвищення достовірності зображення можна створити імітацію природних явищ (димка, туман, полум'я).

Вигадане світло, створене таким чином, називається віртуальним, тобто потенційно можливим. На питання, чи не простіше сфотографувати реальну сцену, можна відповісти, що є випадки, коли використання тривимірної графіки є єдиним можливим засобом рішення.

Області застосування тривимірної графіки

Комп'ютерне проектування:

- швидке вирішення задач проектування інтер'єрів;
 - вбудовування вигаданої сцени у зображення реального світу.
- Тривимірна графіка звільнює від необхідності створення макета і забезпечує гнучкі можливості синтезу зображення сцени для любой погоди і під любым кутом зору;
- вбудовування зображення реального об'єкта у тривимірну сцену як складової (віртуальна галерея).

Автоматизоване проектування:

- синтез зовнішнього вигляду складних деталей, що виготовляються методами штампування токарних та фрезерних операцій, візуальний вигляд автомобілів, літаків, пароплавів.
- створення тривимірних образів деталей та конструкцій, хоча й є складною задачею, але простішою, ніж створення масштабних або повнорозмірних макетів.

Комп'ютерні ігри:

найпопулярніша ділянка використання тривимірної графіки. По мірі удосконалення програмних засобів моделювання, зросту продуктивності та збільшення ресурсів пам'яті комп'ютерів віртуальні світи стають більш складними й подібними до реальності.

Комбіновані зйомки:

тривимірну графіку застосовують там, де зробити реальні фотографії просто неможливо, або потребує великих витрат (внутрішність працюючого двигуна, науково-фантастичні сюжети, нереальні світи, відеомонтаж, реклама тощо). Практично застосовується у книжковій та журнальній графіці і є популяризацією науки, реклами, художньої творчості.

Комп'ютерна мультиплікація:

спрощує роботу розробників у сотні та тисячі разів.

Недоліки тривимірної графіки

- підвищені вимоги до апаратної частини комп'ютера (об'єм оперативної пам'яті, наявність вільного місця на твердому диску, швидкодія комп'ютера);
- велика підготовча робота по створенню моделей всіх об'єктів сцени та призначенню їм матеріалів;
- обмежена свобода у формуванні зображення (потрібно враховувати об'єм об'єктів);
- жорсткий контроль за взаємним розташуванням відносно базису (об'єкт може втілюватись у інший об'єкт); необхідність додаткових зусиль для надання синтезованому зображенню реалістичності.
- часто результати візуалізації виглядають дуже правильно, чітко, що позбавляє сцену життєвості. У складі програм тривимірної графіки міститься набір фільтрів, що дозволяють імітувати глибину різкості зображень, зернистість віртуальної фотоплівки, змазування контуру при русі у момент зйомки.

Контрольні запитання

1. Що таке комп'ютерна графіка? Сфери застосування комп'ютерної графіки?
2. Класифікація комп'ютерної графіки?
3. Визначення растрової графіки? Що є основним при створенні зображення?

4. Переваги та недоліки растрової графіки? Популярні редактори растрової графіки?
5. Визначення векторної графіки? Що є основним при створенні зображення?
6. Переваги та недоліки векторної графіки? Популярні редактори векторної графіки?
7. Визначення фрактальної графіки? Популярні редактори фрактальної графіки?
8. Для чого призначена тривимірна графіка?
9. Алгоритм створення тривимірної сцени?
10. Області використання тривимірної графіки?